

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ В. Г. КОРОЛЕНКА**

**Ю. В. КАЛЯЗІН, В. М. ТИТАРЕНКО**

# **МАШИНОЗНАВСТВО**

**Частина III  
РОБОЧІ МАШИНИ**



Полтава – 2023

УДК 621.01(075.8)

К 17

ISBN

*Навчальний посібник рекомендований до друку Вченою радою Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка протокол № 13 від 30. 05. 2022 р.*

К 17 Калязін Ю. В., Титаренко В. М. Машинознавство. Частина III. Робочі машини : навчальний посібник. Полтава : ПП «Астроя», 2023. 168 с.

*Рецензенти:*

**Рябчиков М. Л.**, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Української інженерно-педагогічної академії, доктор технічних наук.

**Цина А. Ю.**, професор, завідувач кафедри теорії і методики технологічної освіти Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, доктор педагогічних наук.

У навчальному посібнику представлений теоретичний матеріал для опрацювання дисципліни «Машинознавство». Розглядаються будова та принцип дії технологічних машин на прикладах автомобіля, сільськогосподарських, транспортних та підйомно-транспортних машин в обсязі передбаченому освітньо-професійними програмами підготовки бакалаврів спеціальностей «Технологічна освіта». Посібник може бути корисним вчителям, викладачам ліцеїв та коледжів для підготовки до занять з основ технологій та відповідних дисциплін, а також здобувачам вищої освіти інших спеціальностей, які вивчають технічні дисципліни.

ISBN

© Калязін Ю. В. 2023

©Титаренко В. М. 2023

© ПНПУ імені В. Г. Короленка 2023

## ВСТУП

Робочі машини – це машини, які використовують механічну та іншу енергію для перетворення і обробки предметів і переміщення вантажів. До них відносяться:

- *технологічні* машини та апарати, які призначені для змінювання розмірів, форми, властивостей або стану предмета, обробки (верстати, преси, сільськогосподарські машини, млини, печі тощо);
- *транспортні та підйомні машини*, які призначені для переміщення вантажів та людей у просторі (автомобілі, літаки, локомотиви, підйомно–транспортні машини тощо).

Деякі машини, їх вузли відомі з далекої давнини. Першими засобами, що полегшують ручну працю, були важелі, ковзанки та похилі площини. За 4000 років до нашої ери, давньокитайська культура знала застосування найпростіших вантажопідіймальних пристроїв – важелів та поліспаствів, що використовуються для підйому води з колодязів та при зведенні споруд. Аналогічні пристрої для підняття та переміщення великих тягарів використовувались народами Близького Сходу, наприклад, при спорудженні єгипетських пірамід. Так, піраміда Хеопса, споруджена у III тисячолітті до н.е. мала висоту 147 м і складена з 2,5 млн. вапнякових блоків масою від 2 до 30т.

Важільні підйомники (прототипи сучасних стрілових кранів) використовувалися для підйому води. Ще за 22 століття до н. е. почали застосовувати і найпростіші ворота з ручним приводом. У VII ст. до н.е. з'явилися блоки, а в II ст. до н.е. ворота з черв'ячною, цівковою та зубчастими передачами з ручним приводом.

У епоху середньовіччя, у XI– XIII ст., у зв'язку з розвитком торгівлі, мореплавання та гірничо-металургійної промисловості, почався швидкий розвиток вантажопідйомних машин і розширилася сфера їх застосування. З'явилися перші прототипи сучасних кранів, що мали ручний привід і привід від топчаків коліс. Спочатку ці крани виготовлялися з дерева і лише для осей і гаків застосовувалася сталь. У 1860 р. створено перший кран із паровим двигуном. У 80– х роках XIX ст. почали застосовувати крани з електричними двигунами

З давніх–давен відомі і машини безперервного транспортування, спочатку у вигляді водопідйомних коліс і скребкових лотків, а потім у вигляді ковшових підйомників – прототипів сучасних елеваторів, що приводилися у рух силою течії води або вручну.

Перші транспортні машини появилися ще до початку нової ери – це судна, які приводилися у рух людською силою, пізніше вітром. Розквіт парусного флоту припадає на середні віки. Сухопутний транспорт базувався на використанні мускульної сили людей та тварин. У повозках, колісницях, а пізніше каретах, були застосовані елементи, які стали основою сучасної підвіски автомобілів та тракторів: ресори, гальма, керування поворотом коліс, диференціал тощо. Перші парові самохідні машини розроблені ще в кінці XVIII

століття (1771 р. , тягач для гармат на паровій тязі Ніколя-Жозеф Кюньо). На кінці XIX ст. були створені: перший електромобіль (1888р., Андреас Флокен, німецький винахідник) та перший автомобіль з двигуном внутрішнього згорання (1888 р. , Карл Бенц). Парові, електричні та бензинові автомобілі конкурували десятиліття. Але швидко удосконалення двигунів внутрішнього згорання, а також розвиток нафтопереробної промисловості, повністю витіснили парові автомобілі та електромобілі. На початку XXст. бензинові двигуни внутрішнього згорання стали домінуючими. У XXI столітті, через забруднення навколишнього середовища бензиновими автомобілями, повернулися до електромобілів, як до екологічно-чистої технології.

Перші технологічні машини також відомі з давнини. Наприклад, стаціонарний (горизонтальний) ткацький верстат з'явився у ранньому неоліті в землеробів Родючого Півмісяця, надалі в Єгипті, наприкінці неоліту – в Індії та Судані. Горизонтальний верстат був громіздким і незручним, тому поступово він витіснився вертикальним верстатом. Найдавніші знахідки і зображення верстатів такого типу відомі в Угорщині (кінець VII тисячоліття до н. е.). У 1733 р. з'явився перший зразок механічного ткацького верстата з напівавтоматичним прокладанням човника. У 1785 р. винайдений механічний верстат з ножним приводом Е. Картрайта, 1804 – 1808 рр. – верстат Жаккара, 1879 р. – електрична ткацька машина В. Сіменса.

Перший токарний верстат з ручним приводом, у простому вигляді, був відомий ще у II тисячолітті до н. е. . Виготовлення токарних виробів з деревини, рогу, кістки та алебастру у римлян було розвинуте дуже широко. Одним із головних модернізаторів токарного верстата у середньовіччі був Леонардо да Вінчі, який винайшов токарний верстат у якого рух шпинделя відбувався за допомогою ножної педалі. Також, у 1490р. він розробив пристосування для підтримки різального інструмента. У середні віки токарні верстати використовувалися, в основному, для виготовлення різного роду прикрас, посуду тощо. Перший повністю задокументований суцільнометалевий токарний верстат був винайдений Жаком де Вокансон близько 1751 р. Великий внесок у створення базового токарного станка, який став прообразом більшості інших металообробних станків, належить англійському механіку та винахіднику Генрі Модслі. У 1797р. він створив токарно-гвинторізний верстат із супортом (механізованим на основі гвинтової пари) та набором зубчастих коліс. У 1800 р. Модслі розробив перший промисловий металорізальний верстат, що дозволяв стандартизувати розміри різьблення.

Перші швейні машини появилися у другій половині XVIII століття, вони відрізнялися тим, що повністю копіювали метод ручного одержання стібка (1755 р., Ч. Візенталь німецький винахідник – машина для шиття). У 1814 р. австрійський кравець Йозеф Мадершпергер створив голку з вушком біля вістря одного з кінців. Через кілька років Фішер, Гібоні, Волтер Хант, Елліас Хоу та інші почали працювати над одержанням стібка за допомогою голки з вушком. У 1845 році Елліас Хоу в США розробив човниковий стібкоутворювач, одержав патент на швейну машину із цим стібком. Особливістю механізму цієї машини було те,

що голка рухалася горизонтально, а тканини, що зшивалися, розташовувалися у вертикальній площині та могли переміщатися тільки вздовж прямої лінії, що викликало деяку незручність. У 1850 р. швейному апараті А. Вільсона, а пізніше у 1851 р. у машинах Зінгера і Гіббса голка рухалася вертикально, а тканина, притиснута спеціальною лапкою, розташовувалася на горизонтальній платформі і її просування здійснювалося зубчастим колесом з переривчастим рухом, а згодом – зубчастою пластинкою (рейкою). Таким чином створилась структура на якій базуються конструкції сучасних швейних машин.

Задовго до початку нової ери людина почала займатися землеробством. Для обробки ґрунту спочатку використовували мотики з деревини, які мали наконечники з кістки, пізніше – з металу. Наступним кроком було створення рала, сохи (III тис. до н. е. Єгипет, Вавілон), плуга (I тис. до н. е., Древній Китай.). Класичний плуг був винайдений давніми римлянами. На відміну від сохи плуг мав колеса та металевий наконечник. Він дозволяв регулювати глибину борозни та відкидати землю вбік. Необхідність машин для обмолоту хліба стала відчутною в багатьох країнах ще в XVIII ст. У 1786 р. шотландець Е. Мейкл запропонував застосувати для молотьби швидкий обертовий барабан. Побудована ним у цьому році машина була першою вдалою конструкцією молотарки.

Перші колісні трактори з паровими двигунами з'явилися в Англії і Франції у 1830 р., вони, як правило, застосовувалися для транспортування вантажів у військовій справі. З 1850 р. парові трактори почали використовуватись у сільському господарстві цих країн, а з 1890 р. – сільському господарстві США. Перші парові трактори були непридатні для безпосередньої тяги плугів через велику вагу. Оранка проводилася тягою багатокорпусного плуга на тросі за допомогою розташованої на тракторі лебідки. У 1892 р. Д. Фроліх з округу Клейтон, штат Айова, США винайшов, запатентував і побудував перший трактор, що працює на нафтопродуктах. У 1896 р. Чарльз В. Харт та Чарльз Парр розробили двоциліндровий бензиновий двигун. У 1903 р. їхня фірма побудувала 15 тракторів із двигуном внутрішнього згоряння. Першою визнаною практичною гусеничною машиною став лижно– гусеничний тягач винахідника А. О. Ломбарда (1901 р., США).

Батьківщиною сучасного зернозбирального комбайна є США. Першим виготовленим комбайном вважають машину, яка була винайдена Е. Бріггсом і Е. Карпентером (1836 р.). Цей комбайн був змонтований на 4– колісному ході, обертання молотильного барабана і приведення в дію різального апарату здійснювалися передачею від двох задніх коліс. Перший комбайн у комплекті з 120– сильним паровим самоходом з окремим допоміжним паровим двигуном на рамі комбайна був випущений у 1905 р. (фірма Holt). У 1907 р. тією ж фірмою на комбайн було встановлено двигун внутрішнього згоряння.

Короткий екскурс у історію машин показує, що справжній розквіт робочих машин почався з появою мануфактурного та промислового виробництва. Сучасний етап розвитку робочих машин характеризується напрямком на автоматизацію, роботизацію машин, яка досягається введенням

до основної конструктивної схеми електронних елементів управління. Таким чином відбувається поєднання робочих та інформаційних машин. Останнє дозволяє реалізовувати стратегічний напрямок – збільшення продуктивності, але із забезпеченням екологічності та зменшенням енерговитрат.

У нашому посібнику розглядаються принципи будови робочих машин на прикладі конструкції автомобіля, яка містить майже усі вузли та агрегати характерні для будь-якої іншої машини. Також надається поняття про будову та принцип дії технологічних машин сільського господарства, підйомно-транспортувальних машин, суден, рухомого складу залізниці, літаків та гелікоптерів.

## 1. ОСНОВИ БУДОВИ АВТОМОБІЛЯ

Робочі машини складають технологічну основу сучасного виробництва. Прикладом, у якому розвинуті всі елементи структурної схеми таких машин, є автомобіль. Також у сучасному автомобілі, як у більшості складних робочих машин, реалізується тенденція поєднання з інформаційними машинами. Відтепер поширені два види автомобілів: автомобілі з двигуном внутрішнього згоряння (переважна більшість) та електромобілі.

### 1.1. Загальна будова автомобіля

Будь-який автомобіль складається з трьох основних частин: двигуна, шасі, кузова (рис. 1.1). Двигун є джерелом механічної енергії. Шасі становить основу для розміщення двигуна, кузова до інших складових частин. Для обслуговування роботи вузлів автомобіля існує система електрообладнання.

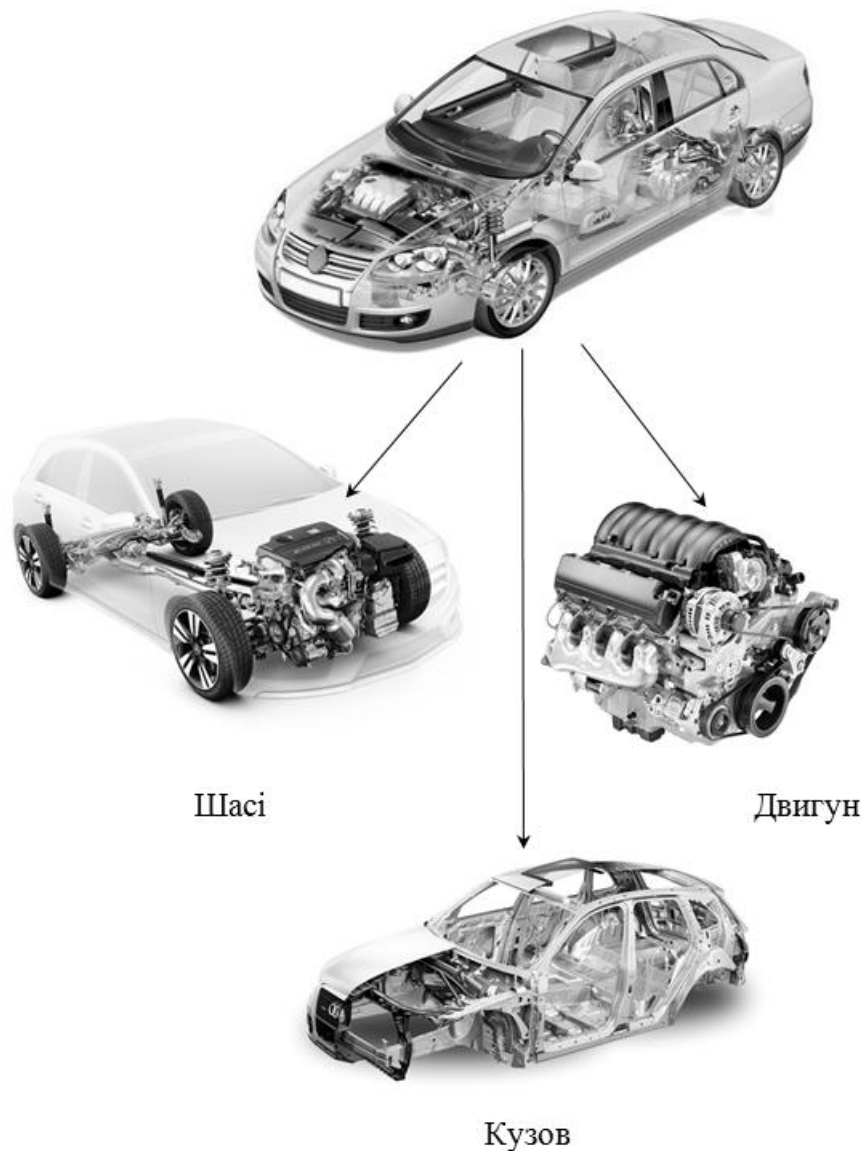


Рис. 1.1. Загальна будова легкового автомобіля

Більш складна будова вантажних автомобілів. У цьому випадку змінюється будова кузова та додається специфічне додаткове обладнання (дивись рис. 1.2). Кузов вантажних автомобілів складається з кабіни водія та вантажної платформи, а кузов легкових автомобілів – суцільнометалевий.

У вантажних автомобілів найпоширеніші такі компоновання:

- капотне (двигун розміщується в капоті);
- безкапотне (двигун повністю або частково розміщується в кабіні водія).



Рис. 1.2. Загальна будова вантажного автомобіля

У легкових автомобілів двигун може розташовуватися у передній або задній частині, ведучими є задні або передні колеса.

Для характеристики пристосування до роботи у різних дорожніх умовах використовують поняття «колісна формула». Це умовна характеристика ходової частини автомобіля, в якій перша цифра відповідає загальній кількості коліс, а друга кількість ведучих коліс:

- 4×2, 6×4 (автомобілі нормальної прохідності);
- 4×4, 6×6 (автомобілі підвищеної прохідності).

Для порівняння можливостей автомобілів прийнято надавати технічні характеристики, які можна поділити на комерційні (обмежені) та паспортні, що містять специфічні технічні показники не завжди зрозумілі широкому загалу. Як приклад, наведемо паспортні технічні характеристики автомобілю КрАЗ – 6443.

КрАЗ– 65032 – тривісний автомобіль-самоскид з колісною формулою 6х6 призначений для перевезення будівельних вантажів дорогами з твердим



покриттям, розрахованим на пропуск автомобілів з навантаженням на здвоєні осі до 220 кН (22000 кгс).



Рис. 1.3. Зовнішній вигляд КРАЗ 65032

Автомобіль обладнаний металевою платформою з розвантаженням назад. Автомобіль-самоскид КРАЗ– 650321 призначений для експлуатації в районах холодної кліматичної зони.

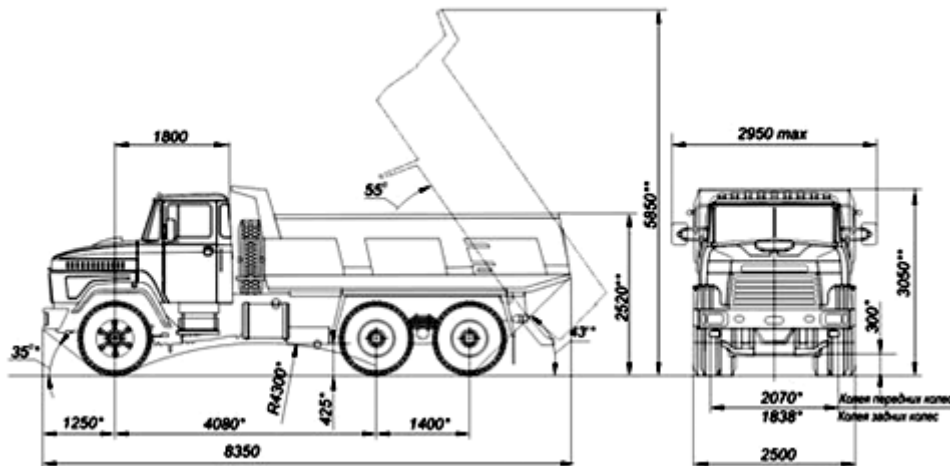


Рис.1.4. Розмірні характеристики КРАЗ 65032

Технічна характеристика автомобіля КРАЗ– 65032

Колісна формула	6x6
Маса спорядженого автомобіля, кг	13100
Маса автомобіля повна, кг	28100
Вантажопідйомність, кг	15000
Конструктивно допускається вантажопідйомність, кг	18000
Об'єм платформи, м <sup>3</sup>	10,5
Двигун	дизельний, V– подібний з турбонаддувом ЯМЗ– 238Д (EURO– 0), ЯМЗ– 238ДЕ2

	(EURO– 2)
Число циліндрів	8
Робочий об'єм, л	14,86
Потужність, кВт (к.с.) при 2100 хв <sup>-1</sup>	243 (330)
Максимальний крутний момент двигуна, Н * м (кгс * м)	
ЯМЗ– 238Д при 1200– 1400 хв <sup>-1</sup>	1225 (125)
ЯМЗ– 238ДЕ2 при 1100– 1300 хв <sup>-1</sup>	1274 (130)
Напруга бортової мережі, В	24
Зчеплення	
ЯМЗ– 238Д	сухе
ЯМЗ– 238ДЕ2	однодискове, сухе
Коробка передач –	механічна, дводіапазонна, восьмиступінчаста
Передатні числа коробки передач	7,30; 4,86; 3,50; 2,48; 2,09; 1,39; 1,00; 0,71
Задній хід	10,46; 2,99
Роздавальна коробка	механічна, двоступенева з відключенням привода переднього моста
Передатне число роздавальної коробки	0,95 / 1,31
Головна передача	мости центральні, двоступінчасті, одношвидкісні, з міжколісними диференціалами, середній міст прохідного типу з міжосьовим диференціалом, що блокується
Передатне число головної передачі	8,173
Шини	12.00R20 (320R– 508)
Паливний бак, л	250
Максимальна швидкість, км / год	75
Максимальний підйом, %	30
Контрольна витрата палива КраЗом при постійній швидкості 60 км / год., л/100 км	
ЯМЗ– 238Д	35,1
ЯМЗ– 238ДЕ2	33,7
Радіус повороту, м	11

Двигун внутрішнього згорання є джерелом енергії для переважної більшості сучасних автомобілів. За рідкісним виключенням використовують лише поршневі чотиритактні двигуни. Двигун внутрішнього згорання складається з механізмів і систем.

Механізми :

- кривошипно-шатунний;
- механізм газорозподілу.

Системи:

- охолодження;
- мащення;
- живлення;
- запалювання (тільки в бензинових та газових двигунах).

Робочі цикли більшості автомобільних двигунів здійснюються за чотири ходи поршня (такти). Корисна механічна робота здійснюється двигуном тільки протягом одного такту – робочого ходу. Решта три такти – випускання, впускання, стискання – є підготовчими і здійснюються завдяки кінетичній енергії маховика, що обертається за інерцією у проміжках часу між робочими ходами. Якщо двигуни мають кілька циліндрів, які працюють у певному порядку, то підготовчі такти в одних циліндрах здійснюються завдяки енергії, що розвивається в інших циліндрах.

Сучасні автомобільні двигуни, як правило, чотири - , шести - , восьмициліндрові, рідше три - , десяти - й дванадцятициліндрові. Розташування циліндрів найчастіше буває однорядним і дворядним  $V$  - подібним. Останнє дає змогу зменшити габаритні розміри двигуна порівняно з однорядним, а отже, зручніше розташувати місце водія та органи керування.

У багатоциліндровому чотиритактному двигуні за два оберти колінчастого вала ( $720^\circ$ ) відбувається стільки робочих ходів, скільки циліндрів у двигуні. З умови рівномірності обертання колінчастого валу потрібно, щоб виконання робочих ходів у різних циліндрах відбувалось через  $720^\circ/z$ , де  $z$  – кількість циліндрів. Отже, у чотири - , шести - й восьмициліндрових двигунах робочі ходи мають відбуватися відповідно через  $180^\circ$ ,  $120^\circ$  і  $90^\circ$  повороту колінчастого вала.

*Показники роботи автомобільного двигуна.* Енергетичними показниками роботи ДВЗ є ефективна потужність  $N_e$  (кВт), а також силовий показник – ефективний крутний момент  $M_e$  (Нм)

Крутний момент і ефективна потужність тим більші, чим більший робочий об'єм двигуна, краще наповнення циліндрів пальною сумішшю або повітрям та більша ступінь стискання. Ефективна потужність дизеля залежить також від кількості палива, що впорскується у циліндр та моменту початку впорскування, а потужність бензинового й газового двигунів – від складу пальної суміші та моменту її займання.

Економічними показниками є ефективний коефіцієнт корисної дії (ККД)  $\eta_e$  та питома ефективна витрата палива  $g_e$ . Питома ефективна витрата палива  $g_e$  (кг/(кВт·год)) – це кількість палива у грамах, що витрачається двигуном, на підтримання протягом однієї години ефективної потужності в 1 кВт.

Для характеристики досконалості ДВЗ використовують показник «літрова потужність»  $N_l$  (кВт/л) – відношення максимальної ефективної потужності двигуна до його робочого об'єму (літражу). Підвищується літрова потужність збільшенням частоти обертання колінчастого вала, удосконаленням процесів роботи та конструктивних елементів двигуна, а також застосуванням наддування.

Показники роботи двигуна залежать від частоти обертання колінчастого вала. Особливо слід відмітити, що залежності для ефективного крутного моменту, ефективної потужності (для бензинових ДВЗ) та економічних показників мають екстремуми.

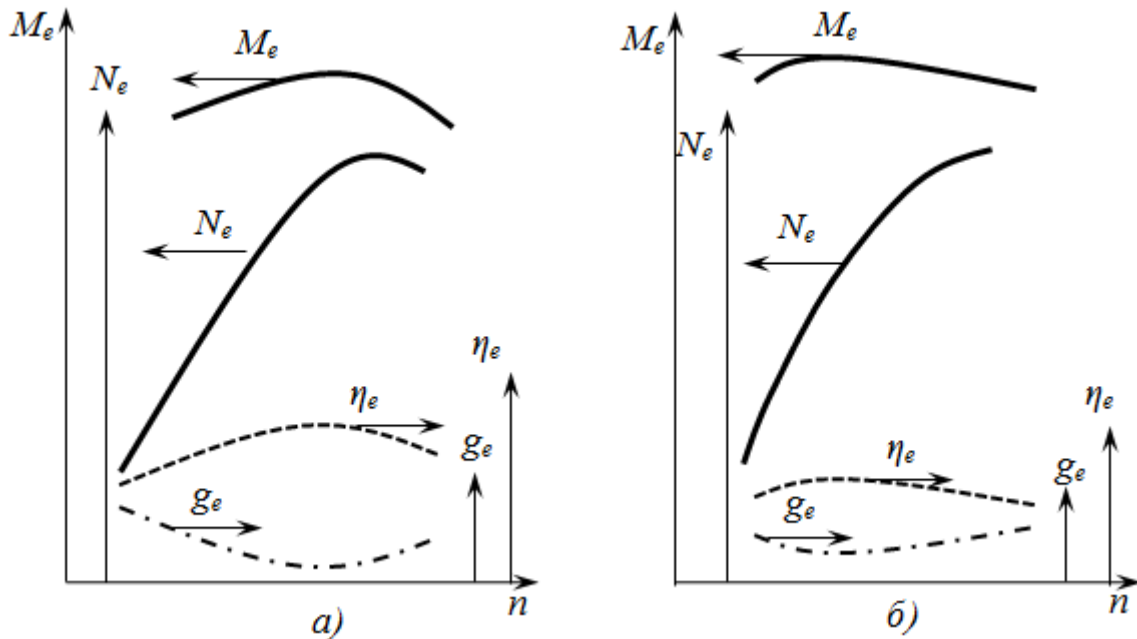


Рис. 1.5. Характерний вигляд зовнішніх швидкісних характеристик бензинового (а) та дизельного двигунів (б)

Останнє слід враховувати при експлуатації ДВЗ та автомобіля. Графічна залежність основних показників його роботи від частоти обертання колінчастого вала за умови повної подачі палива отримала назву – зовнішня швидкісна характеристика двигуна (рис. 1.5.). Цю характеристику визначають експериментально під час випробовування нового двигуна (після його обкатки). Вона є основою для конструювання трансмісії автомобіля та складання програми автоматичного керування двигуном, коробкою передач тощо.

### Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні складові автомобіля, вкажіть їх призначення.
2. З яких елементів складається шасі автомобіля?
3. Які показники входять до характеристик автомобілів?
4. Який об'єм циліндрів вказують у характеристиках двигуна?
5. Що характеризує швидкісна характеристика автомобіля?

## 1.2. Механізми ДВЗ

*Кривошипно-шатунний механізм* призначений для перетворення зворотно-поступального руху поршня на обертальний рух колінчастого вала. До кривошипно-шатунного механізму багаточиліндрових двигунів належать такі складові (рис. 1.6, 1.7).

1. Нерухомі вузли та деталі: блок циліндрів, головка блоку циліндрів, картер, піддон картера.
2. Рухомі вузли та деталі: поршнева група, шатуни, колінчастий вал, маховик.

Блок циліндрів – сукупність спрямовувачів для руху поршнів. Циліндри можуть виконані безпосередньо у блоці, або окремо у вигляді гільз, що вставляються у блок.

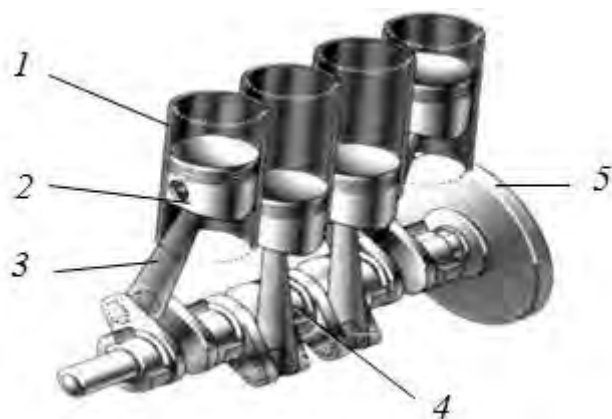


Рис. 1.6. Схема кривошипно-шатунного механізму:  
 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – шатун; 4 – колінчастий вал; 5 – маховик

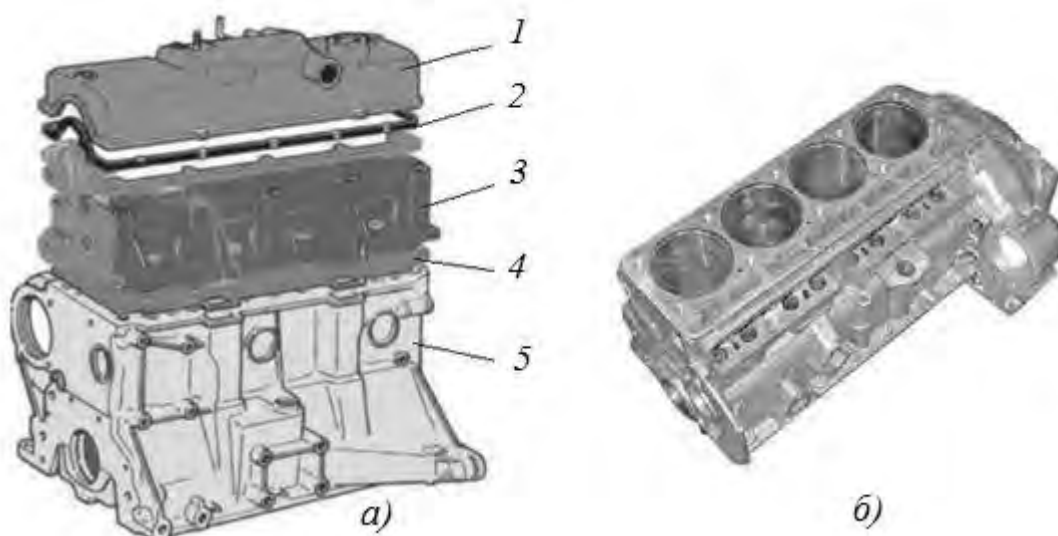


Рис. 1.7. Складові картера двигуна (а) та загальний вигляд блок-картеру чотирьохциліндрового двигуна (б):  
 1 – клапанна кришка; 2 – прокладка клапанної кришки; 3 – головка блока; 4 – прокладка головки блока; 5 – блок циліндрів; 6 – картер

Для двигунів середньої потужності блок циліндрів виготовляють разом з картером, тоді ця деталь називається блок-картером. Така конструкція двигуна більш жорстка. Відливають блоки циліндрів, блок-картери із сірого чавуну або з алюмінієвого сплаву. Блок-картер – це головна нерухома частина ДВЗ, його корпус, до якого кріпляться і в якому працюють всі інші деталі, а також захищає їх від забруднення.

Картер двигуна – це деталь двигуна, як правило, коробчастого перерізу. Для жорсткості всередині картера зроблені поперечні перегородки – ребра, в яких створені гнізда опорних вальниць колінчастого валу (на деяких ДВЗ – також для розподільного валу). Вальниці утримуються кришками, які прикручуються до картера болтами або шпильками. У місцях де виходять кінці колінчастого валу встановлені ущільнювальні прокладки – сальники. Для замикання простору знизу до картера встановлюється піддон.

Піддон картера захищає кривошипно-шатунний механізм від попадання пилу і також є резервуаром для масла. Він прикріплюється до картера болтами. Для ущільнення ставиться прокладка. Нижня частина піддону оснащена пробкою для зливу масла при заміні.

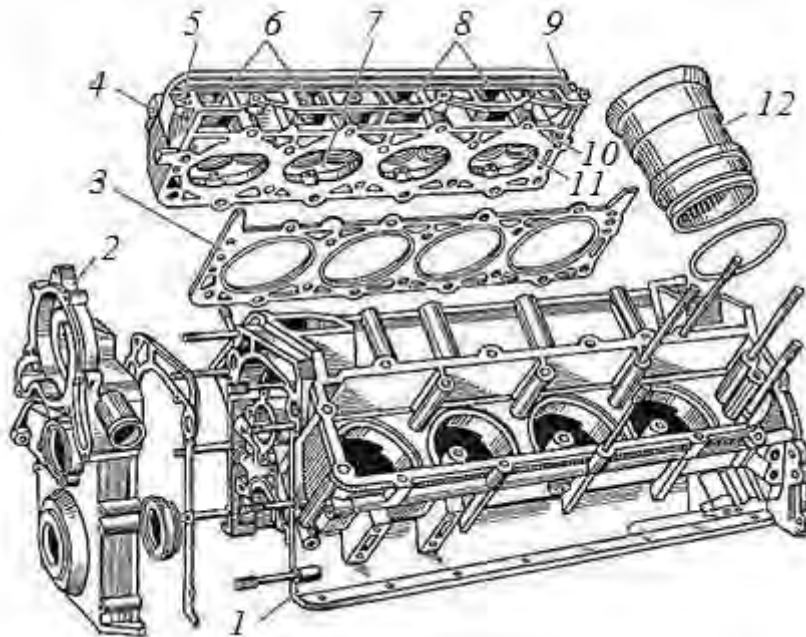


Рис. 1.8. Блок-картер V-подібного восьмициліндрового двигуна з головкою правого ряду циліндрів:

- 1 – блок циліндрів; 2 – кришка розподільних шестерень; 3 – прокладка;  
 4 – головка блока циліндрів; 5, 9, 10 – отвори для охолоджувальної рідини;  
 6, 8 – впускні канали; 7 – камера згоряння; 11 – сідло клапана;  
 12 – гільза циліндра

Головка блоку призначена для створення камер згоряння у циліндрах. У ній розміщують клапани та механізми їх приводу, а також свічки або форсунки. Головку блоку та блок циліндрів відливають із чавуну або алюмінієвих сплавів. У головці та блоці передбачають канали для циркуляції охолоджувальної рідини. Більш ретельно будова картера показана на прикладі V-подібного восьмициліндрового двигуна (рис. 1.8).



Рис. 1.9. Поршні бензинового (а) та дизельного (б) двигунів:  
 1 – юбка поршня; 2 – головка поршня; 3 – днище поршня; 4 – поршневий палець

До поршневої групи належать: поршні, поршневі кільця та поршневі пальці. Поршень (рис. 1.9) – це металевий стакан, днищем повернутий догори, який сприймає тиск газів і передає його через поршковий палець і шатун на колінчастий вал. Верхня, підсилена частина поршня, називається головкою, а нижня, напрямна – юбкою. Приливи у стінках юбки, що призначаються для встановлення поршневого пальця, називають бобишками.

Поршні виготовляють з алюмінієвого сплаву (іноді з чавуну), по бічній поверхні покривають тонким шаром олова для кращого припрацювання. Юбки поршнів у поперечному перерізі мають форму еліпса (більша частина цього еліпса розташовується у площині, перпендикулярній до осі поршневого пальця), а у поздовжньому – форму зрізаного конуса з більшою основою по нижній кромці поршня. У нижній частині юбки виконано вирізи для противаг колінчастого вала.

Паралельно поздовжній осі двигуна у бобишках поршня виконано отвори для встановлення поршневого пальця. У головках поршнів є канавки: верхні – для компресійних кілець, нижні – для маслоснімних. По колу канавок під маслоснімним кільцем виконано отвори для відведення масла, що знімається.

Поршневі кільця (рис. 1.10) запобігають прориву газів крізь зазор між стінками поршня та циліндра, а також призначені для видалення зайвого масла зі стінок циліндра, щоб не допустити потрапляння його у камеру згоряння.

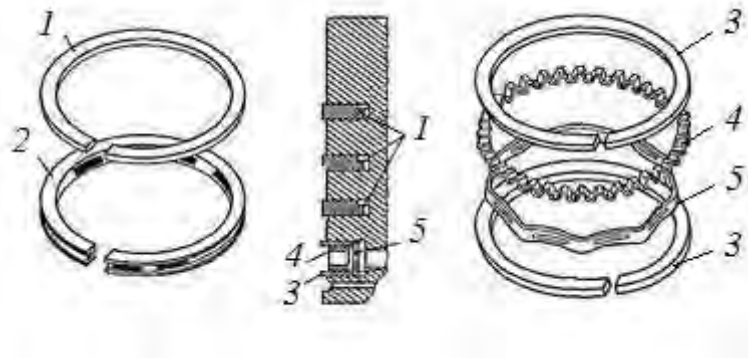


Рис. 1.10. Поршневі кільця:

*а – зовнішній вигляд; б – розташування кілець на поршні двигуна;  
в – складене маслоснімне кільце: 1, 2 – відповідно компресійне та маслоснімне кільця; 3 – плоскі сталеві диски; 4 – осьовий розширювач; 5 – радіальний розширювач*

Компресійні кільця виготовляють з легованого чавуну (іноді – з металокерамічних сплавів). Верхні компресійні кільця покривають пористим хромом. Кільця, що не підлягають хромуванню, покривають на зовнішній поверхні тонким шаром олова для кращого припрацювання. Маслоснімні кільця виконуються складеними – з двох плоских сталевих кілець і двох розширювачів (осьового та радіального).

Шатун (рис. 1.11) передає зусилля від поршня на колінчастий вал. Він має поперечний переріз у вигляді двотавра. Виготовляється з легової або вуглецевої сталі штампуванням і складається з верхньої головки, стержня та

нижньої головки. У верхню головку шатуна запресовується бронзова втулка під поршневий палець. У головці та втулці зроблено отвори для підведення масла до поверхонь тертя.

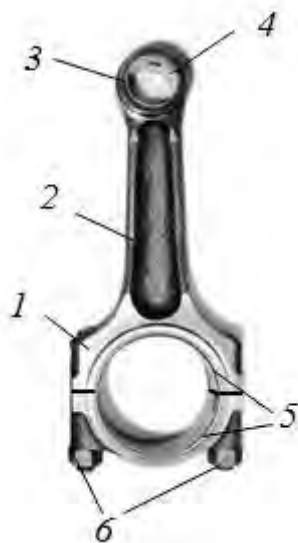


Рис. 1.11. Шатун:

*1 – нижня головка; 2 – стержень; 3 – верхня головка; 4 – втулка верхньої головки; 5 – вкладиші нижньої головки; 6 – шатунні болти*

Нижня головка шатуна рознімна (площина розняття перпендикулярна до осі шатуна). Верхня та нижня частина головки скріплюється двома болтами. Всередину нижньої головки при монтажі на колінчастий вал встановлюють вкладиші відповідних вальниць ковзання.

Колінчастий вал встановлюється у блок на корінні вальниці ковзання. Він відливається з легованого чавуну й складається з таких основних елементів (рис. 1.12): корінних шийок 5, шатунних шийок 1, противаг 3 та фланця 3 для кріплення маховика.

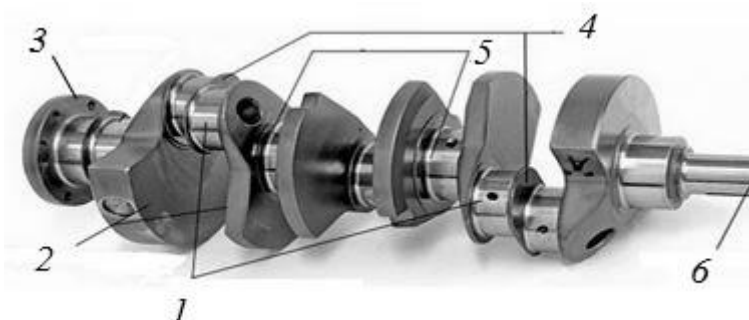


Рис. 1.12. Колінчастий вал:

*1 – шатунні шийки; 2 – противаги; 3 – фланець; 4 – щоки; 5 – корінні шийки ; 6 – хвостовик*

Корінні й шатунні шийки вала загартовуються струмами високої частоти. Всередині валу просвердлені канали для підведення масла до корінних та шатунних шийок. Корінні вальниці колінчастого вала мають сталеві тонкостінні вкладиші, за конструкцією аналогічні шатунним.



Маховик – це чавунний диск, що кріпиться болтами до фланця колінчастого вала й призначається для підвищення рівномірності обертання останнього, а також забезпечує подолання двигуном короточасних перевантажень (наприклад, у момент рушення автомобіля з місця) за рахунок накопиченої під час обертання енергії. На обід маховика напресовано сталевий зубчастий вінець для обертання колінчастого вала стартером під час пуску двигуна.

*Механізм газорозподілу* забезпечує своєчасне заповнення циліндрів пальною сумішшю (або повітрям) і видалення з них відпрацьованих газів.

Час, який припадає на такти впускання й випускання, дуже малий (при максимальній частоті обертання колінчастого вала двигуна він становить тисячні частки секунди). Для підвищення ефективності газообміну (наповнення та очищення циліндру від відпрацьованих газів) використовують особливості газодинамічних процесів при впуску та випуску, термодинаміки процесів впуску, розширення та випуску, а також враховують інерційність деталей механізму газорозподілу. Встановлено, що клапани потрібно відчиняти не точно у моменти, що відповідають положенням поршня у мертвих точках, а з деяким зміщенням.

Зміщення моментів початку відкривання та кінця закривання клапанів, виражені в градусах кута повороту колінчастого вала відносно мертвих точок отримало назву фази газорозподілу.

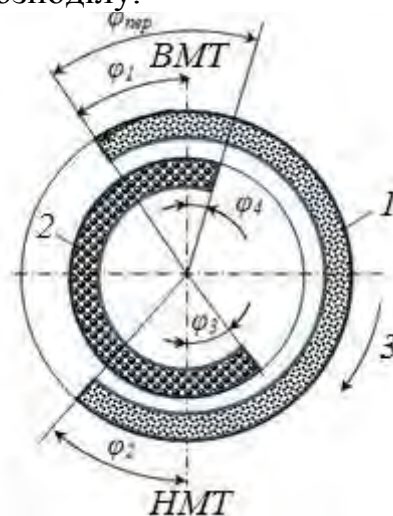


Рис. 1.13. Діаграми фаз газорозподілу чотиритактного двигуна:

1 – впуск (впускний клапан відчинений); 2 – випуск (випускний клапан відчинений);  
3 – напрям обертання колінчастого валу

На такті випускання впускний клапан 1 починає відкриватися з випередженням (кут  $\varphi_1$ , рис. 1.13), тобто до підходу поршня у ВМТ. Закривається впускний клапан із запізненням після проходження поршнем НМТ (кут  $\varphi_2$ ), тобто на початку такту стискання.

Аналогічно для випускного клапану. Він відчиняється раніше ніж поршень дійде до нижньої мертвої точки –  $\varphi_3$ , та зачиняється після проходу поршнем верхньої мертвої точки –  $\varphi_4$ . Бачимо, що у певний період часу відкриті

обидва клапани – впускний і випускний. Кутовий інтервал  $\varphi_{пер}$  обертання колінчастого вала, при якому обидва клапани відкриті, називається перекриттям клапанів. Воно потрібне для своєчасного та якісного очищення циліндрів від продуктів згоряння.

Фази газорозподілу (значення кутів  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ ) залежать від конструкції газорозподільного механізму(ГРМ), частоти обертання колінчастого вала. Їх підбирають експериментально, зазвичай, при максимальній потужності двигуна. Кути випередження відкриття впускного та випускного клапанів для двигунів різних моделей становлять:  $\varphi_1=10...32^\circ$ ,  $\varphi_3=40...70^\circ$ . Кути запізнення закриття впускного та випускного клапанів –  $\varphi_2=35...85^\circ$ ,  $\varphi_4=10...50^\circ$ .

Механізм газорозподілу у загальному випадку складається з таких основних деталей: розподільного вала, штовхачів, штанг, коромисел, впускних та випускних клапанів і приводу.

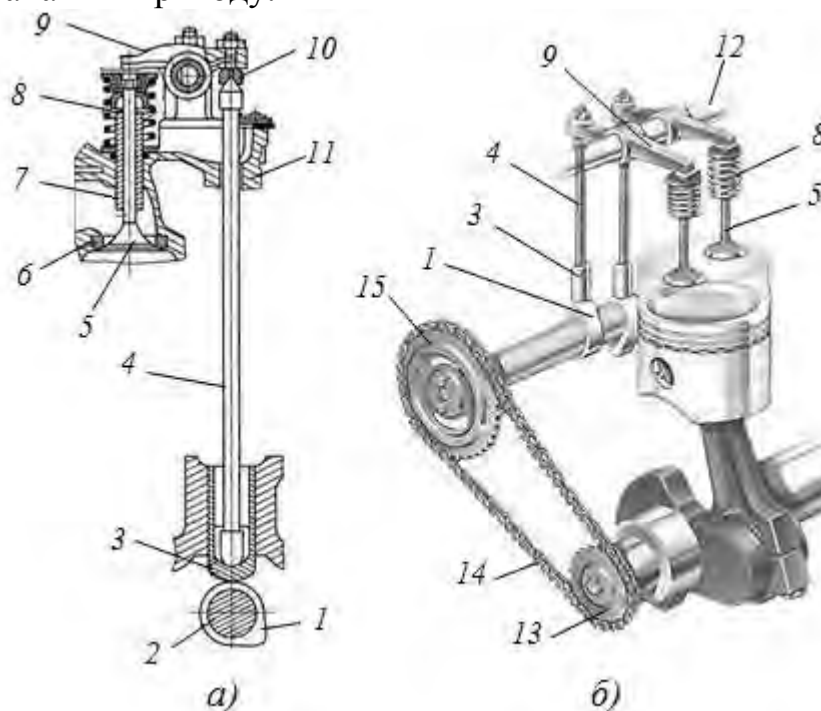


Рис. 1.14. Механізм газорозподілу двигунів з ланцюговим приводом, нижнім розташуванням розподільного вала та верхнім – клапанів (а) і його принципова схема (б):

1 – кулачок; 2 – розподільчий вал; 3 – штовхач; 4 – штанга; 5 – клапан; 6 – сідло клапана; 7 – напрямна втулка; 8 – пружина; 9 – коромисло; 10 – ковпачок; 11 – головка блока циліндрів; 12 – ось коромисла; 13 – контргайка; 14 – зірочка колінчастого вала; 15 – зірочка розподільчого вала

Залежно від розташування клапанів і розподільного вала можна виділити три типи механізмів газорозподілу з:

- нижнім розташуванням вала та клапанів, коли останні встановлюються у блоці циліндрів та їх хвостовики спрямовані вниз (у сучасних двигунах майже не використовується);
- нижнім розташуванням вала та верхнім – клапанів (рис. 1.14);

– верхнім розташуванням вала та клапанів (рис. 1.15), коли останні встановлюються у головці блока циліндрів.

Більшість сучасних двигунів мають механізм газорозподілу з верхнім розташуванням клапанів, що дає змогу зробити компактну камеру згоряння, забезпечити краще наповнення циліндрів пальною сумішшю, спростити регулювання клапанів і теплових зазорів.

У рядних двигунах з верхнім розташуванням клапанів та нижнім – розподільного вала (див. рис. 1.14) зусилля від кулачка 1 розподільного вала передається штовхачу 3, а від нього – штанзі 4. Остання через ковпачок 10 діє на коротке плече коромисла 9, яке, повертаючись на осі 12, натискає своїм носом на стержень клапана 5. Внаслідок цього пружина 8 стискається, а клапан переміщується від сидла 6, відчиняється прохід газам. Після того як виступ кулачка 1 вийде з-під штовхача 3, клапанний механізм повертається у початкове положення під дією пружини 8, клапан зачиняється.

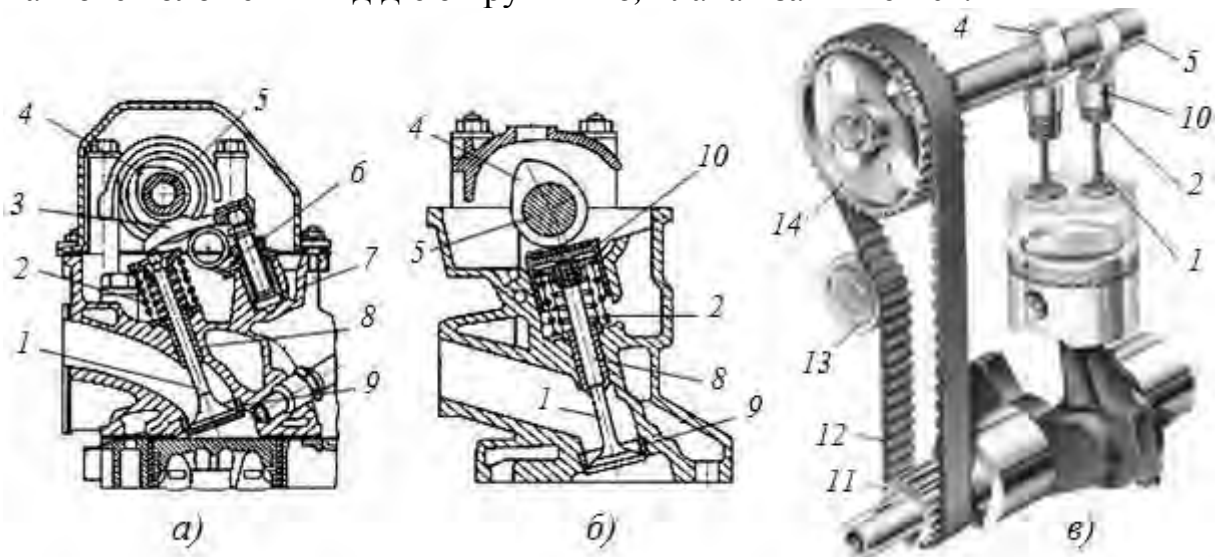


Рис. 1.15. Механізми газорозподілу з верхнім розташуванням розподільного вала клапанів: з важелем (а), без коромисел (б), принципова схема з пасовим механізмом приводу (в):

1 – клапани; 2 – пружина; 3 – важіль; 4 – кулачки розподільного вала;  
 5 – розподільний вал; 6 – шпилькова пружина; 7 – головка блока циліндрів;  
 7, 8 – напрямні втулки; 9 – сидло клапана; 10 – штовхач; 11 – шестерня колінчастого вала; 12 – зубчастий пас; 13 – натягувач; 14 – шків розподільного вала

У механізмі газорозподілу з верхнім розташуванням розподільного вала (див. рис. 1.15) немає штанг. Завдяки цьому зменшуються маса й інерційні сили клапанного механізму, що дає змогу збільшити частоту обертання колінчастого вала, покращити показники роботи двигуна й знизити рівень шуму.

Привод розподільного вала здійснюється від колінчастого вала швидкохідних двигунів за допомогою ланцюгової (рис. 1.14) або пасової (рис. 1.15) передач. У двигунах вантажних автомобілів та дизельних ДВЗ для приводу застосовують переважно зубчасту передачу (рис. 1.16).

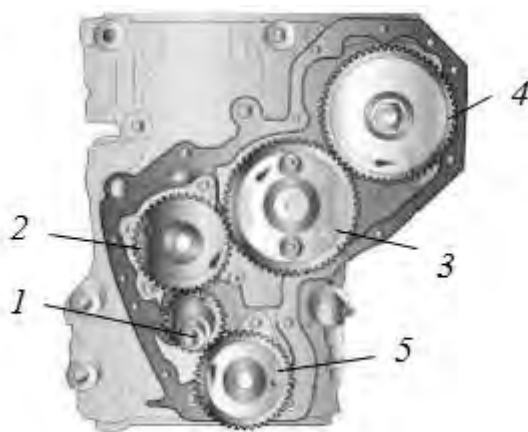


Рис. 1.16. Шестеренчастий привод розподільчого валу:

*1 – колінчастий вал; 2 – шестерня понижуючої передачі, 3 – проміжна шестерня; 4 – шестерня розподільного валу; 5 – шестерня приводу масляного насосу*

Слід звернути увагу на те, що з чотирьох тактів роботи двигуна, клапани відчиняються тільки у двох. Тому частота обертання розподільного валу має бути у два рази меншою ніж для колінчастого валу. Тобто привід ГРМ повинен мати передаточне відношення рівне 2.

### Питання для самоконтролю

- 1. Перерахуйте основні елементи поршневої групи і вкажіть їх призначення.*
- 2. У чому полягає різниця у конструкції поршнів бензинових та дизельних двигунів?*
- 3. Які кільця та в якій послідовності встановлюють на поршні?*
- 4. Поясніть діаграму фаз газорозподілу.*
- 5. Наведіть схему ГРМ з верхнім розміщенням клапанів та нижнім – розподільного валу.*
- 6. Які види ГРМ застосовують у швидкохідних двигунах?*
- 7. Які приводи ГРМ використовують у дизельних ДВЗ?*

### 1.3. Системи ДВЗ

*Система мащення забезпечує змащування механізмів двигуна, часткове охолодження їх, видалення продуктів спрацювання із зон тертя, очищення масла, а також його охолодження.*

*У двигунах, зазвичай, застосовують комбіновану систему мащення: найбільш навантажені деталі змащуються під тиском, а решта – спрямованим розбризкуванням масла та масляним туманом, який утворюється у картерах механізмів.*

*Більшість систем мащення мають мокрий піддон, який виконує функцію збору та накопичення масла. Основними складовими системи мащення є (рис. 1.17): масляний насос; фільтр або фільтри; масляний радіатор; клапани*

керування потоками масла; контрольні прилади (датчики та показчики тиску масла, жезловий показчик рівня масла).

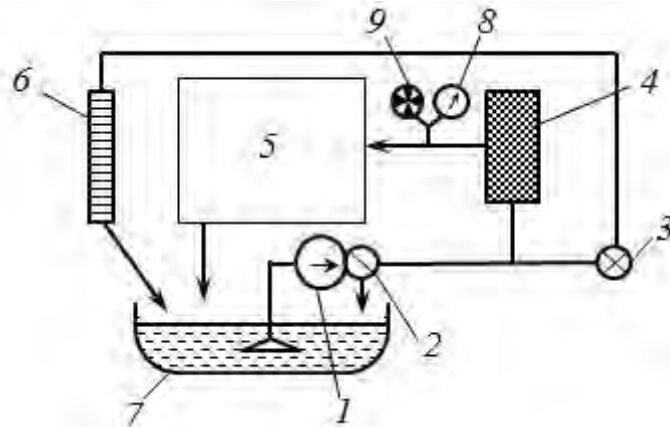


Рис. 1.17. Структурна схема системи мащення ДВЗ:

1 – масляний насос; 2 – запобіжний клапан; 3 – клапан масляного радіатора; 4 – система очищення масла (фільтр); 5 – механізми двигуна; 6 – масляний радіатор; 7 – піддон картера; 8 – манометр; 9 – показчик аварійного тиску

Для створення найкращих умов мащення у системі повинний підтримуватися певний тиск: 0,2...0,4 МПа для легкових автомобілів, 0,4...0,6 МПа – вантажних. У системах мащення використовують шестеренчасті насоси, які приводяться в дію від колінчастого валу через зубчасту передачу. Особливістю роботи таких насосів є значне збільшення подачі і тиску на виході при збільшенні частоти обертання. Для захисту від руйнування системи встановлюється диференційний запобіжний клапан на виході масла з насосу. При перевищенні допустимого тиску клапан спрямовує зайве масло на вхід насосу або у піддон картера. Таким чином у головній масляній магістралі підтримується номінальний тиск.

Для забезпечення циркуляції масла в деталях механізмів ДВЗ (колінчастому й розподільному валах, коромислах тощо) виконані спеціальні канали. До системи мащення належать також пристрої системи вентиляції картера.

У залежності від потужності двигуна, режиму його роботи конструкція будови системи мащення відрізняється. Так, у двигунах легкових автомобілів широкого вжитку відсутній масляний радіатор, система контролю обмежується показчиком аварійного тиску. Для дизельних двигунів вантажних автомобілів система мащення має більш розгалужену структуру.

Розглянемо як приклад систему мащення двигуна вантажного автомобіля (рис. 1.18). У системі використовується двосекційний масляний насос, який складається з нагнітальної 2 і радіаторної 3 секцій. Нагнітальна секція подає масло у повнопотоковий фільтр 10 із змінним фільтруючим елементом тонкого очищення, звідки воно потрапляє в головну масляну магістраль 24, яка розподіляє масло по механізмах двигуна.

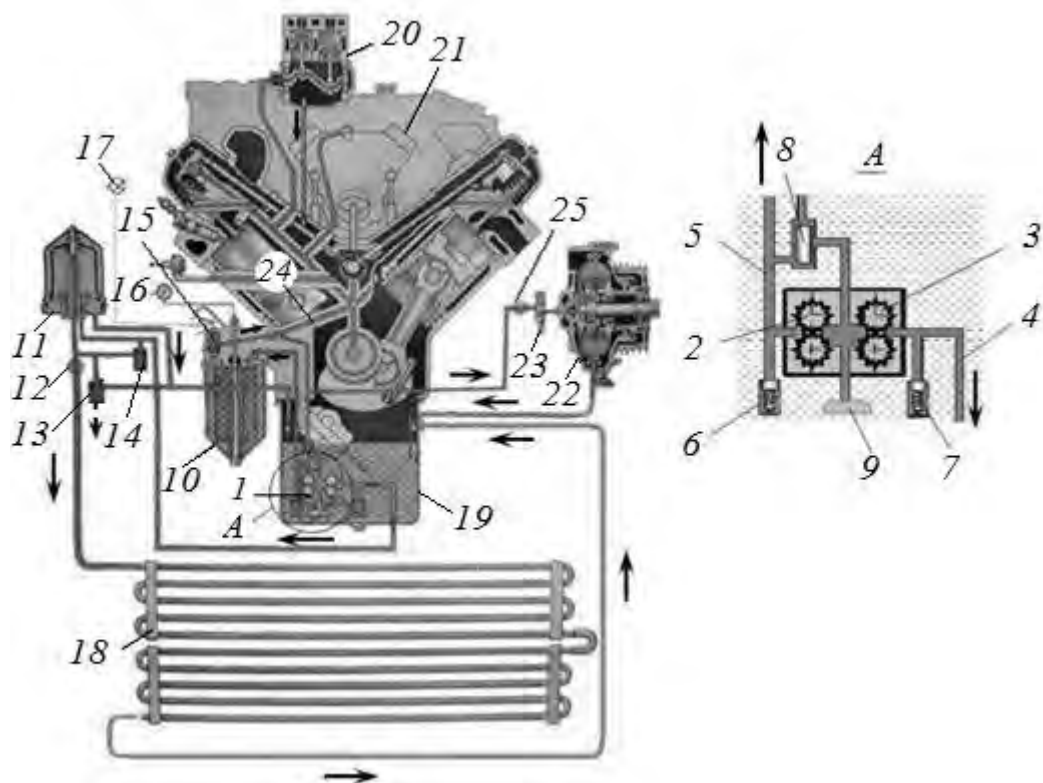


Рис. 1.18. Схема системи мащення дизельного двигуна:

- 1 – двохсекційний шестеренчастий насос; 2 – нагнітальна секція масляного насоса; 3 – радіаторна секція масляного насоса; 4 – нагнітальна лінія; 5 – радіаторна лінія; 6 – запобіжний клапан нагнітальної секції масляного насоса; 7 – запобіжний клапан радіаторної секції масляного насоса; 8 – диференціальний клапан; 9 – всмоктуючий патрубок; 10 – фільтр тонкої очистки; 11 – центрифуга; 12 – кран ввімкнення масляного радіатора; 13 – зливний клапан масляного радіатора; 14 – перепускний клапан; 15 – перепускний клапан фільтра; 16 – манометр; 17 – сигнальна лампа забруднення фільтра; 18 – радіатор; 19 – піддон; 20 – компресор; 21 – паливний насос високого тиску щуп; 22 – гідромурфта; 23 – регулятор-вимикач; 24 – головна масляна магістраль; 25 – кранбг

У блоці циліндрів масло надходить до корінних вальниць колінчастого вала і через отвори в його щоках потрапляє до шатунних вальниць. Одночасно масло вертикальними каналами в блоці циліндрів надходить до опорних шийок розподільного вала і похилими – до втулок коромисел, а від них потрапляє до регулювальних гвинтів і верхніх наконечників штанг. Стікаючи внутрішніми отворами штанг, масло змащує штовхачі і кулачки розподільного вала двигуна.

На стінки циліндрів дизеля масло потрапляє розбризкуванням, надлишок знімається маслоснімними кільцями, відводиться всередину поршня і змащує поршневий палець. З похилих каналів блока масло надходить для мащення вальниць компресора 20 і паливного насоса 21 високого тиску. Крім того, від нагнітальної секції через кран 25 і регулятор-вимикач 23 масло подається в гідромурфту 22 приводу вентилятора.

Радіаторна секція 3 маслопроводом подає масло у центрифугу 11, з якої воно зливається у піддон картера через клапан 14 або проходить у радіатор 18, якщо кран 12 відкритий. Перепускний клапан 14 обмежує тиск масла, що проходить через центрифугу на рівні 0,6 – 0,65 МПа. Клапан 6 у корпусі масляного насоса, обмежує тиск у головній магістралі мащення. Він відкривається при тиску 0,4 – 0,45 МПа.

Тиск масла у системі мащення вимірюється манометром 16. При забрудненні фільтра 10 або підвищеної в'язкості масла відкривається перепускний клапан 15 і неочищене масло надходить у головну масляну магістраль 24. Про спрацювання клапана подається сигнал на дошку приборів.

Під час роботи двигуна змінюються властивості масла (в'язкість, забруднення), режим роботи двигуна (зміна частоти обертання), відбувається знос деталей, забруднення фільтрів тощо. Усе це може привести до аварії двигуна (руйнування вальниць колінчастого валу, заклинювання деталей і т.п.). Для запобігання порушення нормальній роботі система мащення обладнана автоматично діючими плунжерними клапанами. Всього їх шість: три у масляному насосі – запобіжні 6 і 7 (у нагнітальній і радіаторній секціях), диференціальний клапан 8; у центрифуги – зливний 13 і перепускний 14 клапани та один перепускний клапан 15 у повнопотоковому масляному фільтрі.

*Система охолодження* призначена для підтримування оптимального температурного режиму роботи двигуна. До системи також під'єднані елементи системи клімат-контролю (калорифер), а у деяких двигунах системи підігріву деталей системи живлення.

В автомобільних двигунах застосовують системи охолодження: рідинну (здебільшого), повітряну (рідше).

Температура охолоджувальної рідини, що міститься в головці блока циліндрів, має становити 80...95°C. Такий температурний режим найвигідніший, забезпечує нормальну роботу деталей двигуна й не повинен змінюватися залежно від температури навколишнього повітря та навантаження двигуна.

Рідинні системи охолодження бувають: відкриті та закриті. Відкрита система охолодження безпосередньо сполучається з навколишньою атмосферою, а закрита, яка застосовується у сучасних двигунах, – періодично, через спеціальні клапани в кришці радіатора або розподільного бачка. Тиск у закритих системах охолодження після прогріву двигуна підвищується вище атмосферного приблизно до 1,1бар. Внаслідок підвищується температура кипіння охолоджувальної рідини до 112...118<sup>0</sup>С. Останнє позитивно впливає на роботу системи: рідина менше випаровується, попереджається закипання рідини у місцях високого температурного напруження.

У якості охолоджувальної рідини використовують воду (бажано дистильовану) або антифризи (тосоли – водяні розчини етиленгліколю). Останні у залежності від марки мають низьку температурну замерзання (– 40 та – 65°C). Крім цього, тосоли мають властивості змащування та запобігають корозії деталей та вузлів системи.

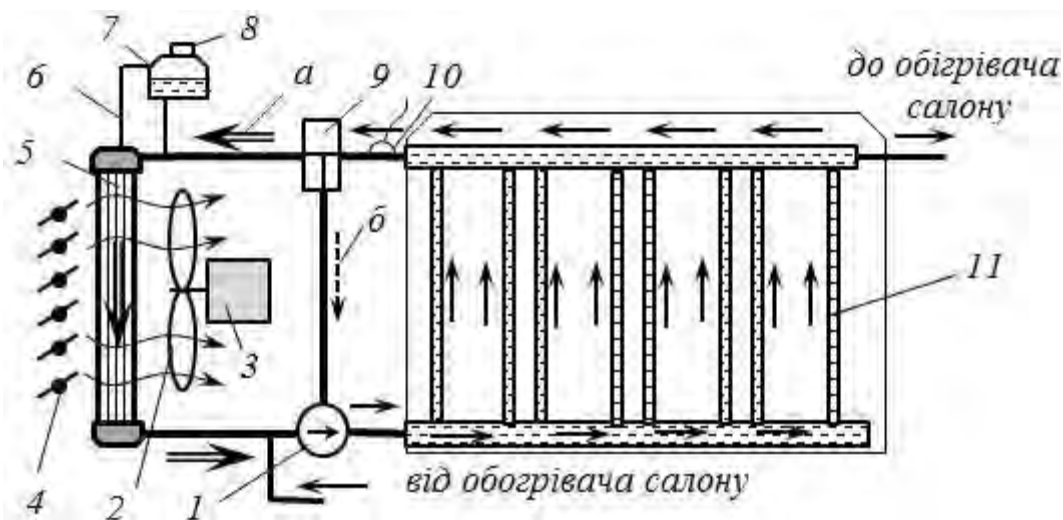


Рис. 1.19. Принципові схеми систем охолодження двигунів:

1 – відцентровий насос; 2 – вентилятор; 3 – привід вентилятора (електродвигуна або пасова передача від колінчастого валу); 4 – жалюзі; 5 – радіатор; 6 – трубка відводу пари; 7 – розширювальний бачок; 8 – клапан розширювального бачка; 9 – термостат; 10 – датчик температури; 11 – водяна сорочка двигуна

Рідинна системи охолодження складається з таких основних вузлів: водяна сорочка двигуна; насос; радіатор; вентилятор; термостат; розширювальний бачок (рис. 1.19). На деяких автомобілях встановлюють жалюзі для регулювання охолодження рідини у холодний період року та при прогріванні двигуна після запуску.

Відцентровий насос подає охолоджувальну рідину у сорочку охолодження двигуна. Рідина охолоджує насамперед найбільш нагріті деталі двигуна (циліндри), відбирає частину теплоти, потім через верхній патрубок потрапляє у термостат, який у залежності від температури рідини спрямовує потік по малому колу (напряв б, рис. 1.19) або по великому колу (напряв – а).

Поки рідина у системі охолодження холодна, основний клапан термостата закритий і рідина циркулює по малому колу циркуляції – від насоса по сорочці охолодження, минаючи радіатор. Оскільки рідина не потрапляє в радіатор і не охолоджується, вона швидко нагрівається.

Коли температура рідини піднімається до оптимальної, основний клапан термостата відкривається, рідина починає проходити через радіатор (велике коло циркуляції). Проходячи через радіатор нагріта рідина охолоджується й потрапляє до відцентрового насоса. Водночас частина нагрітої рідини відбирається для підігрівання пальної суміші, а також у разі потреби відводиться через спеціальний кран в обігрівач салону кузова.

Термостат(рис. 1.20) це автоматичний двоклапанний пристрій, керований теплочутливим елементом. Прохідний переріз термостата змінюється при зміні температури, і це дає можливість у певних межах автоматично регулювати температурний режим двигуна.



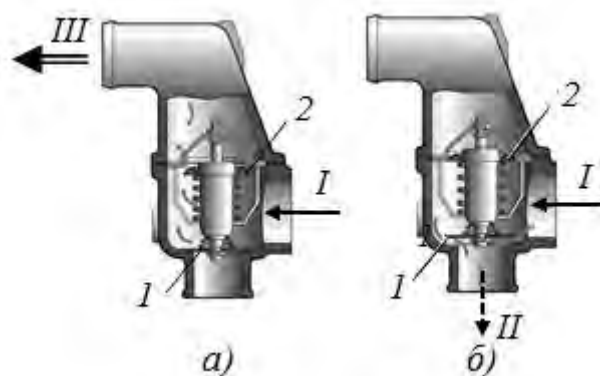


Рис. 1.20. Схема роботи термостату:

термостат відкритий (а), термостат закритий (б):

*I – перепускний клапан; 2 – основний клапан (I – рідина від сорочки двигуна, II – перепускний канал до насоса, III – до радіатора)*

Розширювальний бачок призначений для компенсації зміни об'єму охолоджувальної рідини у системі охолодження під час роботи двигуна. У кришці бачка, зазвичай, знаходяться клапани: випускний та перепускний. Випускний клапан відкривається, коли тиск у системі охолодження підвищується до максимального допустимого значення. При цьому пара рідини, що утворилась, відводиться у атмосферу. Це запобігає руйнуванню радіатора та патрубків.

Перепускний клапан також відкривається, коли тиск у системі знижується нижче атмосферного приблизно на  $0,01 \text{ МПа}$ . Це трапляється під час охолодження двигуна після його зупинки. Тиск падає внаслідок зменшення об'єму охолоджувальної рідини та конденсації її парів. Таким чином попереджається сплюскування тонкостінних трубок серцевини радіатора.

Відцентровий насос приводиться у дію пасовою передачею від колінчастого валу. Під час роботи двигуна крильчатка насоса своїми лопатями захоплює охолоджувальну рідину, і під дією відцентрової сили відкидає її до стінок корпуса, нагнітає у сорочку двигуна.

Для інтенсифікації охолодження рідини у радіаторі передбачений вентилятор. Він засмоктує через радіатор повітря з навколишнього середовища. Вентилятор вмикається автоматично при підвищенні температури охолоджувальної рідини більш оптимальної (при зупинці автомобіля, підвищених навантаження двигуна на невеликій швидкості тощо)

*Система живлення* призначена для забезпечення двигуна паливом й повітрям в залежності від режиму роботи двигуна та відведення продуктів згоряння. Особливістю системи живлення карбюраторного та інжекторного двигуна є приготування пальної суміші до подавання її у циліндри, а системи живлення дизеля – впорскування палива у циліндр під високим тиском.

Для повного згоряння палива потрібна певна кількість повітря. Найменша (теоретична) кількість повітря для повного згоряння складає для бензину  $11,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ , дизельного палива –  $11,1 \text{ м}^3/\text{кг}$ , метану –  $9,5 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Практично для повного згорання потрібно більше повітря. Будь-яка система

живлення має на меті забезпечити певне співвідношення між подачею палива та повітря, яке забезпечує потрібний режим роботи двигуна.

У сучасній практиці використовують три основні види систем живлення: карбюраторну або інжекторну – для двигунів з зовнішнім сумішоутворенням та дизельну – для двигунів з внутрішнім сумішоутворенням.

Карбюраторна система була основною з початку автомобілебудування до 90-х р. XX ст. Відтепер вона використовується у двигунах малої потужності. Система надійна, добре забезпечує роботу двигуна на середніх швидкостях обертання колінчастого валу. Принцип роботи заоснований на гідравлічних та газодинамічних явищах у потоках. Вона не потребує додаткових пристроїв, працює автономно, органічно поєднується з механізмами двигунів. У системі використаний якісний принцип регулювання складу суміші для забезпечення різних режимів роботи двигуна.

Принципова схема карбюраторної системи живлення складається (рис. 1.21): з тракту подачі палива (паливний бак – паливний насос – карбюратор), тракту подачі повітря (повітряний фільтр – карбюратор); тракту відводу продуктів згоряння (вихлопний колектор – глушник).

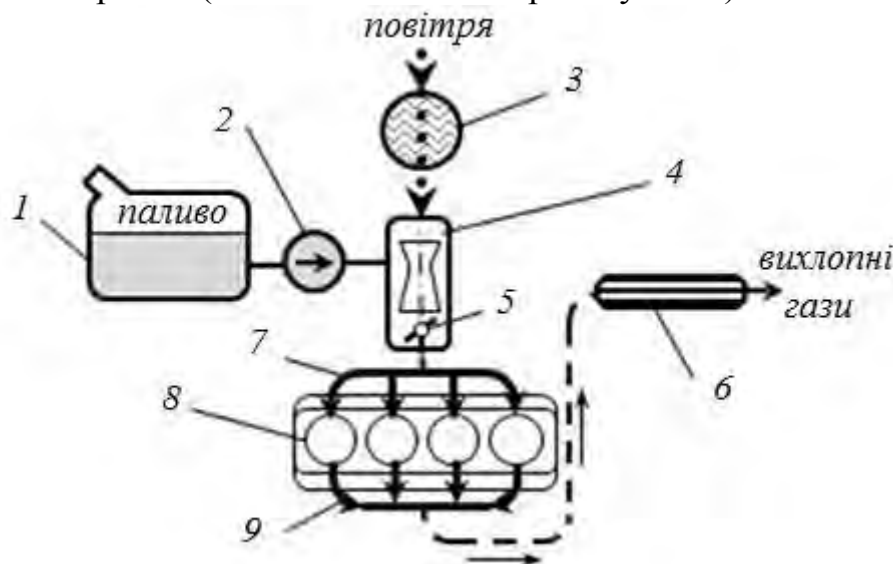


Рис. 1.21. Принципова схема карбюраторної системи живлення:

- 1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – повітряний фільтр; 4 – карбюратор;  
5 – дросельна заслінка; 6 – глушник; 7 – впускний колектор; 8 – циліндри ДВЗ;  
9 – вихлопний колектор

Якісне регулювання складку суміші передбачає не тільки зміну кількості палива, що подається у двигун, а і принципову зміну складу суміші.

Під час пуску холодного двигуна сумішоутворення та умови займання дуже погані. У цьому випадку пальна суміш має бути багатою (кількість повітря у суміші дещо нижча теоретично необхідної для повного згоряння). Така суміш краще запалюється. На холостому ході для стійкої роботи двигуна теж потрібна збагачена паливна суміш.

На середніх навантаженнях, коли від двигуна не вимагається повної потужності, для забезпечення його економічної роботи паливна суміш має бути збідненою (вміст повітря у суміші перебільшує теоретично необхідну кількість). Такий склад суміші забезпечує майже повне згоряння палива.

На великих навантаженнях та у перехідних режимах (при збільшенні навантаження) потрібна найбільша швидкість згоряння – суміш має бути збагаченою.

Процес приготування паливної суміші певного складу поза циліндрами двигуна називається карбюрацією, а пристрій, в якому відбувається цей процес, – карбюратором. Принцип дії карбюратора полягає в утворенні суміші у потоці повітря за рахунок створення у ньому розрідження. Внаслідок різниці тиску над поверхнею бензину і у потоці повітря паливо засмоктується у потік, випаровується, утворюючи суміш.

Найпростіший карбюратор (рис. 3.22) складається з поплавкової *A* та змішувальної *B* камер. У першій є поплавок, шарнірно закріплений на осі, а також голчастий клапан, підтримують постійний рівень палива в камері. Змішувальна камера має профіль дифузора.

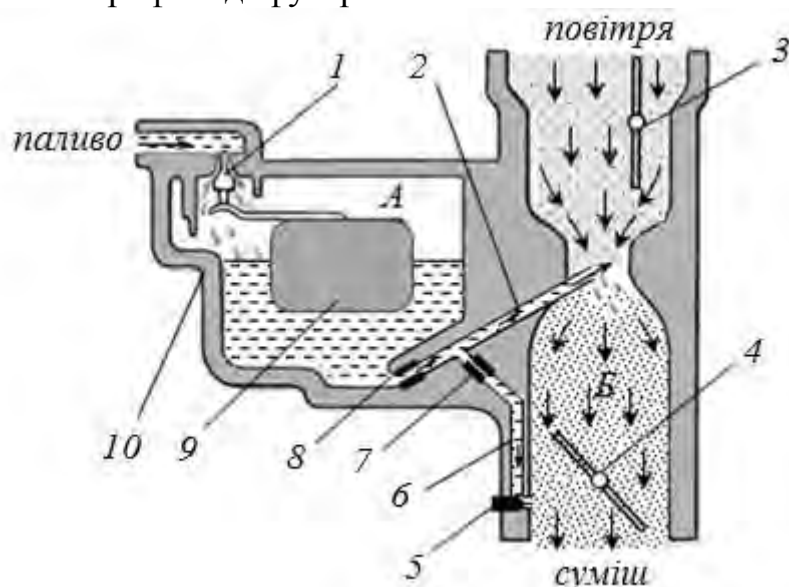


Рис. 1.22. Принципова схема карбюратора:

*1 – голчастий клапан; 2 – канал головної дозуючої системи; 3 – повітряна заслінка; 4 – дросельна заслінка; 5 – регулювальний гвинт якості (складу) суміші холостого ходу; 6 – проточний канал холостого ходу; 7 – жиклер холостого ходу; 8 – головний жиклер; 9 – поплавок; 10 – поплавок камер*

Під час роботи двигуна, коли поршень рухається від ВМТ до НМТ і впускний клапан відкритий (такт впускання), повітря через фільтр засмоктується у карбюратор. У найменшому перерізі дифузора за рахунок збільшення швидкості повітряного потоку до 50...150 м/с утворюється розрідження, яке викликає засмоктування у змішувальну камеру бензину. Дросельна заслінка змінює прохідний переріз для паливної суміші й тим самим регулює її подачу в циліндри двигуна.

При переході до швидкохідних ДВЗ, збільшенні вимог до економічності та екологічності двигунів виявилось, що карбюраторна система не спроможна вирішити поставлені проблеми. На зміну прийшла інжекторна система.

Ця система дає змогу оптимізувати процес сумішоутворення відносно режимів роботи двигуна, забезпечити більш рівномірний розподіл подачі суміші між циліндрами, майже виключити режими при яких паливо спалюється неповно.

Принцип дії такої системи полягає в утворенні суміші за рахунок примусового розпилювання палива у повітряному колекторі, зазвичай, у впускних клапанів. Забезпечення різних режимів роботи двигуна відбувається за рахунок зміни кількості палива, що розпилюється. Причому витримуються співвідношення між кількістю палива і повітря, яке забезпечує оптимальний режим, у залежності від поставленої мети. Наприклад, при налаштуванні на економічний режим паливо згорає повністю майже в усіх випадках роботи двигуна, не утворюючи токсичних викидів. Але у цьому випадку погіршуються динамічні характеристики двигуна.

Сучасні інжекторні системи керуються мікропроцесором це дозволяє дуже швидко реагувати на зміни режиму, стан двигуна і у деякій мірі на зміни складу палива. Інерційність такої системи значно менша, ніж у системах з карбюратором, а точність витримування оптимальних параметрів вища. Крім цього, завдяки відсутності додаткового опору потокові повітря на впуску (у вигляді карбюратора) досягається більш високий коефіцієнт наповнення циліндрів, що сприяє збільшенню літрової потужності двигуна.

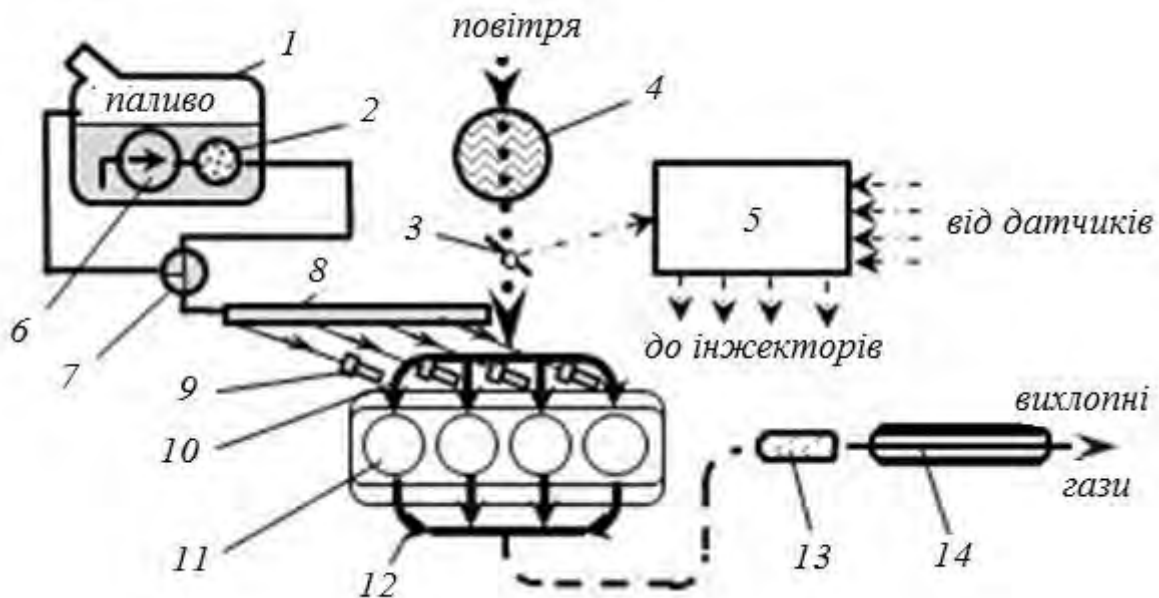


Рис. 1.23. Принципова схема інжекторної системи живлення:

1 – паливний бак; 2 – паливний фільтр; 3 – дросельна заслінка;  
 4 – повітряний фільтр; 5 – електронний блок керування; 6 – паливний насос; 7 – регулятор тиску палива; 8 – паливний колектор; 9 – форсунки (інжектори); 10 – впускний колектор; 11 – циліндри ДВЗ; 12 – вихлопний колектор; 13 – каталізатор догорання продуктів згорання; 14 – глушник

Найбільш поширеною є інжекторна система з розподіленим впорскуванням та переривчастим поданням палива й електронним керуванням (рис. 1.23). Електричний паливний насос 6 забирає паливо з бака 1 і подає його під тиском 3,5 – 5 бар через фільтр тонкого очищення 3 до паливного колектора 8. За допомогою регулятора 7 підтримується постійна різниця тисків палива між паливним колектором та впускним колектором двигуна. Надлишки палива з регулятора повертаються у паливний бак.

Паливо з колектора розподіляється по форсункам 9, які у потрібний момент впорскують його на впускні клапани циліндрів. Кількість палива що впорскується, тобто час відкриття форсунки, визначається електронним блоком керування 5 залежно від кількості повітря, що всмоктується, його температури, тиску, частоти обертання колінчастого валу і навантаження двигуна, а також від температури охолоджувальної рідини та інших показників роботи двигуна, які вимірюються датчиками. Продукти згоряння через вихлопний колектор, каталізатор догоряння і глушник відводяться у атмосферу.

*Система живлення дизельних двигунів* має забезпечувати добре розпилювання палива у циліндрі за дуже малий час (біля 0,1с). Тому виникає потреба забезпечити високий тиск палива перед форсунками – 200бар (у сучасних системах до 1400 бар). Оскільки кількість повітря, що потрапляє у циліндр у будь-якому режимі майже однакова, то регулювання потужності можливо тільки зміною кількості палива, що впорскується – кількісне регулювання.

В умовах спалювання без попереднього утворення суміші для забезпечення повного згоряння необхідно, щоб кількість потрібного для згоряння повітря будь-якої порції палива перебільшувала теоретично необхідну кількість.

До системи живлення дизелів входять такі основні вузли (рис. 1.24): паливний бак, фільтри грубої та тонкої очистки палива, підкачувальний паливний насос, паливний насос високого тиску, форсунки.

Паливопідкачувальний насос 3 дизеля засмоктує паливо з бака через фільтр грубої очистки й проштовхує його через фільтр тонкої очистки 4 до насосу високого тиску 5. Останній роздає паливо між форсунками циліндрів відповідно до порядку роботи циліндрів. Крім цього насос регулює навантаженням двигуна, за рахунок зміну часу подачі імпульсу тиску на форсунки, що змінює частоту обертання колінчастого валу. Таким чином, педаль «газу» водія управляє роботою насосу високого тиску, а не дросельною заслінкою як у двигунах з зовнішнім сумішоутворенням. Форсунки впорскують і розпилюють паливо у камери згоряння.

Паливопідкачувальний насос з метою забезпечення різких збільшень потужності подає палива більше ніж потрібно у звичайних режимах роботи двигуна. Надлишкове паливо, а з ним і повітря, що потрапило до системи, відводиться дренажними паливопроводом 2 з насоса і фільтра тонкої очистки назад у паливний бак.

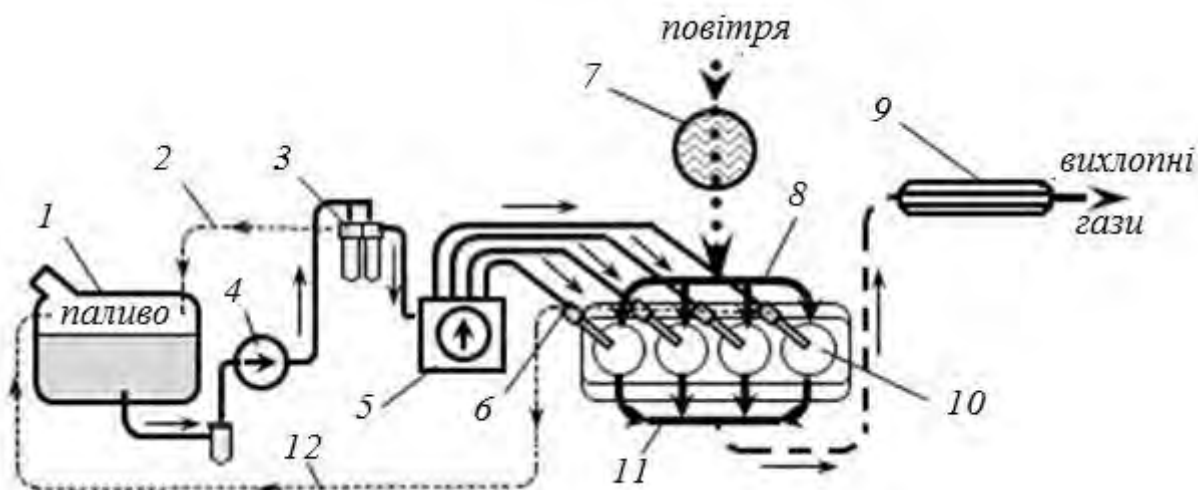


Рис. 1.24. Принципова схема живлення дизельних ДВЗ з механічними форсунками:

- 1 – паливний бак; 2, 12 – дренажні паливопроводи; 3 – підкачувальний насос;  
 4 – фільтр тонкої очистки; 5 – насос високого тиску; 6 – форсунки;  
 7 – повітряний фільтр; 8 – впускний колектор; 9 – глушник; 10 – циліндри;  
 11 – випускний колектор; 13 – фільтр грубої очистки

Паливо, що просочилося крізь зазор між корпусом розпилювача та голкою форсунки, також зливається у бак дренажним паливопроводом 12.

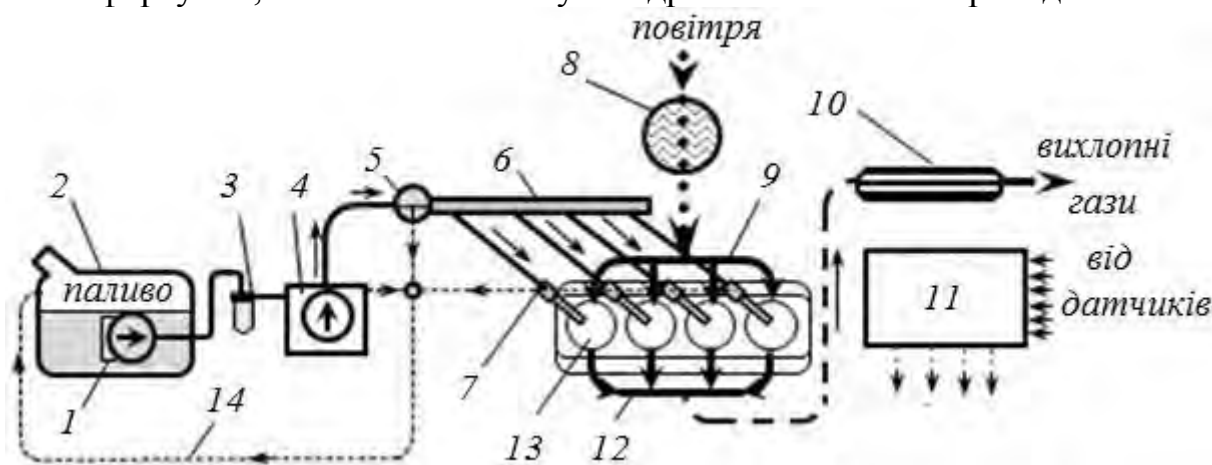


Рис. 1.25. Принципова схема колекторної системи живлення дизельного двигуна:

- 1 – підкачувальний насос; 2 – паливний бак; 3 – паливний фільтр;  
 4 – насос високого тиску; 5 – регулятор тиску палива; 6 – паливний колектор (рампа); 7 – форсунки; 8 – повітряний фільтр; 9 – впускний колектор;  
 10 – глушник; 11 – електронний блок керування; 12 – вихлопний колектор;  
 13 – циліндри ДВЗ; 14 – дренажний трубопровід

Як показала практика, система яка була розглянута, добре працює у тихохідних двигунах з частотою обертання до 1500 об/хв. Такі двигуни мають невисокі динамічні характеристики. Тенденція розвитку автомобілебудування

вимагає створення швидкохідних двигунів з добрими динамічними характеристиками. Тому на зміну системі з механічними форсунками появилася колекторна система живлення дизельних двигунів – система впорскування Common Rail. На відміну від попередньої системи розподіленням палива по форсункам та регулюванням його подачі керує електронний блок. Насос високого тиску у цьому випадку лише підтримує високий тиск паливному колекторі (рис. 1.25).

Паливний насос високого тиску призначений для створення високого тиску палива (до 1350 –2500 *бар*) та його накопичення у паливній рампі. Сучасні паливні насоси високого тиску – плунжерного типу. Клапан дозування палива регулює кількість палива, що подається до паливного насоса високого тиску, залежно від потреби двигуна. Він конструктивно поєднаний із насосом.

Регулятор тиску палива призначений для управління тиском палива у системі залежно від навантаження на двигун. Він встановлюється у паливній рампі. Паливна рампа призначена для виконання кількох функцій: накопичення палива та утримання його під високим тиском, пом'якшення коливань тиску, що виникає внаслідок пульсації подачі від насоса високого тиску, розподілу палива за форсунками.

Форсунка найважливіший елемент системи, що безпосередньо здійснює впорскування палива в камеру згоряння двигуна. Форсунки пов'язані з паливною рампою паливопроводами високого тиску. У системі використовуються електрогідравлічні форсунки або п'єзофорсунки.

Застосування даної системи дозволяє досягти зниження витрат палива, токсичності газів, що відпрацювали, рівня шуму дизеля. Головною перевагою системи Common Rail є широкий діапазон регулювання тиску палива та моменту початку впорскування, які досягаються за рахунок поділу процесів створення тиску та впорскування.

Форсунки є одним із головних вузлів сучасних систем живлення ДВЗ. Відтепер використовують такі типи форсунок: механічні, електромагнітні, електрогідравлічні, п'єзоелектрогідравлічні. Вони відрізняються, у першу чергу, за способом керування ними та робочим тиском.

Механічні форсунки використовуються у дизельних двигунах. До форсунки паливо високого тиску потрапляє через штуцер 5, проходить через фільтр 6, потім каналом 7 потрапляє у порожнину голки 2 (рис.1.26). Коли плунжер секції насоса створює достатній тиск, він, діючи на голку знизу вгору, долає зусилля пружини 3 і піднімає голку в гору, відкриваються сопла, починається впорскування палива. Після відсічення подачі палива в насосі тиск у форсунці падає, голка опускається і припиняє вихід палива з розпилювача. Паливо, що просочилося між голкою та корпусом розпилювача, відводиться з форсунки каналами в її корпусі.

Електромагнітна форсунка (рис. 1.27) має досить просту та надійну у роботі будову. Вона включає електромагнітний клапан з голкою та сопло. Робота форсунки здійснюється таким чином: відповідно до закладеного

алгоритму електронний блок управління забезпечує подачу напруги на обмотку збудження клапана у потрібний момент.

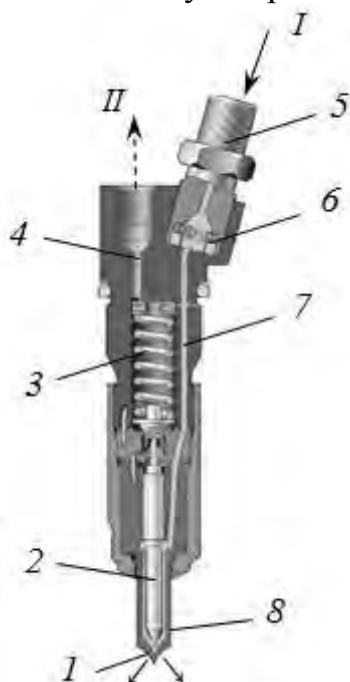


Рис. 1.26. Механічна форсунка  
(*I* – підвід палива; *II* – відвід палива, що перетікає в ущільненнях):  
*1* – сопла форсунки; *2* – голка розпилювача; *3* – пружина; *4* – канал відводу палива; *5* – штуцер; *6* – сітчастий фільтр; *7* – канал підводу палива до порожнини голки; *8* – корпус розпилювача

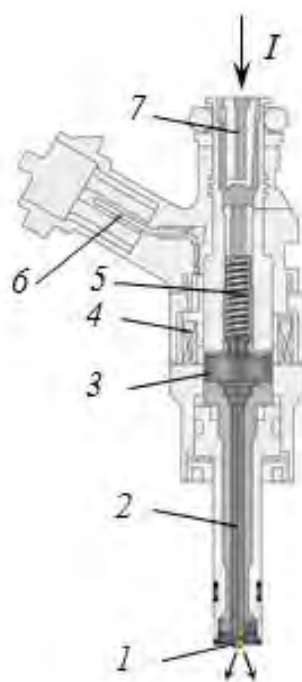


Рис. 1.27. Електромагнітна форсунка (інжектор):  
*I* – підвід палива; *1* – сопла форсунки; *2* – голка розпилювача; *3* – якор електромагніту; *4* – обмотка збудження; *5* – пружина; *6* – електричний роз'єм; *7* – сітчастий фільтр

При цьому створюється електромагнітне поле, воно, долаючи зусилля пружини, втягує якор з голкою і відкриває сопло. У результаті відбувається впорскування палива. При зникненні напруги пружина притискає голку форсунки до сідла. Такі форсунки встановлюють, зазвичай, на бензинові та газові інжекторні двигуни.

Потужність електромагніту, без значного збільшення габаритів, не може забезпечити надійне відкриття сопла при тисках, які характерні для сучасних дизельних двигунів. У сучасних дизельних двигунах використовують електрогідравлічні та п'єзоелектрогідравлічні форсунки.

Електрогідравлічна форсунка (рис. 1.28) складається з таких основних вузлів: камери управління, електромагнітного клапана, зливного і впускного дроселів. Принцип дії даної форсунки оснований на використанні тиску палива. У початковому положенні форсунки електромагнітний клапан знеструмлений і закритий. Голка форсунки притискається до сідла силою, яка визначається тиском палива на поршень, що знаходиться у камері управління. При подачі напруги на електромагнітний клапан він відкриває зливний дросель. Паливо,



яке знаходилося у камері управління, через дросель перетікає у дренажну магістраль.

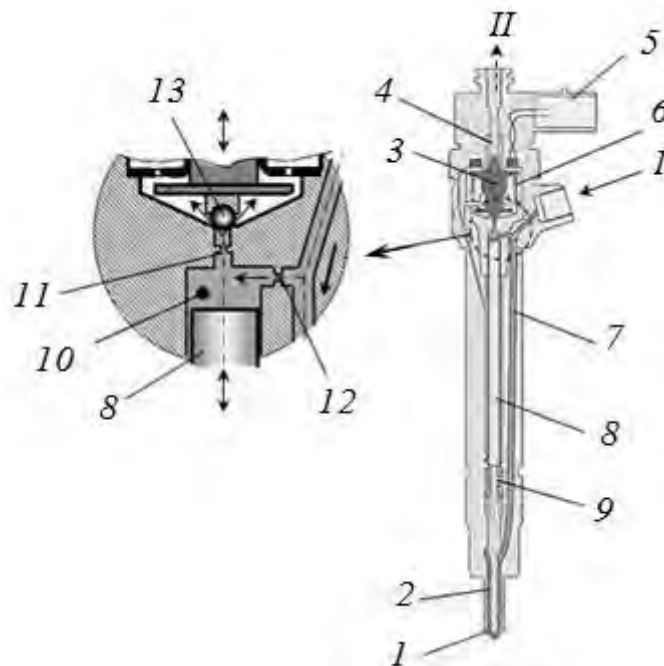


Рис. 1.28. Електрогідравлічна форсунка:

- I – підвід палива, II – паливо у дренажний паливопровід;*  
*1 – сопла форсунки; 2 – голка розпилювача; 3 – якор електромагніту;*  
*4 – зливний канал; 5 – електричний роз'єм; 6 – обмотка збудження;*  
*7 – впускний канал; 8 – поршень; 9 – пружина; 10 – камера керування;*  
*11 – зливний дросель; 12 – впускний дросель; 13 – кулька зворотного клапану*

Але впускний дросель не дозволяє швидко вирівняти тиск у впускній магістралі і камері управління. Під тиском палива у головному каналі поршень рухається вгору, піднімає голку, відбувається впорскування палива. Робота таких форсунок принципово не має обмежень по тиску палива. Вони краще розпилюють паливо, забезпечують більш точне та швидке спрацювання, тому широко використовуються у сучасних дизельних двигунах.

Більш швидкі у спрацюванні п'єзоелектрогідравлічні форсунки. Такий тип форсунки є на даному етапі найдосконалішим пристроєм. Швидкість спрацювання, цих форсунок швидша у 4 рази, ніж електрогідравлічних.

Ці переваги перед іншими видами форсунок з'явилися завдяки використанню п'єзоелементів замість електромагнітного клапану. У п'єзоелементах під впливом напруги п'єзокристали змінюють довжину (збільшуються), цей процес відбувається майже миттєво.

Будова п'єзоелектричної форсунки включає такі елементи (рис. 1.29): п'єзоелемент, штовхач, клапан перемикування та голку. Всі вони знаходяться у корпусі. У роботі форсунки даного виду, як і в електрогідравлічному аналозі, використовують гідравлічний принцип. У початковому положенні голка притискається до сідла внаслідок високого тиску паливної рідини. Під час

подачі електричного сигналу на п'єзоелемент збільшується його довжина. Зусилля передається на поршень штовхача, відкривається клапан і паливо перетікає у зливну магістраль. Тиск у порожнині вище за голку знижується. Голка за рахунок тиску у нижній частині піднімається, таким чином проводиться впорскування палива.

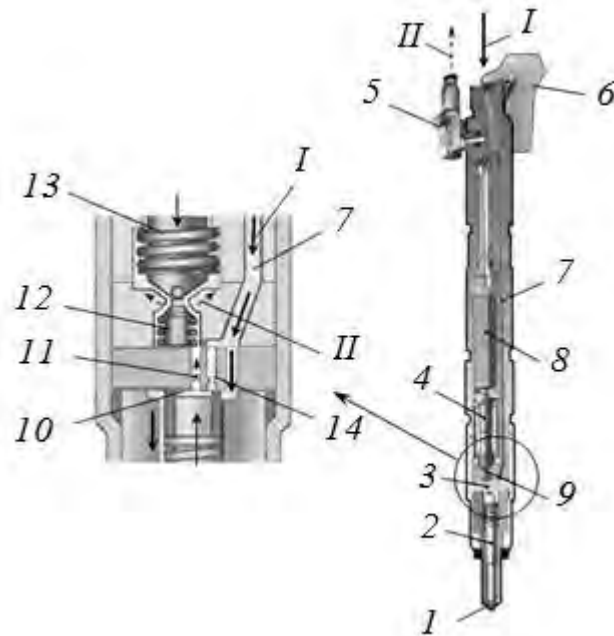


Рис. 1.29. П'єзоелектрогідравлічні форсунка:

*I – підвід палива, II – злив у дренажний паливопровід; 1 – сопла форсунки; 2 – голка розпилювача; 3 – дросельна пластина; 4 – поршень штовхача; зливний канал; 5 – зливний штуцер; 6 – електричний роз'єм; 7 – впускний напірний канал; 8 – п'єзоелемент; 9 – клапан керування; пружина; 10 – камера керування; 11 – зливний дросель; 12 – плунжер клапана; 13 – пружина; 14 – впускний дросель*

Швидкість спрацювання дає можливість використовувати багаторазове впорскування за один цикл при збереженні точного дозування палива. У циліндри двигуна перед впорскуванням основної дози палива подається невелика крапля палива ( $1 \dots 2 \text{ мм}^3$ ) «пілотне впорскування». Попереднє впорскування дозволяє паливу займатися швидше. Тиск і температура при цьому зростають повільніше, ніж при звичайному впорскуванні. Це дозволяє у дизельних двигунів, особливо з турбонаддувом, зменшити жорсткість, покращити повноту згоряння, знизити викид оксидів азоту, крім цього появляється можливість збільшення літрової потужності.

*Система запалювання* забезпечує займання у потрібний момент паливної робочої суміші у циліндрах карбюраторного та інжекторного двигунів.

Суміш у циліндрах запалюється від іскри, яка утворюється між електродами свічки. Повітряний проміжок між електродами має великий електричний опір, тому між ними треба створити високу напругу (не менше  $12\text{кВ}$ ), щоб виник іскровий розряд. Тому обов'язковим елементом будь-якої системи запалювання є перетворювач низької напруги (зазвичай,  $12\text{В}$ ) на

високу напругу (16 – 25кВ), яка подається до свічок запалювання. Іскрові розряди мають з'являтися при певному положенні поршнів та клапанів у циліндрах. Таким чином, до системи запалювання у загальному випадку повинні входити наступні основні вузли: джерело електричної енергії, підвищувач напруги (генератор імпульсів струму високої напруги), розподільник високої напруги та свічки запалювання.

Відрізняють такі основні види систем запалювання: батарейна контактна (класична система), контактнo-транзисторна, безконтактна та електронна.

Розглянемо принципову схему класичної системи запалювання (рис.1.30,а). Вона складається з джерел струму (акумуляторна батарея, генератор) 1, котушки запалювання 5, переривника 6, розподільника 10, конденсатора 14, свічок запалювання 13, вмикача (замка) запалювання (контакти 2,3), дротів високої і низької напруг. Функції генератора імпульсів струму високої напруги виконує котушка запалювання, яка за принципом дії є трансформатором. Вона має вторинну обмотку (багато витків), намотану на залізний сердечник і первинну обмотку (мало витків), намотану на вторинну (рис. 1.30,б).

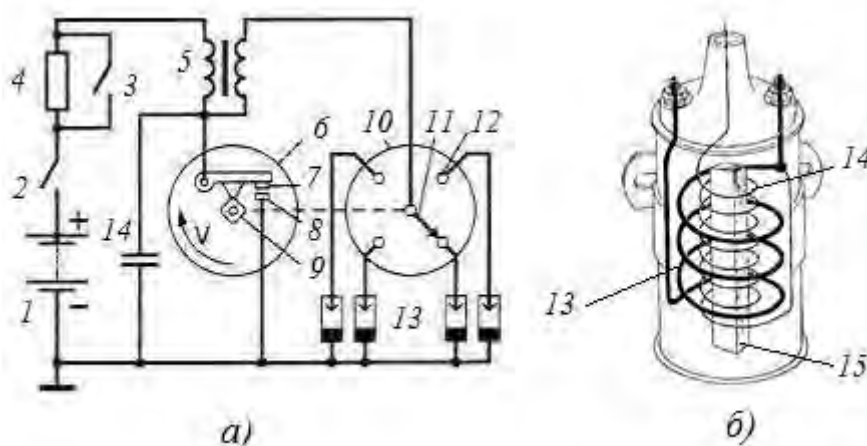


Рис. 1.30. Схема класичної батарейної системи запалювання (а) та схема будови котушки запалювання (б):

- 1 – акумуляторна батарея; 2,3 – контакти вмикача запалювання;  
 4 – додатковий резистор; 5 – котушка запалювання; 6 – переривник;  
 7,8 – рухомий і нерухомий контакти переривника; 9 – кулачок;  
 10 – розподільник; 11 – ротор (бігунок); 12 – нерухомий електрод;  
 13 – свічки запалювання; 14 – конденсатор; 15 – первинна обмотка  
 котушки запалювання; 16 – вторинна обмотка; 17 – сердечник

Принцип дії системи наступний. При вмиканні запалювання утворюється коло низької напруги: позитивний полюс акумуляторної батареї (генератора) – вмикач запалювання – додатковий резистор – первинна обмотка котушки запалювання – контакти переривника – кузов автомобіля (маса) – мінусовий полюс акумуляторної батареї. При проходженні струму первинною обмоткою котушки запалення у ній створюється магнітне поле. При розмиканні ланцюга первинної обмотки переривником магнітне поле зникає, утворюється змінне

магнітне поле, яке створює у витках вторинної обмотки електрорушійну силу. Так, як кількість витків вторинної обмотки значно більша, то і струм, що утворюється, має більшу напругу. За законами електромагнітної індукції вторинна напруга залежить від величини магнітного поля і інтенсивності його зміни, тобто від сили струму і швидкості його зменшення в первинній обмотці.

Слід зауважити, що змінне магнітне поле індукує ЕРС і у первинній обмотці – струм самоіндукції (напругою до 300 В). Цей струм негативно впливає на роботу системи: викликає іскріння і внаслідок обгорання контактів переривника, зменшує швидкість зміни струму у первинній обмотці та порушує точність подачі високої напруги до свічок.

Для зменшення впливу цих явищ на роботу системи паралельно до контактів переривника підключають конденсатор. При розмиканні контактів, коли проміжок між контактами переривника ще мінімальний і цілком може утвориться іскра, йде зарядка конденсатора. Далі конденсатор розряджатиметься через первинну обмотку котушки, створюючи у початковий момент імпульс струму зворотного напрямку, що прискорює зникнення магнітного потоку і сприяє зростанню вторинної напруги.

Додатковий резистор вимикається під час пуску двигуна й у первинну обмотку надходить струм більшої величини. Це забезпечує збільшення магнітного потоку й дає змогу отримати вищу напругу у вторинному колі, чим полегшується пуск двигуна.

До кола високої напруги входять вторинна обмотка котушки запалювання, механічний розподільник і свічки запалювання, з'єднувальні дроти високої напруги.

Механічний розподільник забезпечує розподіл струму високої напруги по свічках циліндрів двигуна. Розподільник складається з ротора і кришки. У кришці є центральний і бічні контакти. На центральний контакт подається висока напруга від котушки запалювання. Через бічні контакти висока напруга передається на відповідні свічки запалювання.

Переривник і розподільник конструктивно об'єднані в одному корпусі і приводяться в дію від колінчастого вала двигуна. Цей пристрій має загальну назву переривник-розподільник.

Встановлено, що для забезпечення оптимального процесу згоряння паливної суміші її запалювання слід здійснювати раніше досягнення поршня верхньої мертвої точки. Це випередження вимірюють кутом повороту колінчастого вала від моменту подавання напруги на свічку запалювання до потрапляння поршня у ВМТ – кутом випередження запалювання. Величина кута випередження повинна збільшуватися при збільшенні частоти обертання колінчастого вала, а також залежить від складу суміші. Для автоматичного регулювання кута випередження призначені відцентровий та вакуумний регулятори.

Відцентровий регулятор випередження запалювання змінює кут випередження запалювання залежно від числа обертів колінчастого вала двигуна. Вакуумний регулятор випередження запалювання забезпечує зміну

кута випередження залежно від навантаження на двигун. Навантаження на двигун визначається ступенем відкриття дросельної заслінки (положенням педалі газу). Вакуумний регулятор з'єднаний з порожниною за дросельною заслінкою і, в залежності від ступеня розрядження у порожнині, змінює кут випередження запалювання.

Контактно-транзисторна система є першим кроком до електронних систем запалення. Транзисторна система складається з тих самих елементів, що і класична, і працює за тим же принципом. Відмінність транзисторної системи від класичної полягає у тому, що в неї вводиться транзисторний комутатор, який керує струмом котушки запалювання, контакти ж переривника керують лише відносно невеликим струмом (0,3 – 0,8А) бази транзистора.

Принципова будова безконтактної системи запалювання аналогічно контактно-транзисторної за винятком заміни механічного переривника датчиком імпульсів, який створює електричні імпульси низької напруги, що керують роботою транзисторного комутатора.

Найбільше застосування в безконтактній системі запалювання знайшов датчик імпульсів, який використовує ефект Холла (виникнення поперечної напруги у пластині провідника зі струмом під дією магнітного поля). Датчик Холла складається з постійного магніту, напівпровідникової пластини з мікросхемою і сталевого екрана з прорізами (обтюратора). Проріз у сталевому екрані пропускає магнітне поле і в напівпровідниковій пластині виникає напруга. Сталевий екран не пропускає магнітне поле, і напруга на напівпровідниковій пластині не виникає. Чергування прорізів у сталевому екрані створює імпульси низької напруги.

Транзисторний комутатор служить для переривання струму в ланцюзі первинної обмотки котушки запалювання відповідно до сигналів датчика імпульсів. Переривання струму здійснюється за рахунок відмикання і замикання вихідного транзистора.

Сучасні автомобілі оснащуються електронним типом систем запалювання. У них висока напруга формується і розподіляється різними електронними пристроями. Електронна система запалювання, як правило, є складовою частиною системи управління двигуном. Ця система здійснює управління об'єднаною системою впорскування і запалення, а на останніх моделях автомобілів і рядом інших систем – впускний і випускний системами, системою охолодження.

Існує безліч конструкцій електронних систем запалювання (Bosch Motronic, Simos, Magneti-Marelli та ін.), що відрізняються по конструкції. Електронні системи запалення можна розділити на два види: системи запалення з розподільником та системи прямого запалювання.

Перший вид електронних систем запалювання у своїй роботі використовує механічний розподільник, за допомогою якого здійснюється подача струму високої напруги на певну свічку. У системах прямого запалення подача струму високої напруги на свічку здійснюється безпосередньо з окремої котушки запалювання.

До електронної системи запалювання входять такі елементи:

- джерело живлення;
- вимикач запалювання;
- вхідні датчики;
- електронний блок управління;
- запальник (генератор імпульсів струму котушки запалювання);
- котушка або котушки запалювання;
- дроти високої напруги (на деяких видах системи);
- свічки запалювання.

Вхідні датчики фіксують поточні параметри роботи двигуна і перетворюють їх в електричні сигнали. Ці датчики входять також до системи управління двигуном:

- датчик частоти обертання колінчастого валу двигуна;
- датчик положення розподільного валу;
- датчик масової витрати повітря;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик детонації;
- кисневий датчик;
- та інші.

Основою електронного блоку є мікропроцесор, який керує багатьма системами сучасного автомобіля. Цей процесор програмується на заводі під параметри конкретної машини з врахуванням її динамічних характеристик та призначення.

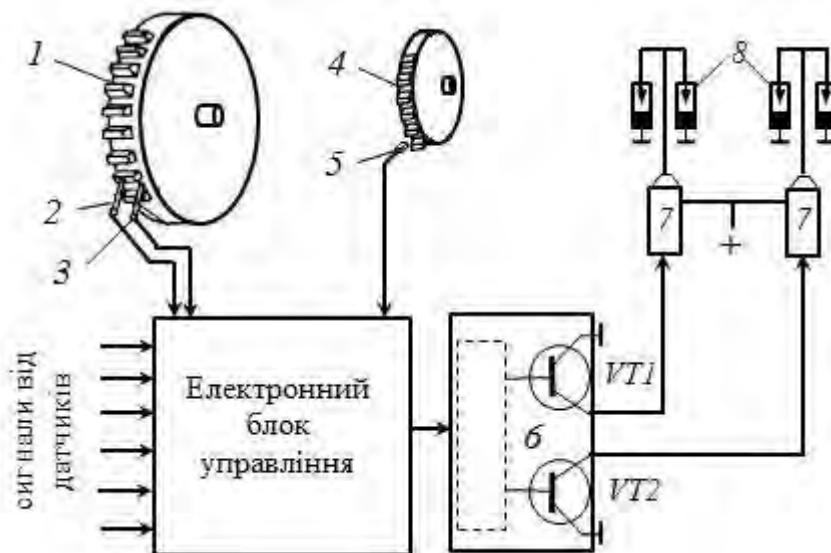


Рис. 1.32. Структурна схема прямого електронного запалення чотирьох-циліндрового двигуна:

1 – вінець маховика; 2 – датчик частоти обертання; 3 – датчик початкового положення; 4 – шків розподільного валу; 5 – датчик положення розподільного валу; 6 – запальник; 7 – котушки запалювання; 8 – свічки запалювання.

Електронний блок управління двигуном обробляє сигнали вхідних датчиків і формує сигнали, що управляють генератором імпульсів струму котушки запалювання. Мікропроцесор автоматично регулює кут випередження запалювання залежно від частоти обертання колінчастого валу, навантаження двигуна, температури охолоджуючої рідини, положення дросельної заслінки та інших параметрів. Крім цього, може керувати енергією іскри.

Генератор імпульсів струму є електронною платою, що забезпечує включення і виключення запалення. Основу запальника складає транзистор. При відкритому транзисторі струм протікає первинною обмоткою котушки запалювання, при закритому – відбувається його відсічення і наведення струму високої напруги у вторинній обмотці.

У системах прямого запалювання (рис. 1.32) використовуються здвоєні котушки запалення. На чотирициліндровому двигуні встановлюється дві такі котушки: одна для першого і четвертого циліндрів, інша – для другого і третього циліндрів. Кожна з котушок створює струм високої напруги на двох виведеннях, тому іскра запалення завжди відбувається одночасно у двох циліндрах. У одному з циліндрів вона запалює паливно-повітряну суміш, в іншому працює вхолосту, так як у цей час у циліндрі відсутня горюча суміш.

Мікропроцесорна система за рахунок відсутності контактного розподільника та переривника забезпечує стабільну (не залежну від режиму роботи двигуна) вторинну напругу у півтора рази більшу ніж контактна. Завдяки цьому свічки запалювання створюють іскру з більшою енергією і запалення відбувається стабільніше.

Електронна система за рахунок програмування мікропроцесора більш точно визначає момент займання повітряно-паливної суміші у залежності від режиму роботи двигуна. Двигун працює більш стабільно, незалежно від сезону та умов експлуатації, досягаються кращі економічні та екологічні показники. Робочий ресурс системи запалення сягає 150 тисяч кілометрів пробігу автомобіля, а в окремих випадках навіть більше. Наявність електроніки дозволяє змінювати параметри силового агрегату, не втручаючись у його технічну частину.

### **Питання для самоконтролю**

- 1. Вкажіть функції, що виконує система мащення двигуна.*
- 2. Які основні вузли входять до системи мащення?*
- 3. Які деталі двигуна змащуються під тиском?*
- 4. Який тепловий режим сприятливий для роботи ДВЗ?*
- 5. Поясніть принципову схему рідинної системи охолодження двигуна.*
- 6. Вкажіть призначення систем живлення двигуна.*
- 7. Поясніть принцип дії карбюратора.*
- 8. Вкажіть переваги інжекторної системи живлення.*
- 9. Вкажіть призначення регулятора тиску палива у системі живлення інжекторного двигуна.*
- 10. Як регулюється подача палива в інжекторних двигунах?*
- 11. Скільки насосів в системі живлення дизельного ДВЗ? Поясніть їх*

призначення.

12. Чому в системах живлення дизельних ДВЗ встановлено кілька ступенів фільтрів палива?

13. Як працює механічна форсунка?

14. Які форсунки використовують в інжекторних двигунах?

15. Які переваги мають електрогідравлічні форсунки?

16. Назвіть основні види систем запалювання.

17. Які елементи присутні у будь-якій системі запалювання?

18. Поясніть будову та принцип дії котушки запалювання.

19. З яких основних елементів складається електронна система запалювання?

#### 1.4. Джерела електричної енергії автомобіля

Система електропостачання призначена для живлення електричною енергією постійного струму напругою 12 або 24В споживачів на всіх режимах роботи автомобіля. Джерелами електричної енергії на автомобілі є генераторна установка (ГУ) та акумуляторна батарея (АКБ), які включені паралельно.

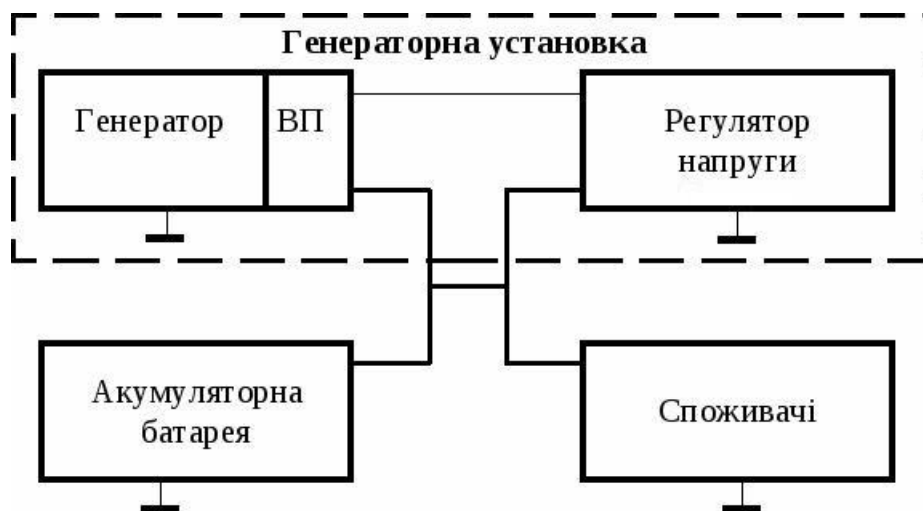


Рис. 1.33. Структурна схема електропостачання автомобіля

Структурна схема системи електропостачання автомобіля наведена на рисунку 1.33. В генераторній установці джерелом струму є електричний генератор, який приводиться в дію від колінчастого валу двигуна. Автомобільні генератори працюють у режимах змінних частот обертання та навантажень. Для автоматичної підтримки напруги на заданому рівні при зміні частоти обертання й навантаження призначений регулятор напруги. При використанні генератора змінного струму до складу ГУ входить випрямляч (ВП). При непрацюючому двигуні єдиним джерелом електроенергії є акумуляторна батарея, яка повинна забезпечити надійний пуск двигуна.

При працюючому двигуні генераторна установка є основним джерелом електроенергії і забезпечує електропостачання споживачів і зарядження акумуляторної батареї. Система електропостачання, як правило, є

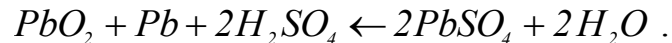


однопровідною. Усі споживачі підключаються до позитивної клеми. В якості другого дроту використовується корпус автомобіля (маса).

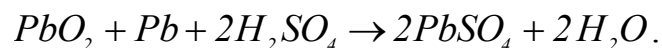
Акумуляторна батарея слугує для живлення електричним струмом стартера під час пуску двигуна, а також усіх інших приладів електрообладнання, коли генератор не працює або не може ще віддавати енергію в коло (наприклад, під час роботи двигуна у режимі холостого ходу). У автомобілях використовуються стартерні свинцево-кислотні батареї. Головною перевагою таких батарей є спроможність короткочасно створювати у колі великий струм (250 – 1000А) для запуску двигуна.

Принцип дії акумулятора заснований електрохімічних процесах у розчині електроліту (сірчаної кислоти). Акумулятори накопичують хімічну енергію внаслідок зворотних хімічних реакцій між речовиною електродів та електролітом, і віддають електричну енергію, будучи гальванічними елементами.

Якщо через такий акумулятор пропускати постійний електричний струм, то в ньому буде проходити хімічна реакція з утворенням на позитивній пластині двоокису свинцю ( $PbO_2$ ), а на негативній – чистого губчатого свинцю ( $Pb$ ). Густина електроліту в міру заряджання акумулятора буде підвищуватися за рахунок виділення іонів  $SO_4^-$  та поглинання їх водою. Напруга на клеммах акумулятора також буде підвищуватися. Такий процес називається зарядом акумулятора. Підсумкова хімічна реакція в кислотному акумуляторі при зарядженні має вигляд:



При включенні зарядженого акумулятора в зовнішнє коло буде відбуватися зворотна хімічна реакція з віддачею електричної енергії на живлення включених споживачів. Підсумкова хімічна реакція при розрядженні має вигляд:



У міру розряду пластини акумулятора будуть покриватися сульфатом свинцю, густина електроліту й напруга акумулятора будуть зменшуватися. Оскільки при заряді й розряді акумулятора змінюється густина електроліту, то за густиною електроліту можна визначати ступінь розрідженості (зарядженості) акумулятора.

Основними параметрами акумулятора є напруга і ємність. Напруга на вивідних клеммах справної й повністю зарядженої АКБ близько 12,6В. Допускається у процесі експлуатації розряджати батарею до 10,5В.

Кількість електрики в ампер-годинах ( $A \cdot год.$ ), що отримується від акумулятора при його розряді до допустимої напруги, називається ємністю. Це добуток сили розрядного струму в амперах на час розряду в годинах. Ємність залежить від кількості й розмірів пластин акумуляторів, сили розрядного струму, густини й температури електроліту, а також ступеня зарядженості, технічного стану й терміну служби акумулятора.

Номінальною ємністю акумуляторної батареї називається найменша

кількість електрики в ампер-годинах, яку повинна віддати повністю заряджена батарея при безперервному розряді її струмом, рівним 0,05 номінальної ємності, до напруги 10,5В при температурі електроліту 25°C. Номінальна ємність в основному залежить від розмірів і кількості пластин в акумуляторі.

Батарея легкового автомобіля, зазвичай, складається із шести послідовно з'єднаних акумуляторів, розміщених у шестикамерному пластмасовому баку (рис. 1.34). Кожен акумулятор містить у собі п'ять позитивних і шість негативних пластин. Позитивні і негативні пластини являють собою свинцеві ґрати, заповнені активною масою, яка і бере участь у хімічних реакціях при зарядах і розрядах акумулятора.

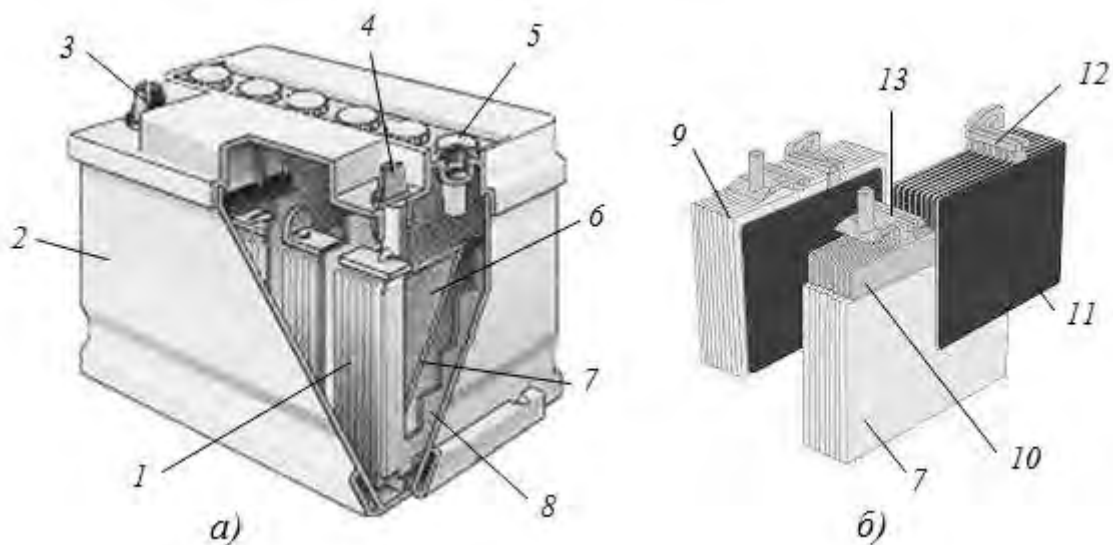


Рис. 1.34. Акумуляторна батарея:

1 – одиничний акумулятор батареї; 2 – бак акумуляторної батареї; 3,4 – клеми акумулятора; 5 – пробка з вентиляційним отвором; 6 – позитивна пластина (катод); 7 – сепаратор; 8 – негативна пластина (анод); 9 – одиничний акумулятор у зборці; 10 – блок негативно заряджених електродів; 11 – блок позитивно заряджених електродів; 12,13 – баретки

Після складної технологічної обробки пластин активна маса позитивних пластин перетворюється у двоокис свинцю ( $PbO_2$ ) (темно-коричневий колір), а негативних – у губчатий свинець ( $Pb$ ) (сірий колір).

Однорідні пластини акумулятора з'єднуються між собою за допомогою бареток. утворюють блоки позитивних і негативних пластин. Щоб запобігти зіткненню різнойменних пластин, між ними встановлені прокладки – сепаратори. Ребриста сторона сепаратора завжди звернена до позитивної пластини. При такій установці сепараторів забезпечується кращий доступ електроліту в пори активної маси позитивних пластин, що підвищує працездатність акумулятора.

Зверху кожен акумулятор закривається кришкою із двома отворами для полюсних клем від позитивних і негативних пластин. У кришках також виконані різьбові отвори під пробки для заливання електроліту й штуцери з вентиляційними отворами. На дні бака виконані ребра, на які опираються блоки

пластин. У просторі між ребрами накопичується активна маса, що згодом обсіпається (шлам).

Акумулятори з'єднують між собою за допомогою міжелементних з'єднань, які приварюються до штирів напівблоків. Крайні штирі акумуляторної батареї виконують роль плюсової і мінусової клем. Камери акумуляторів ізолювані один від одного.

*Генератор* – основне джерело електричної енергії в автомобілі. Він призначений для живлення всіх споживачів і заряджання акумуляторної батареї при середній та великій частоті обертання колінчастого вала двигуна.

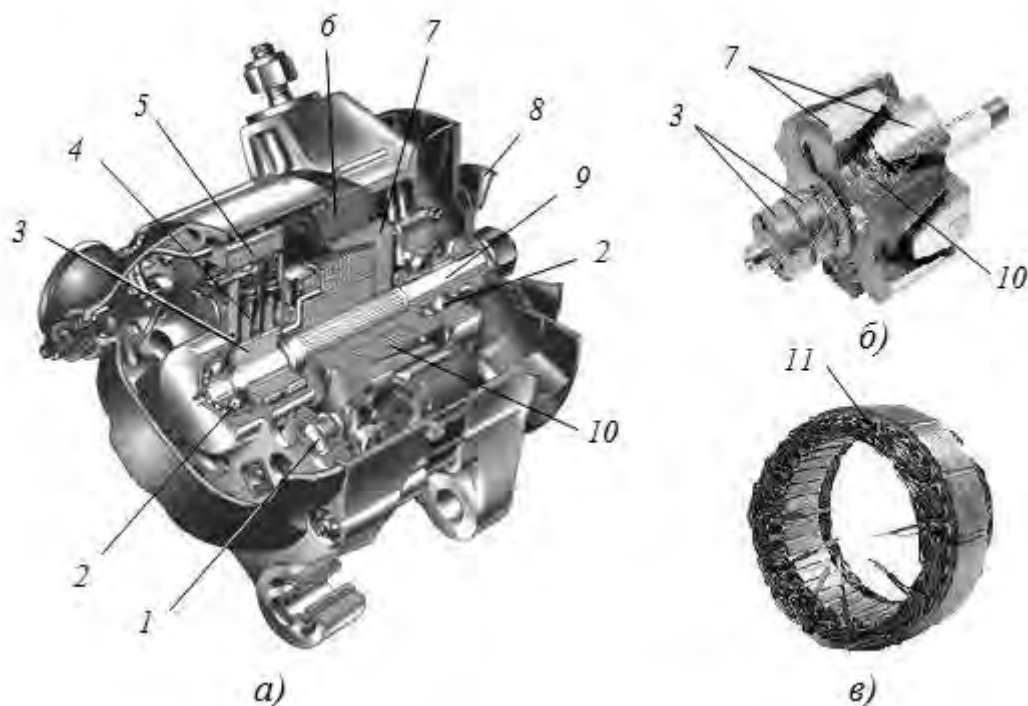


Рис. 1.35. Генератор легкового автомобіля:

*а* – загальний вигляд; *б* – ротор; *в* – статор;

*1* – випрямний блок; *2* – вальниці; *3* – контактні кільця; *4* – щітки;  
*5* – інтегральний регулятор напруги; *6* – статор; *7* – полюсний наконечник;  
*8* – шків із крильчаткою вентилятора; *9* – вал ротора; *10* – обмотка збудження ротора; *11* – обмотка статора

На сучасних автомобілях встановлюються трифазні генератори змінного струму з випрямлячами на кремнієвих діодах. Генератор (рис. 1.35) складається із статора та ротора.

*Статор* (рис. 1.35, *в*) виготовляють у вигляді кільця з окремих сталевих пластин, ізолюваних одна від одної лаком. На його внутрішній поверхні є обмотка *11*, яку розподілено на три фази, розташовані під кутом  $120^\circ$  одна відносно одної. Кожна фаза утворюється з шести котушок. Котушки однієї фази з'єднані між собою послідовно, а групи котушок – зіркою, тобто одні кінці трьох груп з'єднані між собою, а інші – виводяться в коло.

*Ротор* (рис. 1.35, *б*), складається з вала *9* обмотки збудження *10* і шести пар полюсів *7*, які створюють магнітне поле. На валу ротора встановлено два

контактних кільця 3, через які в обмотку збудження подається електричний струм. По контактних кільцях ковзають щітки 4. Ротор обертається у шарикових вальницях 2, установлених у кришках статора. Всередині задньої кришки генератора вміщено випрямний блок 1, що складається з шести кремнієвих діодів.

Частота обертів двигуна у процесі експлуатації автомобіля змінюється у широких межах. Тому для підтримки напруги на виході генераторної установки постійною існує єдина можливість – регулювання магнітного потоку обмотки збудження. Зі збільшенням частоти обертання ротора зростає ЕРС і напруга генератора перевищує регульоване значення. При цьому регулятор напруги зменшує струм збудження, що приводить до зменшення магнітного потоку, ЕРС і напруги генератора. Зниження напруги приводить до необхідності збільшення струму збудження. Цей процес повторюється періодично, завдяки чому напруга генератора коливається біля регульованого значення.

Змінення струму збудження, а, отже, магнітного потоку можна домогтися трьома способами:

- замиканням обмотки збудження;
- перериванням кола збудження;
- включенням послідовно з обмоткою збудження додаткового резистора.

Останній спосіб має два різновиди:

- традиційне регулювання з частотою переключення, яка змінюється зі зміною режиму роботи генератора;
- регулювання зі стабілізованою частотою переключення, за принципом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).



Рис. 1.36. Структурна схема регулятора напруги

Структурна схема регулятора напруги наведена на рисунку 1.36. Регулюючий орган за командою схеми порівняння виконує відповідні комутації в колі обмотки збудження. Команда виробляється на підставі порівняння інформації про рівень напруги на виході генераторної установки, яка поступає із чутливого елемента, та про рівень стабілізованої напруги, яка поступає із задаючого елемента. Описаний вище принцип регулювання може бути реалізований пристроями різного типу. На автомобілях знайшли широке застосування контактні (вібраційні), контактнотранзисторні і безконтактні регулятори напруги.

### Питання для самоконтролю

1. Поясніть структурну схему електропостачання автомобіля.
2. Як побудована стартерна акумуляторна батарея?
3. Поясніть принцип роботи батареї.
4. Дайте визначення поняття «ємність акумулятора».
5. Поясніть принцип дії автомобільного генератора.
6. Поясніть принцип дії регулятора напруги.

### 1.5. Шасі автомобіля

Трансмсія автомобіля призначена для передачі потужності від двигуна до ведучих коліс та регулювання її параметрів: крутного моменту, частоти і напрямку обертання, в залежності від навантаження та дорожніх умов.

Трансмсія повинна забезпечувати:

- достатній діапазон регулювання крутного моменту, що передається до ведучих коліс, при високому коефіцієнті корисної дії;
- можливість рушання з місця;
- рух заднім ходом;
- короткочасний так і довгостроковий холостий хід двигуна.

Трансмсії за способом передачі потужності поділяють на: механічні; гідравлічні; електричні; комбіновані (гідромеханічні, електромеханічні). У найбільш поширеному варіанті трансмісія включає наступні агрегати і механізми:

- зчеплення;
- коробку передач;
- кардану передачу;
- головну передачу і диференціал, які звичайно конструктивно об'єднані у один вузол – ведучий міст;
- вали ведучих коліс.

Схема трансмісії автомобіля визначається його загальним компонованням: розміщенням двигуна; кількістю й розташуванням ведучих мостів; видом трансмісії. Автомобілі найчастіше мають переднє розташування двигуна, задні або передні ведучі колеса й центральне розміщення агрегатів трансмісії (рис. 1.37). Звичайно двигун 1, зчеплення 2 й коробка передач 3 об'єднані в один блок і утворюють силовий агрегат. Крутний момент від коробки передач 3 передається карданною передачею 4 на ведучий задній міст 5 (рис. 1.37,а).

Істотні відмінності має трансмісія передньоприводного автомобіля (рис.1.37, б), де ведучим є передній міст із керованими колесами. В єдиний силовий агрегат об'єднано двигун 1, зчеплення 2, коробку передач і механізми ведучого моста 5 (головна передача й диференціал). Далі крутні моменти через карданні шарніри однакових кутових швидкостей 6 передаються на передні керовані колеса.

Характерна особливість трансмісії повнопривідного автомобіля з колісною формулою 4×4 полягає в застосуванні роздавальної коробки 7 (рис. 1.37,в), яка через проміжні карданні вали 9 передає крутний момент передньому 8 і

задньому 5 ведучим мостам. У роздавальній коробці є пристрій для вмикання й вимкнення переднього моста й додаткова знижувальна передача, що дає змогу в разі потреби істотно збільшити крутний момент на колесах автомобіля.

Схему механічної трансмісії триосних вантажних автомобілів (колісна формула 6×4) показано на рисунку 1.37,з. Тут середній 10 і задній 5 мости ведучі. Крутий момент до них передається одним карданним валом 4, а в головній передачі середнього моста передбачено міжосьовий диференціал і прохідний вал, який передає крутний момент на карданний вал 11 привода заднього моста. В інших схемах трансмісій триосних автомобілів крутний момент до ведучих мостів може передаватись окремо карданними валами від роздавальної коробки.

Зчеплення автомобіля призначено для короткочасного роз'єднання двигуна з коробкою передач та плавного їх з'єднання. Це потрібно у разі перемикавання передач і рушення автомобіля з місця.

На легкових і вантажних автомобілях найчастіше застосовується однодискове зчеплення фрикційного типу (рис. 1.38), яке складається з механізму і приводу вимкнення. Механізм зчеплення розміщений на маховику двигуна, а привід – на нерухомих деталях, які встановлені на рамі або кузові автомобіля.

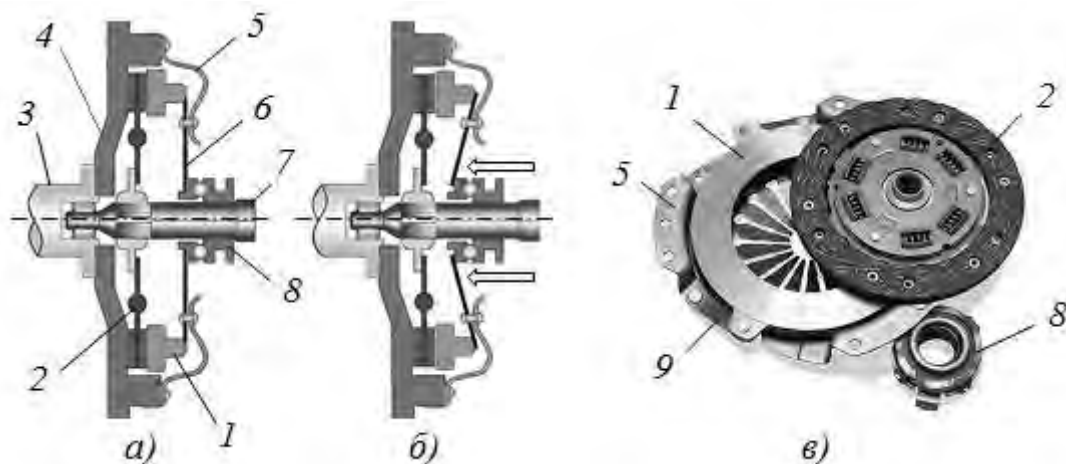


Рис. 1.38. Схема фрикційного зчеплення з діафрагмовою пружиною:

*а* – зчеплення увімкнуте; *б* – зчеплення вимкнуте; *в* – загальний вигляд зчеплення: 1 – натискний диск; 2 – ведений диск; 3 – колінчастий вал двигуна; 4 – маховик; 5 – розетка; 6 – діафрагмова пружина; 7 – первинний вал коробки передач; 8 – муфта з віджимною вальницею; 9 – тангенціальна плоска пружина

Основні деталі механізму зчеплення (рис. 1.38): ведений диск 2, який встановлений на шліці первинного валу 7 коробки передач; натискний диск 1; діафрагмова пружина 6, яка виготовлена у вигляді зсиченого конусу. Радіально розміщені пелюстки пружини створюють пружні елементи та є одночасно віджимними важелями. Пружина шарнірно закріплена до розетки зчеплення 5. Розетка прикріплюється до маховика двигуна 4. Ведений диск за допомогою шліцьового з'єднання під'єднаний до первинного валу коробки передач. Таке

з'єднання дозволяє повздовжні переміщення веденого диску відносно валу при вимиканні зчеплення. Для збільшення зчеплення між деталями на веденому диску встановлюються фрикційні накладки з матеріалу з високим коефіцієнтом тертя.

Крім цього, для компенсації коливань при вмиканні зчеплення у конструкції диска передбачені пружини. Циліндричні пружини компенсують крутильні коливання, пластинчасті забезпечують плавне притискання диску до маховика. При вмиканні зчеплення зусилля на веденому диску збільшуватиметься поступово, внаслідок чого диск проковзуватиме відносно маховика й вони плавно з'єднаються до моменту повного ввімкнення. Для відведення теплоти, що виділяється під час вмикання зчеплення, на кожусі є отвори, крізь які циркулює повітря.

Коли педаль зчеплення відпущена, діафрагмова пружина притискає ведений диск через натискний до маховика. Такий стан зчеплення називається ввімкненим, крутний момент від маховика передається за допомогою сил тертя на ведений диск і далі на вал 7 коробки передач.

При натискуванні на педаль муфта 8 переміщується разом з віджимною вальнецею в бік маховика, натискає на пелюстки діафрагмової пружини. При цьому зовнішня частина пружини, переміщуючись у зворотному напрямку, відходить від кільцевого виступу на віджимному диску і через фіксатори відводить його від веденого диску. Зчеплення між маховиком та веденим диском припиняється, двигун від'єднується від трансмісії.

На легкових автомобілях частіше застосовують гідравлічний або електричний привод вимикання зчеплення. На вантажних автомобілях для полегшення керування зчепленням у приводі вимикання іноді застосовують пневматичний підсилювач.

*Коробка передач* призначається для зміни у широкому діапазоні частоти обертання і крутного моменту, що передаються від двигуна на ведучі колеса, а також зміни напрямку обертання і тривалого від'єднання двигуна від ведучих коліс. На сучасних автомобілях застосовують механічні ступінчасті коробки передач із зубчастими шестернями або гідромеханічні (автоматичні) коробки.

Механічні ступінчасті коробки передач - це зубчастий редуктор з перемінним передаточним відношенням. Ступінчаста коробка передач складається з набору шестерень, які входять у зачеплення один з одним у різних варіантах, утворюючи декілька передач або ступенів з різними передаточними числами. Градація передаточних відношень передач визначається у залежності від характеристик двигуна та динамічних характеристик автомобіля. Чим більше число передач, тим краще автомобіль "приспосовується" до змінних умов руху.

Коробка передач повинна працювати безшумно, з мінімальним зносом. Цього досягають використанням шестерень з косими зубами. Кількість передач переднього ходу для легкових автомобілів звичайно дорівнює п'яти (без урахування передачі заднього ходу). Багатоступінчасті коробки передач з

числом ступенів 6...15 встановлюють на вантажні автомобілі великої вантажопідйомності та високої прохідності.

Класична коробка передач має три вали (рис. 1.39). Крутний момент від зчеплення потрапляє на вхідний вал *1* звідки зубчастою передачею *2*, *19*, яка знаходиться у постійному зчепленні, передається на проміжний вал *18*.

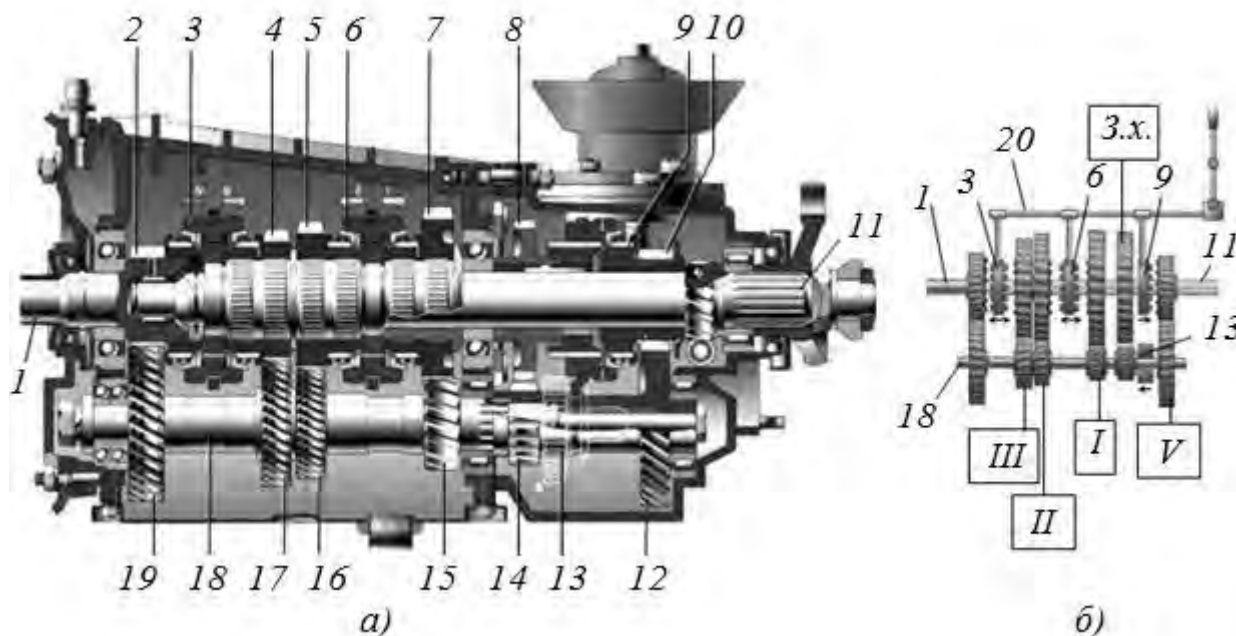


Рис. 1.39. Розріз (*а*) та схема передач (*б*) трьохвальної коробки передач:  
*1* – первинний вал; *2* – шестерня постійного зачеплення первинного валу;  
*3* – муфта-синхронізатор III і IV передач; *4,17* – шестерні III передачі;  
*5,16* – шестерні II передачі; *6* – муфта-синхронізатор I і II передач;  
*7,15* – шестерні I передачі; *8,14* – шестерні передачі заднього ходу;  
*9* – муфта-синхронізатор V передачі; *11* – вторинний(вихідний) вал;  
*10,12* – шестерні V передачі; *13* – проміжна шестерня заднього ходу;  
*18* – проміжний вал; *19* – шестірня постійного зачеплення проміжного валу; *20* – механізм перемикування передач

На проміжному валу жорстко закріплені ведучі шестерні *I*, *II*, *III*, *V* та передачі заднього ходу. На вторинному валу *11* розміщені ведені шестерні передач та муфти перемикування передач. Ведені шестерні, крім шестерні заднього ходу, встановлені на роликівих вальниціях і знаходяться у постійному зчепленні з відповідними шестернями проміжного валу. Таким чином, ведені шестерні вільно обертаються відносно вторинного валу і крутного моменту на нього не передають.

Муфти перемикування передач за допомогою шліцьового з'єднання мають жорсткий зв'язок із вторинним валом. Для вмикання передачі потрібно з'єднати відповідну ведену шестерню з муфтою. Тоді крутний момент від шестерні проміжного валу, буде передаватися муфті, а через шліцьове з'єднане вторинному (вихідному) валу.



З'єднання муфти з шестернею передачі відбувається зчепленням зубчастих вінців, які розміщені на торцевих поверхнях шестерень та пересувній частині муфти.

Для вирівнювання частот обертання шестерні і муфти при їх з'єднанні передбачений пристрій синхронізації. Зазвичай, це два конуси: на шестерні зовнішній на муфті внутрішній. При пересуванні муфти до шестерні попередньо у контакт входять конуси. За рахунок тертя між ними швидкості обертання муфти та шестерні вирівнюються. При подальшому пересуванні муфти відбувається безударний вхід зубців вінця муфти у проміжки між зубами вінця шестерні. Із-за наявності синхронізаторів у муфтах останні називають муфти-синхронізатори або просто – синхронізатори .

Четверта передача вмикається зчепленням муфти 3 з шестернею вхідного валу 2. При цьому крутний момент передається безпосередньо з первинного валу 1 на вторинний вал 2, обминаючи шестірні проміжного валу. Частота обертання обох валів буде однаковою, а величина крутного моменту, що передається, не змінюється, тому цю передачу називають прямою.

Для включення задньої передачі по своїй осі пересувається проміжна шестерня 13 до зчеплення з шестернями заднього ходу на проміжному та вторинному валах. При цьому останній обертатиметься у зворотному напрямку, забезпечуючи зворотне обертання ведучих коліс автомобіля. Переміщення муфт здійснюється за допомогою важільного механізму.

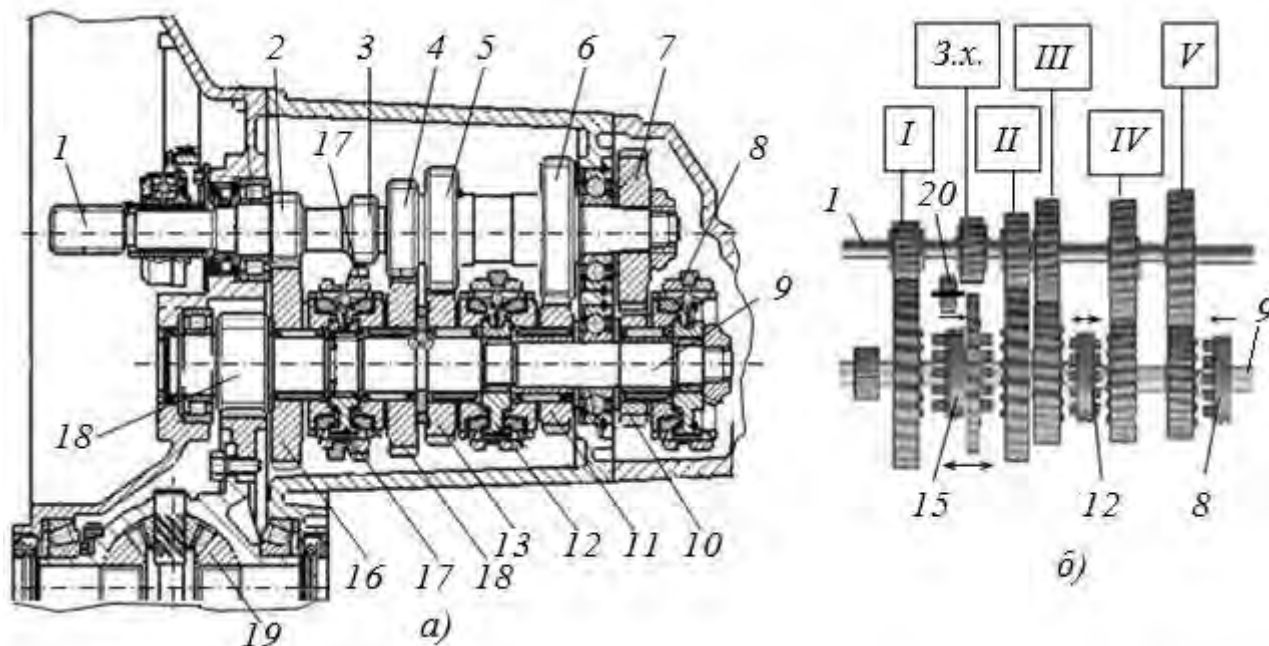


Рис. 1.40. Розріз (а) та схема передач (б) двовальної коробки передач:

- 1 – первинний вал; 2,16 – шестерні I передачі; 3 – шестерня передачі заднього ходу; 4,14 – шестерні II передачі; 5,13 – шестерні III передачі; 6,11 – шестерні IV передачі; 7,10 – шестерні V передачі; 8 – муфта-синхронізатор V передачі; 9 – вихідний вал; 12 – муфта-синхронізатор III і IV передач; 15 – муфта-синхронізатор I і II передач; 17 – зубчастий вінець задньої передачі; 18 – ведуча шестірня головної передачі; 19 – диференціал; 20 – проміжна шестерня заднього ходу

У трансмісіях передньоприводних автомобілів звичайно використовують двовальні коробки передач (рис. 1.40). Такі коробки в одному корпусі поєднують механізм передач, а також головну передачу та диференціал. Особливістю двовальної коробки є розміщення ведучих шестерень передач на вхідному валу. На вихідному валу на вальниціх встановлені ведені шестерні передач та закріплені муфти-синхронізатори, а також ведуча шестерня головної передачі 18. В якості веденої шестерні заднього ходу використовується зубчастий вінець на бічній поверхні муфти вмикання I та II передач 5. У цілому принцип роботи коробки аналогічний попередньому випадку.

Автоматична коробка перемикачів передач (АКПП) є елементом трансмісії сучасного автомобіля, головне призначення якого – прийом, передача, зміна крутного моменту, напрямку і швидкості руху. Основні вузли АКПП (рис. 1.41):

1. Гідротрансформатор – пристрій, який за допомогою робочої рідини перетворює та передає крутний момент від вхідного валу до планетарного редуктора.

2. Планетарний редуктор – це система планетарних передач, яка змінює крутний момент та швидкість обертання (також напрям обертання) відповідно до умов руху.

3. Система гідравлічного керування (гідроблок) – складний гідромеханічний комплекс, призначений для керування планетарною системою.

4. Пристрої перемикачів передач – пакети фрикціонів, гальмівна стрічка.

5. Електронний блок керування – мікропроцесор, який за допомогою гідроблоку керує перемикачними передачами у залежності від умов руху.

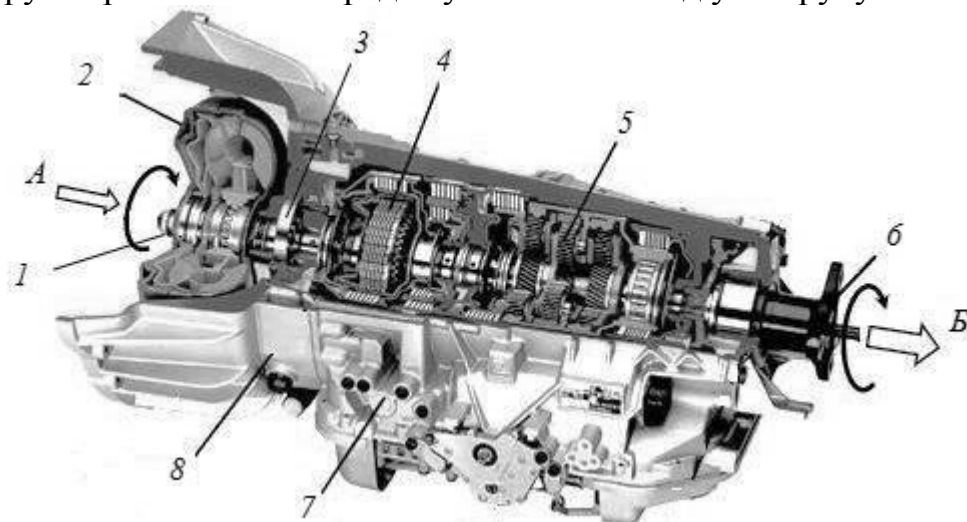


Рис. 1.41. Автоматична коробка передач у розрізі:

1 – вхідний вал; 2 – гідротрансформатор; 3 – масляний насос; 4 – пакет фрикціонів; 5 – планетарний редуктор; 6 – вихідний вал; 7 – пристрій гідравлічного керування; 8 – картер; А – вхід крутного моменту від двигуна; Б – вихід крутного моменту з АКПП

Гідротрансформатор (рис. 1.42) складається з таких основних деталей: насосного та турбінного коліс, реактора, блокувальної муфти. Він заповнений спеціальним трансмісійним маслом. Насосне колесо з'єднане з вхідним валом АКПП. При обертанні лопаті насосного колеса розганяють та спрямовують потік масла на лопаті турбінного колеса. Останнє починає обертатися. Потік масла з турбінного колеса проходить через лопаті реактора і повертається до насосного колеса. Таким чином, циркуляція масла між насосним та турбінним колесами забезпечує передачу крутного моменту між ними.

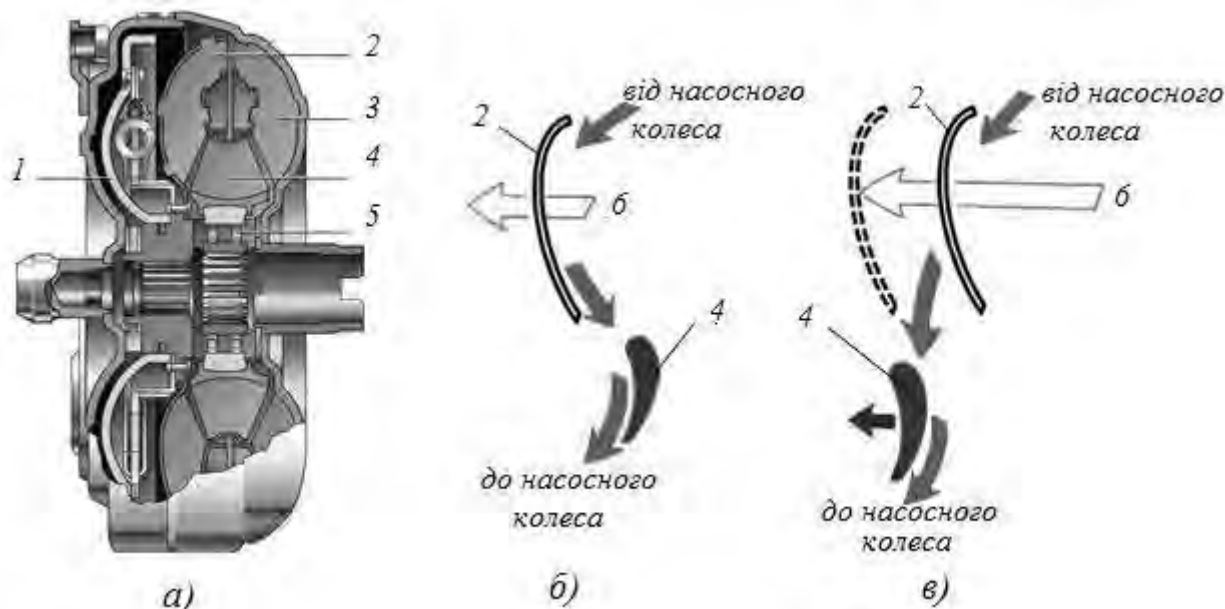


Рис. 1.42. Розріз гідротрансформатора (а) та схеми руху масла у гідротрансформаторі при розгоні автомобіля (б) і при постійній швидкості (в):

1 – блокувальна муфта; 2 – турбінне колесо; 3 – насосне колесо;  
4 – реакторне колесо; 5 – обгонна муфта б – напрям руху лопаті турбінного колеса

Гідротрансформатор в АКПП виконує функцію зчеплення, але також забезпечує плавний набір потужності у перехідних режимах роботи двигуна. Так, перед початком руху насосне колесо обертається, реакторне та турбінне – нерухомі (рис. 1.42, б). Насосне колесо набирає обертів і потоками масла розкручує турбінне. Масло, що відкидається назад турбінним колесом, потрапляє на нерухомі лопаті реактора, які додатково підкручують потік масла, збільшуючи його кінетичну енергію, і направляють під оптимальним кутом на лопаті насосного колеса. Внаслідок збільшується крутний момент, що і потрібно при розгоні автомобіля. Відношення моментів на вході і та виході гідротрансформатора – коефіцієнт трансформації. В автомобільних гідротрансформаторах коефіцієнт трансформації складе 2–3,5 при ККД 0,9.

Коли автомобіль розігнався, і рухається з постійною швидкістю, насосне та турбінне колеса обертаються приблизно з однаковими швидкостями. При цьому потік масла від турбінного колеса потрапляє на лопаті реактора вже з іншого боку. Обгінна муфта, на який закріплене реакторне колесо,

розблоковується, реактор починає обертатися. Збільшення крутного моменту не відбувається, гідротрансформатор переходить у режим гідромуфти (рис. 1.42, в).

Якщо ж опір руху автомобіля зріс (наприклад, автомобіль їде вгору), швидкість обертання коліс автомобіля, а відповідно і турбінного колеса падає. У цьому випадку потоки масла знову зупиняють реактор – крутний момент зростає. Внаслідок здійснюється автоматичне регулювання крутного моменту залежно від режиму руху.

З метою покращення економічності роботи гідротрансформатора передбачається його блокування при наближенні частот обертання насосного та турбінного колес. У разі підвищення навантаження на колесах автомобіля блокування автоматично вимикається.

У АКПП для зміни крутного моменту та швидкості обертання використовують планетарний редуктор. Планетарна передача компактніша, вона забезпечує більш швидке і плавне перемикавання швидкостей без розриву передачі потужності двигуна. Планетарні передачі відрізняються довговічністю, тому що навантаження передається декількома сателітами, що знижує напруження у зубах шестерень.

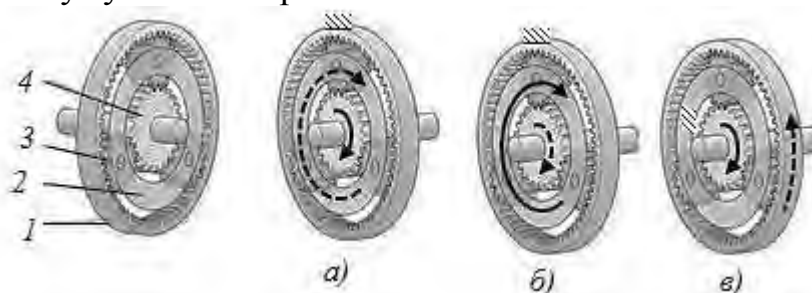


Рис. 1.43. Схема планетарного механізму та випадки передачі руху на різних передачах: зменшувальної (а), збільшувальної (б) та передачі заднього ходу (в): 1 – коронна шестерня; 2 – водило; 3 – сателіти; 4 – сонячна шестерня

В одинарній планетарній передачі крутний момент передається за допомогою будь-яких (залежно від обраної передачі) двох її елементів, з яких один є ведучим, другий – веденим. Третій елемент при цьому нерухомий. Різні комбінації дозволяють отримувати різні передаточні відношення.

При фіксації коронної шестерні та подачі крутного моменту на сонячну шестерню обертається водило (рис. 1.43, а). У цьому випадку забезпечується максимальне значення передаточного відношення (знижувальна передача).

Якщо при загальмованій коронній шестерні подати крутний момент на водило, та сонячна шестерня почне обертатися з підвищеною швидкістю (рис. 1.43, б). Передаточне відношення менше одиниці – підвищувальна передача.

У випадку фіксації водила сонячна та коронна шестерні будуть обертатися у різних напрямках (рис. 1.43, в). Ведучою ланкою у цьому випадку є сонячна шестерня, таким чином вмикається передача заднього ходу.

Для отримання прямої передачі необхідно зафіксувати між собою два будь-які елементи, які відіграватимуть роль веденої ланки, третій елемент при такому включенні є ведучим. Загальне передатне відношення такого зачеплення дорівнює 1.

Таким чином, один планетарний механізм може забезпечити три передачі для руху вперед (знижувальну, пряму та підвищуючу) та передачу заднього ходу.

Передаточні відношення одиночного планетарного ряду не дають можливості оптимально використовувати крутний момент двигуна. Тому в АКПП використовують з'єднання двох або трьох таких механізмів.

Гідравлічна система керування АКПП разом з електронним блоком призначена для автоматичного керування трансмісією. Гідравлічна система є комплексом, що складається з резервуару (піддону з магнітом для збору металевих стружки – результату зносу елементів автомата), масляного насоса, відцентрового регулятора, системи клапанів, виконуючих пристроїв (гідроциліндрів) та масляних каналів (магістралей).

Електронна система управління використовує для роботи два основні параметри: швидкість руху автомобіля та навантаження на двигун. Для визначення цих параметрів використовуються датчики: частоти обертання на вході коробки передач, частоти обертання на виході коробки передач, температури робочої рідини, положення важеля селектора, положення педалі акселератора. Крім того, блок управління АКПП отримує додаткову інформацію від блоку управління двигуном та інших електронних систем автомобіля (наприклад, АБС). Це дозволяє більш точно, ніж у звичайній АКПП, визначати моменти перемикачів та блокування гідротрансформатора.

АКПП з електронним керуванням використовують гідравліку для включення муфт (фрикціонів) та гальмівних стрічок. Кожен гідравлічний контур керується електромагнітним клапаном.

*Головна передача* призначена для збільшення крутного моменту та зміни його напрямку під прямим кутом до поздовжньої осі автомобіля. Зазвичай, вона є кінчною зубчастою передачею.

Залежно від кількості шестерень головні передачі поділяють на: одинарні кінчні, що складаються з однієї пари шестерень. У свою чергу, вони поділяються на прості й гіпоїдні. Існують також подвійні передачі, які складаються з пари кінчних і пари циліндричних шестерень (для потужних вантажних автомобілів та автомобілів підвищеної прохідності) (рис. 1.44, в).

У більшості автомобілів одинарні кінчні передачі мають зубчасті колеса з гіпоїдним зачепленням (рис. 1.44, б).

Гіпоїдні передачі порівняно з простими кінчними мають низку переваг: у них ось ведучого колеса, розташована нижче від осі веденого, що дає змогу опустити нижче кардану передачу, а отже, знизити підлогу кузова легкового автомобіля. Внаслідок цього опускається центр ваги й підвищується стійкість автомобіля. Крім того, гіпоїдна передача має потовщену форму основи зубів шестерень, що підвищує їхню міцність.

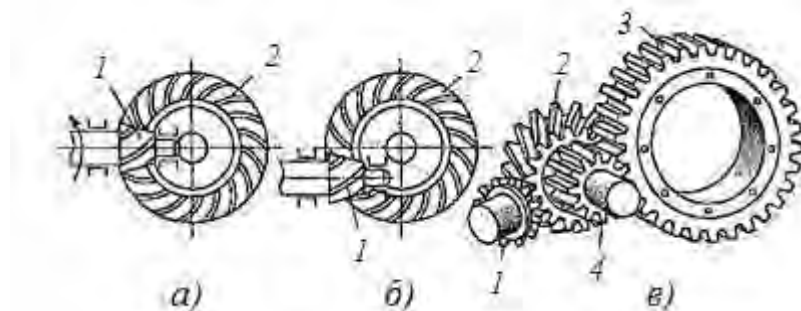


Рис. 1.44. Головні передачі:

*а – одинарна конічна проста; б – гіпоїдна; в – подвійна головна;  
1, 2 – відповідно ведуча й ведена конічні шестерні; 3, 4 – відповідно  
ведена й ведуча циліндричні шестерні*

Вхід головної передачі з'єднується з карданною передачею або з вихідним валом коробки передач (для автомобілів з переднім приводом), а вихідне колесо жорстко з'єднано з корпусом диференціала. Тому головну передачу та диференціал розміщують у одному картері (для задньоприводних автомобілів у задньому місті).

*Диференціал* призначається для поділу потужності, отриманої від головної передачі, між ведучими колесами автомобіля. Крім цього, він надає змогу обертатися з різною швидкістю колесам під час повороту автомобіля й на нерівностях дороги.

На автомобілях, як правило, застосовують шестеренчастий симетричний конічний диференціал (рис. 1.45, *а*). За будовою це планетарний механізм просторового типу. Він складається з двох півосьових (сонячних) шестерень *1*, сателітів *2* та корпусу (води́ла) *3*, до якого закріплені осі сателітів.

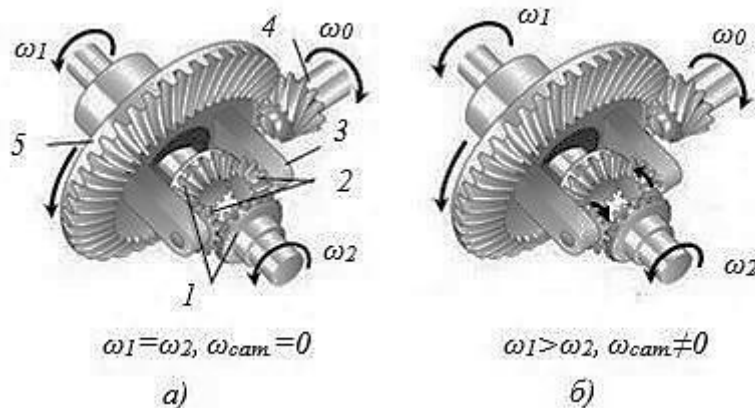


Рис. 1.45. Будова та принцип дії диференціала:

*а – рух автомобіля прямо; б – поворот автомобіля;  
1 – півосьові шестерні; 2 – сателіти, 3 – корпус диференціала;  
4,5 – відповідно ведуча й ведена шестерні головної передачі*

Півосьові шестерні жорстко з'єднуються з ведучими колесами автомобіля. У більшості випадків використовують два сателіти, які розміщені на одній осі (для автомобілів великої потужності – три сателіти). Корпус

кріпиться до веденої шестерні головної передачі.

Під час обертання веденої шестерні 5 головної передачі крутний момент передається на корпус 3, далі через сателіти 2 на півосьові шестерні 1.

Під час руху автомобіля прямо по рівній дорозі ведучі колеса зустрічають однаковий опір і обертаються з однаковою частотою. Сателіти навколо своєї осі не обертаються, й на обидва колеса передається однакова потужність (рис. 1.45, *a*). Як тільки умови руху змінюються, наприклад на повороті (рис. 1.45, *б*), права піввісь починає обертатися повільніше, оскільки колесо, з яким вона зв'язана, зустрічає збільшений опір. Сателіти починають обертатися навколо своєї осі, обкочуючись по півосьовій шестерні (правий), що її сповільнює, й збільшує частоту обертання лівої півосі. У результаті ліве колесо прискорює своє обертання і проходить більший шлях дугою зовнішнього радіуса.

Водночас зі зміною швидкостей півосьових шестерень змінюється крутний момент на колесах – на колесі, яке прискорюється, момент зменшується. Оскільки диференціал розподіляє моменти на колеса порівну, то у цьому випадку на колесі, що сповільнюється, також зменшується момент. У результаті тягові властивості автомобіля погіршуються. Це негативно впливає на прохідність автомобіля під час руху по бездоріжжю та на слизьких дорогах. Проте на дорогах із добрим зчепленням шестеренчастий конічний диференціал забезпечує кращі стійкість і керованість.

Для підвищення прохідності автомобіля під час руху по бездоріжжю застосовують диференціали з примусовим блокуванням або самоблокуванням.

*Ходова частина* складається з рами (у випадку легкових автомобілів – із несучого кузова), переднього та заднього мостів (осей), підвіски і коліс із пневматичними шинами.

Рама – це основний несучий елемент вантажного автомобіля. На неї встановлюється і закріплюється двигун, агрегати шасі, кабіна і кузов автомобіля. Рама сприймає навантаження від маси автомобіля, а також навантаження, що виникають під час руху. Нині рамні конструкції застосовуються, як правило, на вантажній і тракторній техніці, але нерідко вони зустрічаються і на позашляховиках.

На вантажних автомобілях найпоширеніші лонжеронні рами (рис. 1.46). Така рама має два лонжерони 1 і декілька поперечин 2.

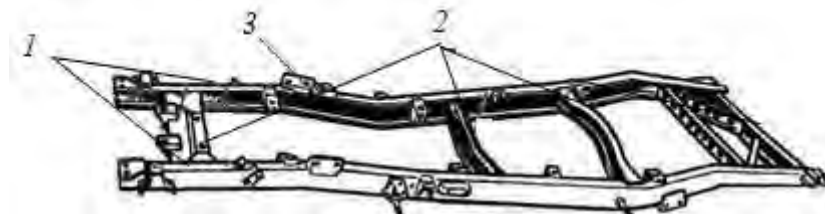


Рис. 1.46. Лонжеронна рама автомобілів:  
1 – лонжерони; 2 – поперечини; 3 – кронштейни

Лонжерони штампуються зі сталі й мають форму швелера змінного профілю. Найбільша висота профілю у середній частині рами. Поперечини

також виготовляють штампуванням за формою пристроїв та агрегатів (двигуна, коробки передач та ін.), що на них встановлюються. Поперечини й лонжерони з'єднують між собою зварюванням. До лонжеронів і поперечин приварюють або приклепують кронштейни 3, потрібні для кріплення різних агрегатів або частин автомобіля.

*Підвіска автомобіля* передає рухові, гальмівні та бокові зусилля, що виникають між колесами автомобіля та дорогою, на раму або кузов автомобіля. Також за рахунок пружного зв'язку рами (кузова) з колесами, підвіска пом'якшує удари, поштовхи, що сприймаються ними під час їзди по нерівностях дороги. Пружні властивості підвіски зумовлені застосуванням пружного елемента. Робота підвіски ґрунтується на перетворенні енергії удару в разі наїзду колеса на нерівність дороги у переміщення пружного елемента підвіски, внаслідок чого сила удару, що передається на кузов, зменшується, підвищується плавність ходу автомобіля.

За характером взаємодії коліс і кузова під час руху автомобіля всі підвіски поділяють на:

- залежні;
- незалежні.

Залежна підвіска (рис. 1.47, *а*) забезпечує жорсткий зв'язок між лівим і правим колесом, у результаті чого переміщення одного з них у поперечній площині передається іншому й спричинює нахил кузова.

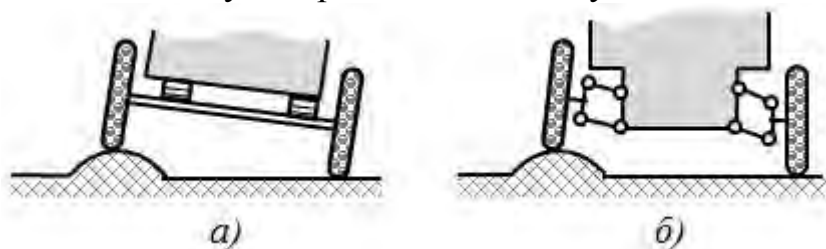


Рис. 1.47. Схеми підвісок автомобілів:  
*а* – залежної; *б* – незалежної

Незалежна підвіска (рис. 1.47, *б*) характеризується відсутністю жорсткого зв'язку між колесами одного моста. Кожне колесо під'єднане до кузова незалежно від іншого колеса. У результаті при наїзді одним колесом на нерівності дороги коливання його не передаються іншому колесу, зменшується нахил кузова й підвищується, у цілому, стійкість автомобіля під час руху.

Підвіска автомобіля складається з таких пристроїв:

- пружного елемента;
- напрямного пристрою;
- гасильного елемента.

Як пружний елемент у підвісках використовують металеві листові ресори, циліндричні пружини, торсіони (стержні, що працюють на скручування). Неметалеві пружні елементи: гума, стиснене повітря. Вони менш поширені, ніж металеві. Іноді у підвісках застосовують комбіновані пружні елементи, які складаються з металевих і неметалевих елементів.



Напрямний пристрій підвіски передає зусилля руху та інші від коліс на раму або кузов автомобіля. У разі підвіски з пружинами, це важелі й штанги підвіски. У ресорній підвісці сама листова ресора передає поздовжні й бокові зусилля, завдяки чому конструкція підвіски спрощується.

У разі наїзду на перешкоду пружний елемент стискується або розпрямлюється, що викликає його подальші коливання. Зазвичай частоту близько 80 коливань за хвилину людина сприймає безболісно. Менша частота може викликати заколисування до нудоти, а більш висока, до 400 – 600 кол./хв, сприймається болісно, як тряска. Особливо неприємним для людини у процесі коливань є прискорення. Мізерно мале вертикальне прискорення  $0,11-0,12 \text{ м/с}^2$  вже відчувається людиною, більше  $2 \text{ м/с}^2$  викликає неприємні відчуття. Для захисту кузова автомобіля, а отже, і людини, від зайвих коливань застосовують амортизатори – гасителі коливань. Їх встановлюють паралельно з пружним елементом підвіски.

На сучасних легкових автомобілях частіше використовують наступні конструкції незалежної підвіски:

- двоважільну;
- McPherson;
- багатоважільну.

Двоважільна підвіска з коротким верхнім і довгим нижнім важелями (рис. 1.48) забезпечує мінімальні поперечні переміщення колеса і незначні кутові переміщення при ході колеса вгору й вниз.. Вони шкідливі для бічної стійкості автомобіля й викликають швидкий знос шин. і навіть

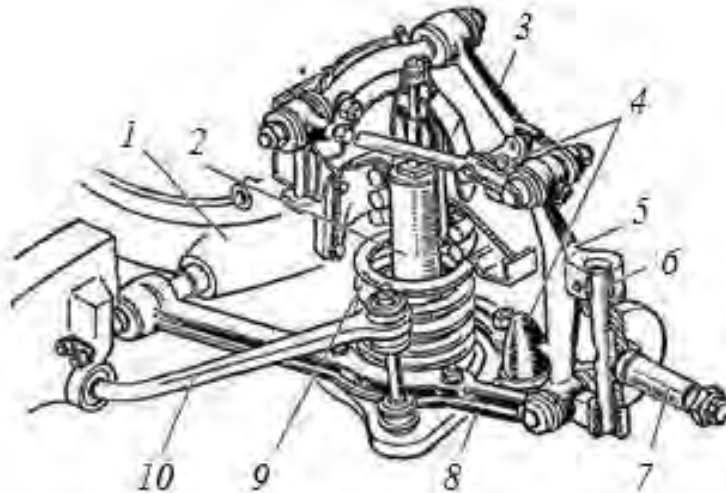


Рис. 1.48. Передня незалежна двоважільна підвіска автомобіля:

- 1 – поперечна балка; 2 – амортизатор; 3 – верхні важелі; 4 – буфери стискування; 5 – стояк; 6 – шворінь; 7 – поворотна цапфа; 8 – нижні важелі; 9 – спіральна циліндрична пружина; 10 – стабілізатор

Конфігурація поперечних важелів дозволяє кожному колесу незалежно сприймати нерівності і, що важливе, залишатися майже вертикальним до поверхні дороги, а це забезпечує краще зчеплення з дорогою.

Підвіска Мак-Ферсона, названа в честь інженера Ерла Мак-Ферсона, який

розробив її у 1960 році. Ця підвіска колеса складається з важеля, стабілізатора поперечної стійкості й блоку з пружинного елемента і амортизатора телескопічного типу (рис. 1.49). Цій блок називають хитною свічкою, у зв'язку з тим, що його закріплено у верхній частині до кузова за допомогою пружного шарніра і він може качатися при переміщенні колеса вгору – вниз.

Кінематична схема менш завершена, ніж підвіска з двома поперечними чи поздовжніми важелями. При великому ході підвіски розвал (кут нахилу колеса до вертикальної площини) змінюватиметься, тим більше, чим більший хід підвіски. Однак, внаслідок технологічності і дешевизни, даний тип підвіски здобув велике поширення сучасному автомобілебудуванні.



Рис. 1.49. Загальний вигляд підвіски Мак-Ферсон:

1 – підрамник; 2 – поперечний важіль; 3 – поворотний кулак; 4 – стійка амортизатора; 5 – стабілізатор поперечної стійкості

Для гасіння коливань у конструкції підвіски передбачають амортизатори (переважно рідинні, телескопічного типу). Амортизатори за рахунок рідинного тертя перетворюють механічну енергію коливань у теплову енергію з подальшим розсіюванням її в атмосферу.

Робота телескопічного амортизатора ґрунтується на опорі перетікання спеціальної рідини з однієї порожнини в іншу у разі зміни їх об'ємів. Телескопічні амортизатори мають двосторонню дію, тобто гасять коливання підвіски під час ходів стискання й віддачі.

Телескопічний амортизатор (рис. 1.50) складається з трьох частин: циліндра 2 з днищем 1, поршня 3 зі штоком 5 і напямної втулки 4 з ущільненнями. Циліндр амортизатора з'єднаний з важелем підвіски або з кожухом моста, а шток – із кузовом автомобіля. При коливаннях поршень амортизатора переміщується всередині циліндра підвіски відносно кузова.

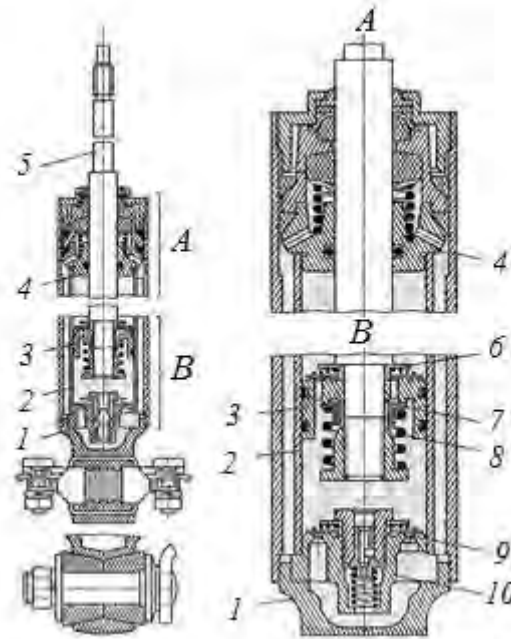


Рис. 1.50. Телескопічний амортизатор:

*1 – днище циліндра; 2 – циліндр; 3 – поршень; 4 – пряма втулка;  
5 – шток; 6 – перепускний клапан; 7 – клапан віддачі; 8 – пружина;  
9 – випускний клапан; 10 – клапан стискання*

У поршні 3 виконано два ряди наскрізних отворів, закритих зверху перепускним клапаном 6, а знизу – клапаном віддачі 7 з жорсткою пружиною 8. У днищі 1 циліндра розміщений клапан стискання 10 й випускний клапан 9. Внутрішню порожнину циліндра заповнено амортизаторною рідиною.

Особливість телескопічного амортизатора полягає у тому, що в ньому є компенсаційна камера у вигляді другого циліндра, який охоплює робочий циліндр 2. Додатковий простір цієї камери призначається для компенсації зміни об'єму рідини у робочому циліндрі. Ця зміна відбувається при роботі амортизатора.

Під час плавного руху стискання підвіски поршень 3 амортизатора переміщується вниз і рідина з нижньої порожнини перетікає через перепускний клапан 6 у простір над поршнем. Оскільки у цьому просторі розміщено шток 5, що займає певний об'єм, уся рідина з нижньої порожнини робочого циліндра 2 не може вміститися над поршнем, частина рідини перетікає через калібрований отвір клапана стискання 10 у компенсаційну камеру. При цьому клапан стискання залишається закритим і амортизатор чинить необхідний опір переміщенню підвіски.

Під час різкого ходу стискання поршень 3 переміщується дуже швидко вниз, тиск рідини під ним миттєво зростає, у результаті чого відкривається клапан стискання 10 і рідина перетікає через відкритий великий переріз клапана у компенсаційну камеру. Сила опору амортизатора різко зменшується. Таким чином, амортизатор і деталі підвіски захищаються від великих зусиль, які виникають у разі різкого стискання підвіски під час руху нерівною дорогою.

При плавній віддачі підвіски, амортизатор розтягується, його поршень 3

переміщається вгору. При цьому тиск рідини над поршнем зростає, перепускний клапан 6 закривається, а рідина починає перетікати через внутрішній ряд отворів у поршні і через кільцевий зазор між закритим клапаном віддачі 7 і його прямою втулкою у простір під поршнем. Водночас відкривається клапан 9, і рідина з компенсаційної камери перетікає у циліндр.

За різкою віддачею швидкість руху поршня 3 зростає, що створює досить великий тиск рідини над поршнем. Під дією цього тиску клапан віддачі відкривається, рідина з меншим гідравлічним опором перетікає у підпоршневий простір. Другий потік надходження рідини у циліндр через впускний клапан 9 у цьому випадку зберігається. Отже, клапан віддачі розвантажує підвіску й амортизатор від великих зусиль під час різких ходів віддачі, а також у разі зростання в'язкості рідини внаслідок зниження температури.

*Рульове керування* призначено для зміни і збереження напрямку руху автомобіля. На автомобілях напрям руху змінюють поворотом передніх коліс, які встановлені на поворотних кулаках. Останні можуть повертатися на осях, що прикріплюються до передньої балки (залежна підвіска) або до підрамника (незалежна підвіска). Повертання кулаків здійснюється керуючими важелями. Для синхронного повертання коліс кулаки зв'язані між собою важільним механізмом, що має форму трапеції. Такий механізм забезпечує одночасне повертання коліс в одному напрямку, причому на різні кути. Для внутрішнього колеса при повороті кут повинен бути більшим, так як воно рухається меншим радіусом, ніж зовнішнє колесо. Механізм, що повертає колеса, отримав назву рульового приводу.

Надання руху важелям рульового приводу здійснюється рульовим механізмом. Він перетворює обертання рульового колеса (керма) у коливальний або поступальний рух ланки, яка керує рульовим приводом (сошки або тяги – важеля приводу). У рульовий механізм входять рульове колесо, рульовий вал і рульова передача, яка визначає тип рульового механізму.

На автомобілях застосовуються різні типи рульових механізмів найбільш поширені: рейковий (на більшості сучасних автомобілів) та черв'ячний (в основному на автомобілях малого класу).

У рейковому рульовому механізмі (рис. 1.51) на кінці рульового вала 2 закріплено шестерню 7, яка знаходиться у зчепленні з рейкою 3. Рейка розміщена на поперечній тязі рульового приводу.

При повертанні керма обертається зубчасте колесо, яке переміщує поперечну тягу вліво або вправо. Кінці тяги через бічні тяги шарнірно з'єднані з поворотними кулаками передніх коліс, що забезпечують поворот керованих коліс.

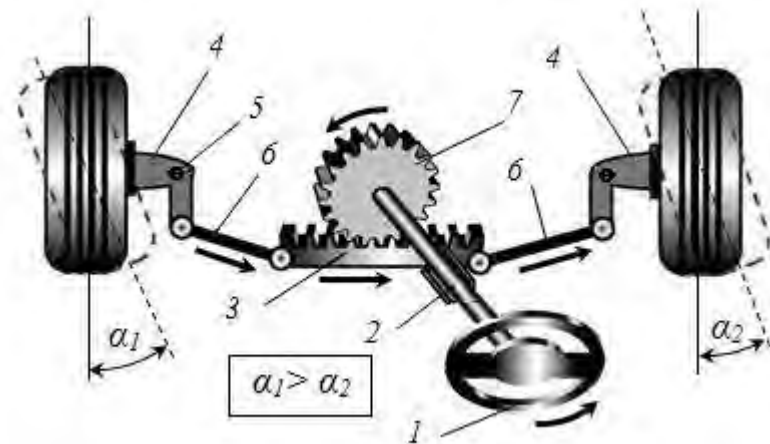


Рис. 1.51. Принципова схема рульового керування з рейковим механізмом:

*1 – кермо; 2 – рульовий вал; 3 – поперечна тяга з рейкою; 4 – поворотні кулаки; 5 – осі поворотного кулака; 6 – бічні тяги; 7 – зубчасте колесо*

У черв'ячному рульовому механізмі (рис. 1.52) один з кінців рульового валу зв'язаний з черв'яком, що знаходиться в зачепленні зі зубчастим сектором (частіше у вигляді ролика). Він у свою чергу, зв'язаний з рульовою сошкою. Сошка повертається вліво чи вправо і через рульовий привід забезпечує повертання передніх коліс на необхідні кути.

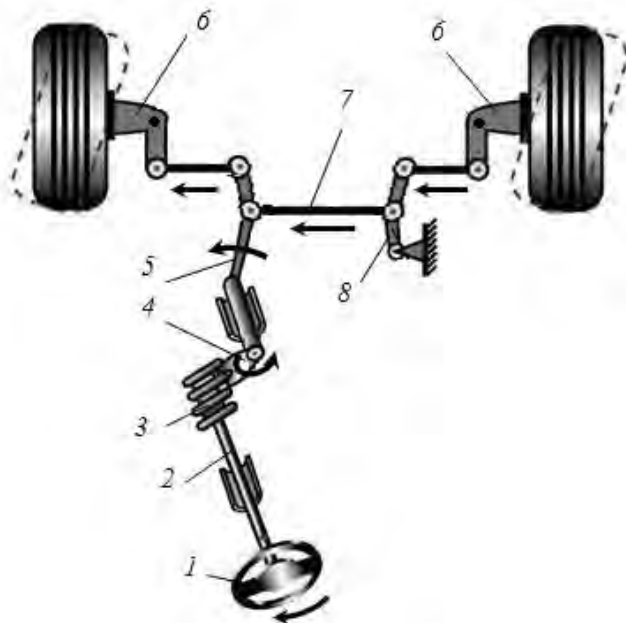


Рис. 1.52. Принципова схема рульового керування з черв'ячним механізмом:

*1 – кермо; 2 – рульовий вал; 3 – черв'як; 4 – ролик; 5 – сошка; 6 – поворотні кулаки; 7 – поперечна тяга; 8 – маятник*

Як бачимо, обидва механізми є понижувальними передачами, причому з великим передаточним відношенням (звичайно  $u = 15 \dots 30$ ). Це забезпечує значне збільшення крутного моменту, а відповідно зменшення зусиль, які

потрібно прикладати до керма. Ряд легкових автомобілів і майже усі вантажні обладнані підсилювачем рульового механізму, що додатково знижує зусилля, необхідне для повороту керма та підвищує стійкість збереження напрямку руху.

Виконавчим органом гідروпідсилювача є гідроциліндр. Тиск робочої рідини штовхає поршень гідроциліндра, допомагаючи водієві повертати керовані колеса автомобіля. Силовий гідроциліндр конструктивно інтегрований у кермовий механізм. Основною особливістю конструкції є те, що зусилля, що розвивається гідроциліндром, пропорційне силі опору керованих коліс повороту. Тобто допомагає водієві настільки, скільки потрібно, щоб з легкістю повернути рульове колесо, але при цьому не втратити відчуття дороги.

Гідропідсилювач працює наступним чином (рис. 1.53). Рідина під тиском, створеним насосом, подається на розподільник. У завдання цього елемента входить розподіл потоку рідини в залежності від напрямку керування. Найбільшого поширення в легкових автомобілях отримав золотниковий розподільник поворотного типу. Цей вузол є проміжною ланкою між валом колонки та шестернею кермового механізму. Складається розподільник із двох елементів – вала та поворотного золотника. Ці елементи насаджені на торсіон, який з'єднує між собою вал рульової колонки та шестерню.

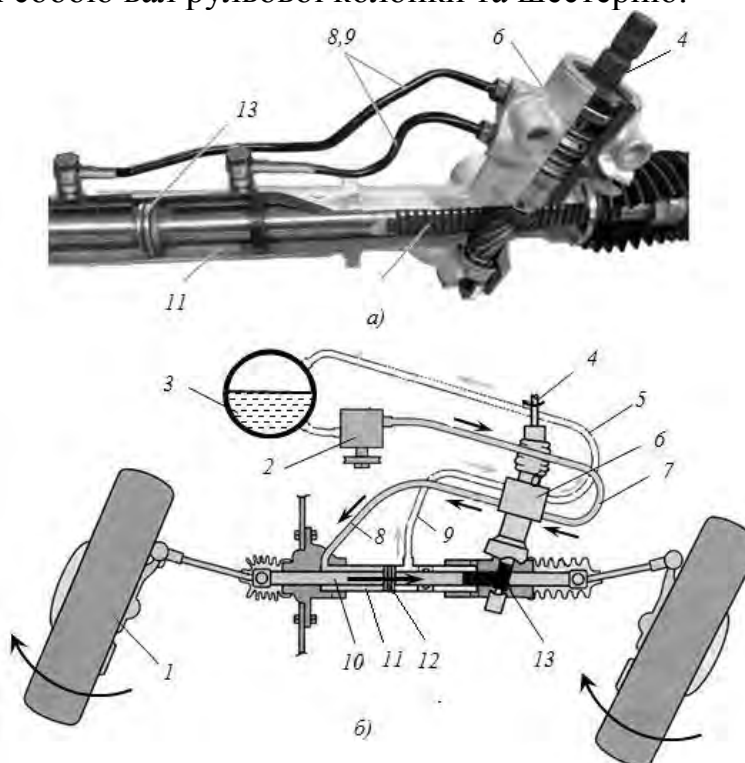


Рис. 1.53. Розріз вузла (а) та схема будови (б) рульового керування з гідропідсилювачем:

- 1 – керовані колеса; 2 – гідронасос; 3 – резервуар; 4 – рульова колонка;  
 5 – зливна магістраль; 6 – розподільник гідропідсилювача; 7 – магістраль високого тиску; 8, 9 – маслопроводи; 10 – поперечна тяга з рейкою;  
 11 – циліндр; 12 – поршень; 13 – зубчаста (рейкова) передача

До розподільника підключаються магістраль високого тиску від насоса і зливна магістраль (по ній рідина повертається на вхід насоса), а також два відводи, що ведуть до силового гідроциліндра. Поршень ділить циліндр на дві камери, з'єднані трубопроводами з розподільником.

Суть роботи розподільника така: при обертанні керма сила опору, що надходить від коліс, призводить до скручування торсіону, що у свою чергу викликає поворот золотника щодо валу розподільника. Через це одні канали відкриваються, а інші закриваються, тобто відбувається перерозподіл потоку рідини.

При прямолінійному русі автомобіля золотник з'єднує відповідні канали так, що рідина у розподільнику одразу потрапляє в зливну магістраль і повертається в насос (рис. 1.54, а). У відводах до гідроциліндра зберігається однаковий тиск. Поршень не рухається.

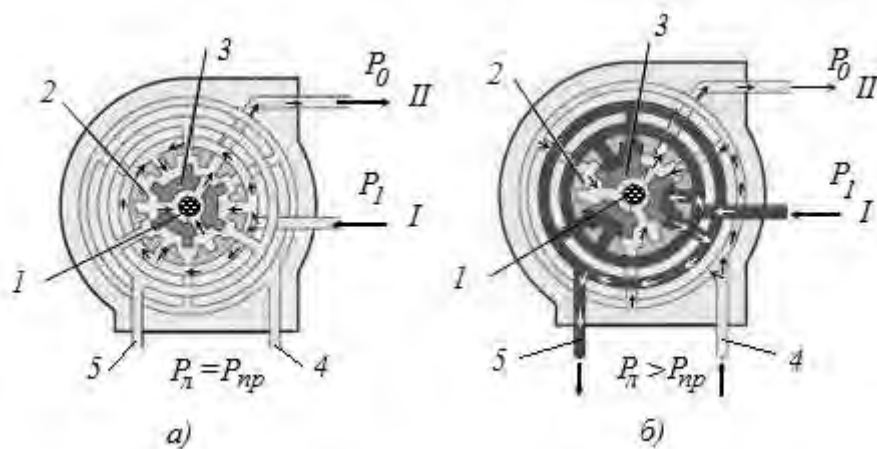


Рис. 1.54. Рух рідини у розподільнику при нейтральному положенні руля (а) та при повороті праворуч (б): 1 – торсіон; 2 – розподільча втулка; 3 – золотник; 4 – відвід до правої порожнини гідроциліндра; 5 – відвід до лівої порожнини гідроциліндра; I – магістраль високого тиску; II – зливна магістраль

При обертанні керма торсіон скручується, що призводить до повороту золотника щодо валу. Наприклад, розглянемо дію механізму при повороті праворуч (рис. 1.54, б). Отже, золотник повернувся, через що з'єднує канал магістралі високого тиску і трубопровід лівої камери гідроциліндра. При цьому, права камера гідроциліндра з'єднується зі зливною магістраллю. Рідина у лівій камері починає тиснути на поршень. Поршень зміщується вправо. З правої камери гідроциліндра рідина перетікає через розподільник до входу в насос. При цьому, якщо кермо повернути не до упору, а лише частково, і залишити у такому положенні, торсіон під дією пружних сил розкрутиться та повернеться у початкове положення. Це призведе до повернення до початкового з'єднання всіх каналів. Тиск у камерах силового циліндра вирівнюється, але вже при іншому положенні рейки і поршня.

На деяких автомобілях почали використовувати електропідсилювачі рульового керування (рис. 1.55).

При повертанні керма, у рульовій колонці утворюється крутний момент.

Під впливом цього моменту закручується торсіон датчика моменту 2. Останній спрямовує відповідний сигнал на вхід блоку управління 3. Одночасно з датчика повороту керма 7 надходять сигнали, що відповідають моментальному куту повороту рульового колеса та швидкості його повороту.

Блок управління розраховує крутний момент, який повинен розвивати електродвигун підсилювача у залежності від моменту на рульовому колесі, кута та швидкості повороту рульового валу, а також з урахуванням швидкості автомобіля, частоти обертання валу двигуна. На підставі заданих характеристик блок управління подає керуючий сигнал електродвигуну підсилювача.

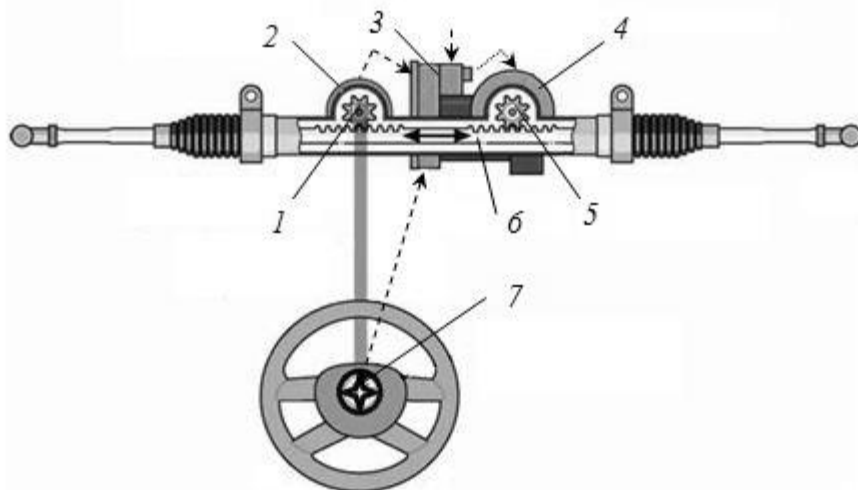


Рис. 1.55. Схема рейкового електродвигуна з двома шестернями:  
 1,5 – ведучі шестерні; 2 – датчик моменту на рульовому колесі;  
 3 – електронний блок підсилювача; 4 – електродвигун підсилювача;  
 6 – поперечна тяга з двома рейками; 7 – датчик кута повороту керма

Електродвигун 4 створює необхідний додатковий момент, на ведучій шестерні 5 рейкового механізму. Переміщення рейки рульового механізму відбувається під дією сумарного зусилля: створюваного як у результаті перетворення крутного моменту від рульового колеса, так і моменту електродвигуна підсилювача.

*Гальмове керування.* Гальмівна система забезпечує безпеку при русі і зупинках. Вона служить для зменшення швидкості руху, зупинки і утримання автомобіля на місці.

Сучасні автомобілі обладнують декількома гальмівними системами, які мають різне призначення, :

- робочою;
- стоянкою;
- запасною;
- допоміжною;
- причіпною.

Робоча гальмівна система призначена для зниження швидкості автомобіля аж до повної його зупинки. Вона є найбільш ефективною з усіх гальмівних систем, діє на всі колеса автомобіля і використовується для



службового і екстреного (аварійного) гальмування автомобіля. Робочу гальмівну систему часто називають ножною, оскільки вона приводиться в дію від гальмівної педалі ногою водія.

Гальмівна система стоянки служить для утримання на місці нерухомого автомобіля. Вона впливає тільки на задні колеса автомобіля або на вал трансмісії і приводиться в дію від важеля рукою водія, тому її іноді називають ручною.

Запасна гальмівна система є резервною і призначена для зупинки автомобіля при виході з ладу робочої гальмівної системи. За відсутності на автомобілі окремої запасної гальмівної системи її функції може виконувати справна частина робочої гальмівної системи (первинний або вторинний контур) або гальмівна система стоянки.

Допоміжна гальмівна система служить для обмеження швидкості руху автомобіля на довгих і затяжних спусках.

Кожна гальмівна система складається з одного або декількох гальмівних механізмів (гальм), які здійснюють процес гальмування автомобіля, і гальмівного приводу, що управляє гальмівними механізмами.

Гальмівні механізми здійснюють процес гальмування автомобіля і служать для його примусового уповільнення. Сучасні автомобілі обладнують різними типами тормозних механізмів, які відрізняються за:

- принципом дії (фрикційні, гідравлічні, електричні, компресорні);
- формою поверхні (дискові, барабанні);
- розміщенням (колісні, трансмісійні).

Фрикційні гальмівні механізми (дискові і барабанні) набули найбільш широкого застосування на автомобілях.

Дискові гальмівні механізми застосовуються для передніх і задніх коліс легкових автомобілів великого класу і для передніх коліс легкових автомобілів малого і середнього класів.

Барабанні гальмівні механізми використовують на вантажних автомобілях незалежно від їх вантажопідйомності як колісні і трансмісійні, а на легкових автомобілях малого і середнього класів для задніх коліс.

Фрикційний гальмівний механізм включає частину (барабан або диск), що обертається разом з колесом, гальмівний елемент (колодки), притискний пристрій (кулачковий, поршневий), регулювальний пристрій (ексцентрики).

У барабанному гальмівному механізмі барабан 3 з'єднаний з колесом автомобіля і обертається разом з ним (рис. 1.56, а).

Гальмівні колодки 1 з фрикційними накладками встановлені нижніми кінцями на осях, закріплених на нерухомому диску. Колодки можуть повертатися на своїх осях. Між верхніми кінцями колодок знаходиться притискний пристрій 4.

При гальмуванні притискний пристрій розводить колодки, притискаючи їх до барабана, що обертається з колесом. Гальмування колеса відбувається за рахунок сил тертя, які виникають між фрикційними накладками і гальмівним барабаном.

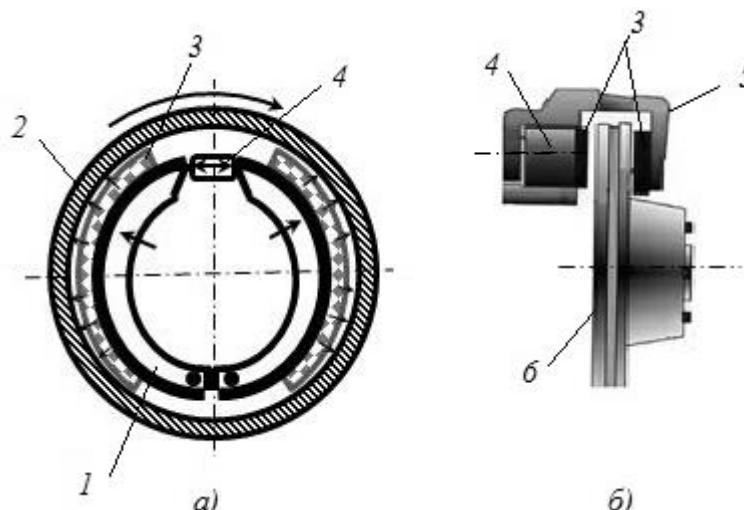


Рис. 1.56. Фрикційні гальмівні механізми:

*а – барабанний; б – дисковий;*

*1 – колодки; 2 – гальмівний барабан; 3 – фрикційні накладки;  
4 – притискний пристрій; 5 – супорт; 6 – гальмівний диск*

У дисковому гальмівному механізмі (рис. 1.56, б) гальмівний диск 6 поєднаний з колесом автомобіля і обертається разом з ним. З обох боків гальмівного диска встановлено дві колодки з фрикційними накладками, які не обертаються. При гальмуванні колеса колодки притискаються до диска, створюючи гальмівний момент, який перешкоджає обертанню колеса. Дисковий гальмівний механізм у порівнянні з барабанним має меншу масу, більш компактний і стабільний, краще охолоджується. Проте він менш ефективний, гірше захищений від забруднення, у нього швидше зношуються фрикційні накладки.

Гальмівним приводом називається сукупність пристроїв, що здійснюють зв'язок педалі або важеля управління з тормозними механізмами. Він служить для управління гальмівними механізмами і приведення їх в дію.

На автомобілях залежно від їх призначення і типу застосовують різні гальмівні приводи:

- механічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні;
- компресорні;
- аеродинамічні;
- комбіновані.

Механічний гальмівний привід є системою тяг, важелів і тросів, за допомогою яких зусилля водія від важеля або педалі управління передається до гальмівних механізмів.

На автомобілях механічний привід застосовують як обов'язковий привід у гальмівній системі стоянки. На легкових автомобілях механічний привід діє

на гальмівні механізми задніх коліс, а на вантажних – на трансмісійне гальмо, що встановлюється, як правило, на вторинному валу коробки передач.

Гідравлічний гальмівний привід є гідростатичним. Передача енергії здійснюється тиском рідини. Гідравлічний привід застосовують на легкових автомобілях і вантажних автомобілях малої і середньої вантажопідйомності.

Привід заповнений гальмівною рідиною і працює наступним чином (рис. 1.57, а). При натисненні на гальмівну педаль з'єднаний з нею штовхальник 1 переміщує поршень 2 у головному гальмівному циліндрі 3. Під тиском рідини відкривається випускний клапан 5.

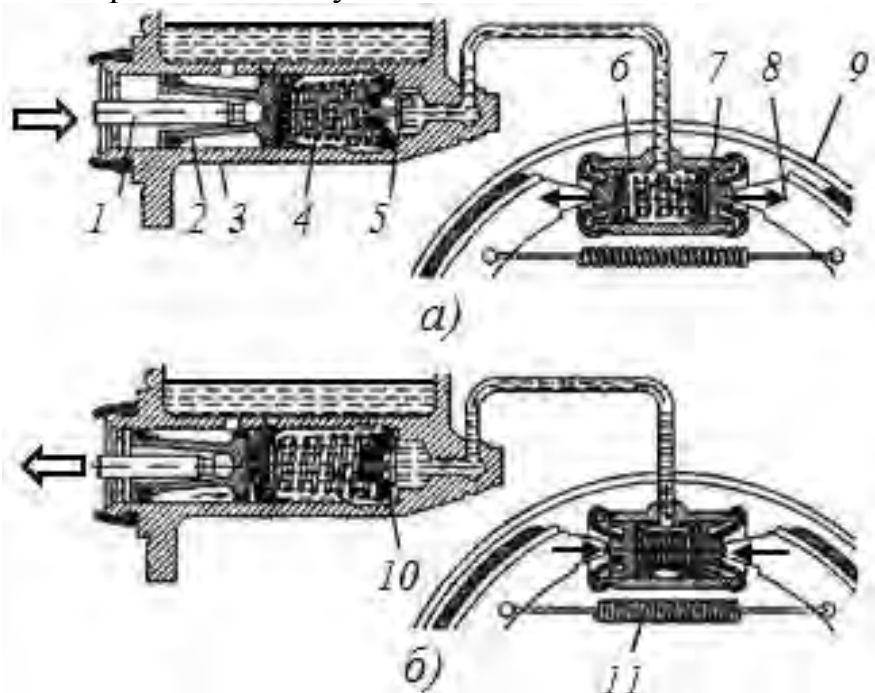


Рис. 1.57. Схема роботи гідравлічного гальмівного приводу:

*а – гальмування; б – розгальмування;*

*1 – штовхальник; 2 і 7 – поршні; 3 і 6 – циліндри; 4 і 11 – пружини;  
5 і 10 – клапани; 8 – колодка; 9 – гальмівний барабан*

Рідина поступає через трубопроводи в колісні гальмівні циліндри 6 і розсовує поршні 7 у колісних циліндрах. Зусилля поршнів долають опір пружин 11, і гальмівні колодки з фрикційними накладками 8 притискаються до гальмівних барабанів 9.

Тиск на колодки гальмівних механізмів пропорційний зусиллю на гальмівній педалі. При службовому гальмуванні тиск рідини у приводі складає 2..4 МПа, при екстреному (аварійному) 6..10 МПа, а іноді і вище.

Після припинення гальмування (рис. 1.57,б) під дією поворотної пружини гальмівна педаль повертається в початкове положення штовхальник 1. Поршень 2 під дією пружини 4 рухається вліво. Тиск у приводі падає. При цьому випускний клапан 5 закривається. Пружини гальмівного механізму 11 стягують колодки 8. Колодки дають на поршні 7, які витісняють рідину з колісних циліндрів. Тиском рідини відкривається впускний клапан 10, і рідина повертається у головний циліндр 3. Закриття впускного клапана 10

відбувається, коли у приводі залишається невеликий надлишковий тиск (0,05МПа), це запобігає проникненню повітря в гідропривід і забезпечує готовність гальмівної системи до повторного гальмування. При попаданні повітря у систему гідропривода падає ефективність гальмування, оскільки повітря легко стискується і не дає підвищитися тиску до робочих значень.

З метою збільшення ефективності гальмування використовують вакуумні, гідравлічні та електричні підсилювачі гальмівних зусиль.

### **Питання для самоконтролю**

1. *Дайте визначення трансмісії, перерахуйте її типи, вкажіть призначення.*
2. *Перерахуйте основні механізми механічних трансмісій автомобілів з різними колісними формулами.*
3. *Що таке зчеплення і для чого воно призначене?*
4. *Перерахуйте типи коробок передач, дайте їх характеристику, вкажіть призначення.*
5. *Для чого призначені синхронізатори? Поясніть як вони працюють.*
6. *Поясніть будову автоматичної коробки передач.*
7. *Назвіть основні елементи підвіски та їх призначення.*
8. *Які функції у підвісці можуть виконувати ресори?*
9. *Які конструкції підвісок використовують для незалежної підвіски?*
10. *Посніть будову та принцип дії амортизатора.*
11. *Які основні частини рульового управління, їх призначення?*
12. *Види рульових механізмів та їх застосування.*
13. *Чому в рульових приводах використовують кінематичну схему у вигляді трапеції?*
14. *Призначення і основні частини гідропідсилювача.*
15. *Що входить до гальмівних систем?*
16. *Вкажіть типи гальмівних механізмів.*
17. *Поясніть роботу одноконтурного гідравлічного приводу гальм.*

### **1.6. Будова електромобіля**

Електромобіль – сучасний екологічний засіб пересування. Якісною відмінністю електромобіля від автомобіля є використання асинхронного або синхронного трифазного електродвигуна замість традиційного ДВЗ.

Основними конструктивними елементами електричного автомобіля є акумуляторна батарея, електродвигун, трансмісія, бортовий зарядний пристрій, тяговий інвертор, DC-DC перетворювач (перетворювач постійного струму), електронна система управління (рис. 1.58). Кузов, ходова частина, рульове керування майже не відрізняються від звичайного автомобіля.

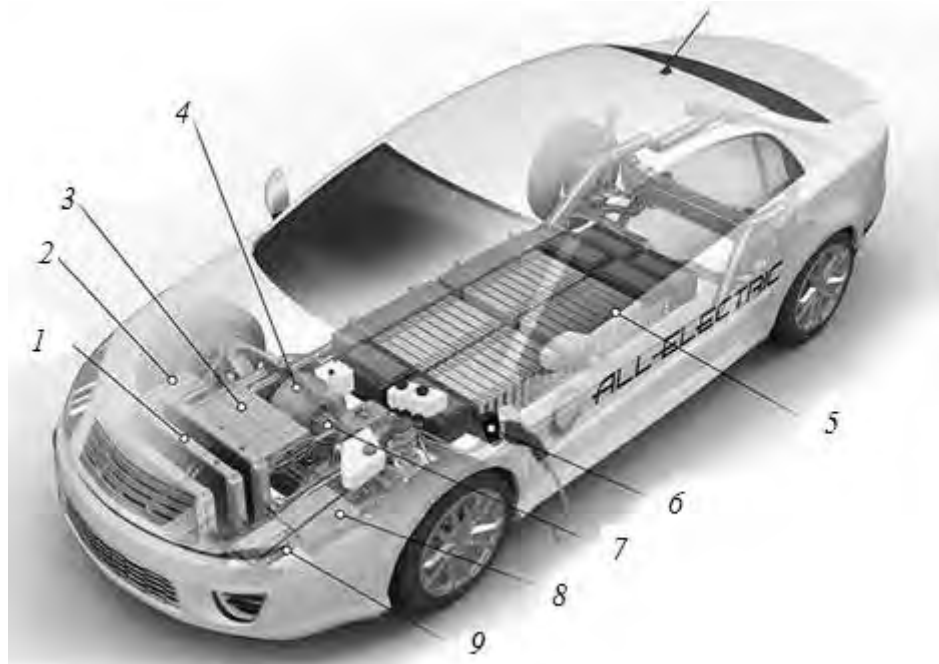


Рис. 1.58. Схема електричного автомобіля:

- 1 – радіатор системи охолодження; 2 – АС/DC перетворювач;  
 3 – електронний блок керування; 4 – електродвигун; 5 – тягова батарея;  
 6 – порт зовнішньої зарядки від мережі змінного струму; 7 – трансмісія;  
 8 – DC-DC перетворювач; 9 – додаткова акумуляторна батарея

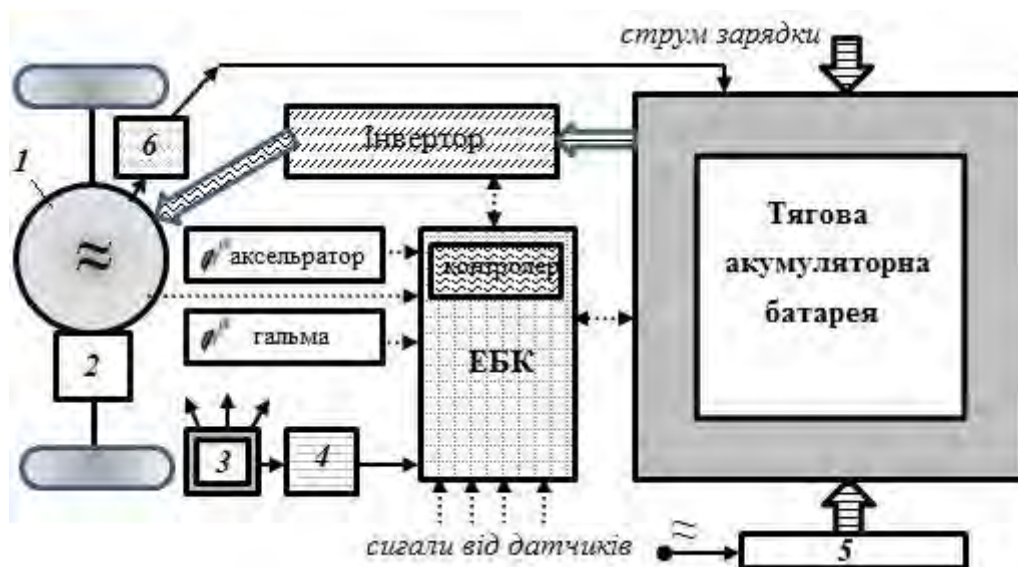


Рис. 1.59. Принципова структурна схема основних вузлів електромобіля:  
 1 – електродвигун; 2 – трансмісія; 3 – додаткова акумуляторна батарея;  
 4 – DC-DC перетворювач; 5 – пристрій зовнішньої зарядки від мережі змінного струму; 6 – АС/DC перетворювач; ЕБК – електронний блок керування

Взаємозв'язок основних елементів електромобіля показаний на структурній схемі (рис. 1.59). Тягова акумуляторна батарея забезпечує живлення електродвигуна. На електромобілі, в основному, використовується літій-іонна акумуляторна батарея, що складається з ряду послідовно з'єднаних

модулів. На виході акумулятора напруга постійного струму складає біля 300В. Місткість сучасних батарей в залежності від класу електромобіля становить від 40 до 100 *кВт.год*, що дозволяє проїжджати від 150 до 400 км на одному заряді. У сучасних електрокарах вона розташована у підпільному просторі. Перевагою такого розміщення є низький центр тяжиння та звільнення корисного простору в салоні та багажнику.

Тяговий інвертор перетворює високу напругу постійного струму акумуляторної батареї на трифазну напругу змінного струму, необхідну для живлення електродвигуна. Система охолодження має мережу каналів, заповнених гліколевим холодоагентом. У контурі системи передбачені компактні радіатори у передніх повітрязбірниках.

DC-DC перетворювач (зменшує напругу від тягової батареї до 12 – 24 В) забезпечує зарядку додаткової акумуляторної батареї, яка використовується для живлення бортових споживачів електроенергії: електропідсилювача рульового керування, електричного обігрівача салону, кондиціонера, системи освітлення, склоочисників, аудіосистеми та ін.

Одним з основних елементів електромобіля є електродвигун. Як правило, це трифазні синхронні або асинхронні електричні машини змінного струму потужністю від 15 до 200 і більше *кВт*. У порівнянні з ДВЗ електродвигун має високу ефективність. ККД електродвигуна становить біля 90% проти 30– 40% у ДВЗ.

Основними перевагами електродвигуна є:

- реалізація максимального крутного моменту на всьому діапазоні швидкостей;
- можливість реверсу без додаткових пристроїв;
- простота конструкції, повітряне охолодження;
- можливість роботи у режимі генератора.

У ряді конструкцій електромобілів використовується кілька електродвигунів, що значно підвищують тягову потужність транспортного засобу. Електродвигун може бути поміщений безпосередньо в колесо автомобіля, скорочуючи до мінімуму трансмісію. Але така схема електромобіля збільшує безпружинні маси і погіршує керованість.

Електронна система управління виконує в електричному автомобілі кілька функцій, спрямованих на безпеку, енергозбереження та комфорт пасажирів:

- керування високою напругою;
- регулювання тяги;
- забезпечення оптимального режиму руху;
- керування плавним прискоренням;
- оцінка заряду акумуляторної батареї;
- керування рекуперативним гальмуванням;
- контроль використання енергії.

Конструктивно система об'єднує ряд вхідних датчиків, блок керування та виконавчі пристрої різних систем електромобіля. Вхідні датчики оцінюють

положення педалі газу, педалі гальма, селектора перемикачів передач, ступінь заряду акумуляторної батареї, тиск у гальмівній системі тощо. За сигналами датчиків мікроконтролер блоку управління керує швидкістю та моментом двигуна за рахунок зміни частоти, напруги, проміжних струмів у різних системах координат (зміщення фаз змінного струму). Програма забезпечує оптимальне значення потужності, частоти обертання, а відповідно і крутного моменту для конкретних умов руху електромобіля.

Трансмісія електромобіля є досить простою і на більшості моделей представлена одноступінчастим зубчастим редуктором і диференціалом (рис. 1.60). Режим заднього ходу включається електричною схемою – змінюючи фази живлення двигуна.

Гальмівна система електромобіля побудована більш складніше за звичайну. Вона забезпечує рекуперацію енергії при гальмуванні. Електродвигун у цьому випадку використовується як генератор для заряджання батареї.

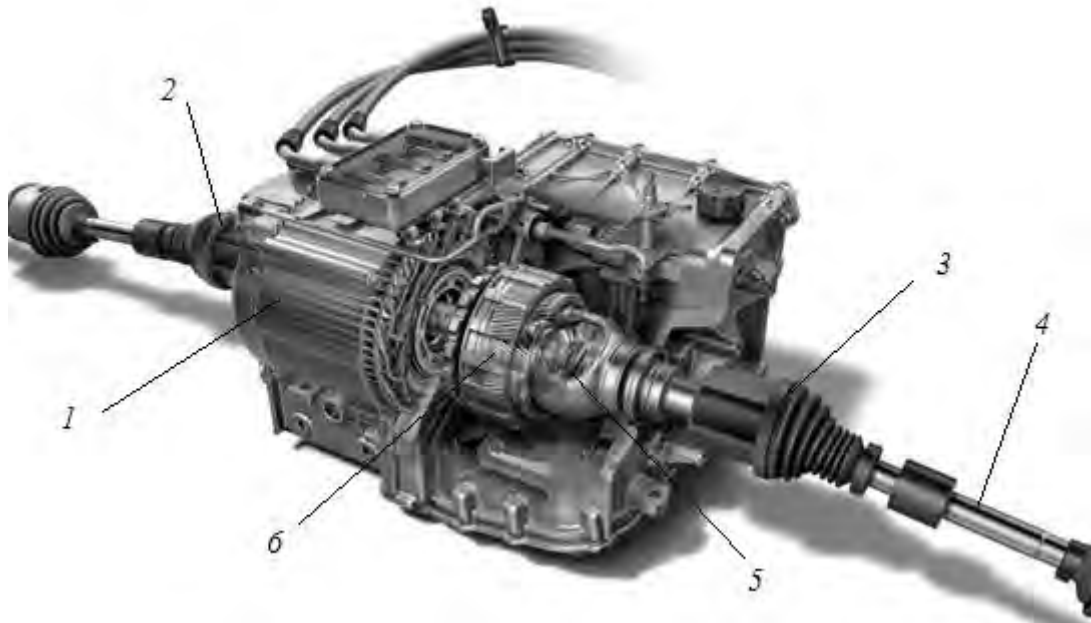


Рис. 1.60. Силовий вузол електромобіля з переднім приводом:  
 1 – електродвигун; 2,3 – шарніри; 4 – напівось; 5 – диференціал;  
 6 – планетарний редуктор

При русі автомобіля момент відпускання педалі акселератора фіксується датчиком. Системи автомобіля програмно переводяться у режим рекуперації: припиняється подача струму з тягового акумулятора, відбувається перехід двигуна у режим генератора, виникає «зворотна» ЕРС. Внаслідок знижується частота обертання ротора, відбувається гальмування автомобіля.

Утворений у електродвигуні струм випрямляється АС/DC перетворювачем і спрямовується на заряджання тягової батареї. Таким чином, гальма у звичайному розумінні, використовуються лише для повної зупинки

електрокара. Завдяки цьому термін служби гальмівних механізмів зростає у середньому втричі.

Бортовий зарядний пристрій дозволяє заряджати акумулятор від побутової електричної мережі.

Бачимо, що конструктивно електромобіль значно простіше звичайного. Механічне керування режимами роботи двигуна замінено на електронне. Це значно збільшує ресурс роботи автомобіля, більша також його економічність, при добрих динамічних характеристиках.

Незважаючи на переваги експлуатаційні проблеми стримують масове використання електромобіля, серед яких:

- висока вартість (найбільшу вартість складають акумуляторні батареї та електронна система керування);
- обмежена автономність;
- значний час заряду акумуляторів.

#### **Питання для самоконтролю**

1. *Вкажіть основні конструктивні елементи електромобілів.*
2. *Електродвигуни якого типу використовують у електромобілях?*
3. *З яких вузлів складається трансмісія електромобіля?*
4. *Поясніть взаємозв'язок між вузлами електромобіля. Як регулюється потужність електромобіля?*
5. *Які особливості має гальмівна система електромобіля?*
6. *Вкажіть переваги та недоліки електромобіля.*



## 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ МАШИНИ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Сільськогосподарські машини є технологічними. Кожна з них виконує певний технологічний (робочий) процес, що включає одну або кілька технологічних операцій, за яких відбуваються якісні зміни матеріалу, що обробляється: розмірів, стану, форми, фізичних і біологічних властивостей.

За призначенням сільськогосподарські машини поділяються на такі групи: ґрунтообробні, посівні та садильні, для внесення добрив, захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів, збирання трав і силосних культур, збирання і післязбиральної обробки зернових, зернобобових й олійних культур, збирання кукурудзи на зерно, коренебульбоплодів та овочів, прядильних і плодоягідних культур, меліоративні машини.

За принципом дії машини бувають безперервної або циклічної дії.

За способом з'єднання із джерелом енергії розрізняють причіпні, начіпні, напівначіпні, монтовані та самохідні машини.

За способом використання енергії робочим органом – з пасивними, активними і комбінованими (активно-пасивними) робочими органами. Проте з розвитком науки і техніки, освоєнням використання нових видів енергії ця класифікація може змінюватися. До основних енергетичних машин сільського господарства відносяться трактори та автомобілі.

### 2.1. Трактори

Трактор – самохідний тягач для буксирування технологічних машин з приводом робочих органів через його ходову частину – шків або вал відбору потужності (рис. 2.1).

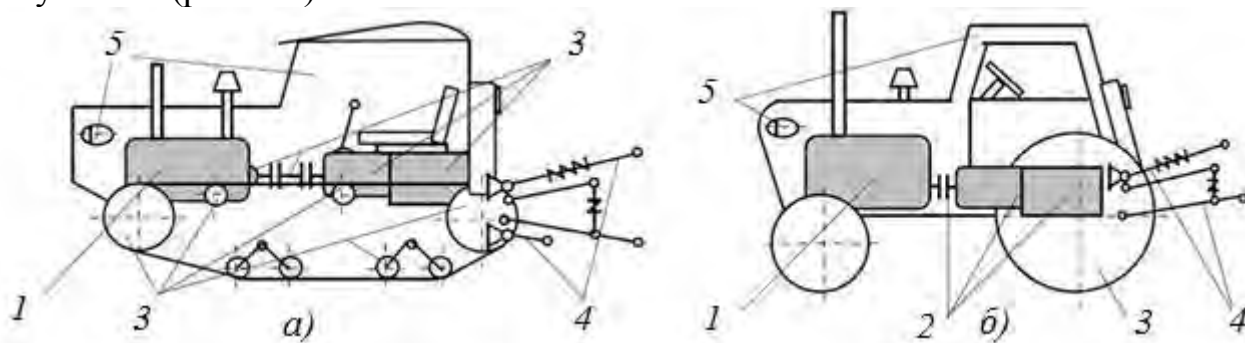


Рис. 2.1. Схема загальної будови тракторів:

а) гусеничного трактора; б) колісного трактора:

1 – двигун; 2 – трансмісія; 3 – ходова частина; 4 – робоче обладнання;  
5 – допоміжне обладнання

Аналіз структурних схем тракторів показує, що вони складаються з тих самих частин, що і автомобіль. Але трактор і автомобіль за призначенням мають принципові відмінності. Призначення автомобіля – пересування на підвищених швидкостях руху і пониженій тязі, а трактора – забезпечення значного тягового зусилля. Для досягнення цієї мети потужність тракторного двигуна реалізується на понижених швидкостях руху. Внаслідок, у тракторах

використовують найбільш потужні та не швидкохідні двигуни – дизельні. Трансмісія має великі передаточні відношення і включає кінцеву понижувальну передачу на ведучі деталі рушіїв. Ходова частина має рамний остов. Конструкція рушіїв (коліс, гусениць) побудована з метою забезпечення найбільшого зчеплення з ґрунтом при найменшому тиску на нього. Крім цього, обов'язковим є наявність причинного регульованого пристрою та валу відбору потужності для приводу агрегатів, які приєднують до трактора.

Класифікація тракторів, у першу чергу, побудована за можливістю здійснювати своє призначення – створювати тягове зусилля. Найбільша сила тяги на гаку, яку може розвинути трактор на стерні з середньою вологістю ґрунту і буксуванням у межах 7%, називається номінальним гаковим зусиллям. За цим показником сільськогосподарські трактори поділяються на 10 класів, 1 – 0,2 т (2,0 кН); 2 – 0,6 т (6,0 кН); 3 – 0,9 т (9,0 кН); 4 – 1,4 т (14,0 кН); 5 – 2,0 т (20 кН); 6 – 3,0 т (30 кН); 7 – 4,0 т (40 кН); 8 – 5,0 т (50 кН); 9 – 6,0 т (60 кН); 10 – 8,0 т (80 кН).

За призначенням трактори поділяються на:

- загального призначення – використовують для комплектування машино-тракторних агрегатів (з тяговим зусиллям не менше 30 кН);
- універсально-просапні – мають регульовану колію (відстань між колесами), а деякі і кліренс (відстань від найнижчої точки трактора до ґрунту або сільськогосподарської культури – агротехнічний просвіт);
- спеціалізовані – працюють в особливих умовах, або призначені для вирощування окремих культур (буряків, бавовнику, садові, виноградникові, болотні тощо).

За типом ходової частини трактори бувають гусеничні, колісні, колісно-гусеничні. Гусеничні створюють менший питомий тиск на ґрунт (0,035...0,05 МПа), мають менші втрати потужності на буксування і вищу прохідність, але більшу металоємність і складніші за будовою та дорожчі в експлуатації.

Колісні енергетичні засоби більш універсальні, але утворюють глибшу колію, прохідність їх на вологих і пухких ґрунтах гірша.

За типом остова трактори бувають рамні, напіврамні та безрамні. Остов є основою для монтажу всіх агрегатів, що входять до складу трактора. Найбільшу жорсткість мають рамні остови, а безрамні та напіврамні дещо полегшені, а отже, менш металомісткі. Остов звичайно виконують у вигляді клепаної або зварної рами, піврами, з'єднаної з корпусом трансмісії або двох піврам, з'єднаних шарнірно.

Силкові передачі самохідних енергетичних засобів забезпечують розподіл і підведення потужності двигуна до рушіїв і робочих органів машин. Елементами трансмісії (рис. 2.2) є: муфта зчеплення, коробка передач, роздавальна коробка, карданні передачі, головна передача, диференціал, бортові передачі (кінцеві передачі).

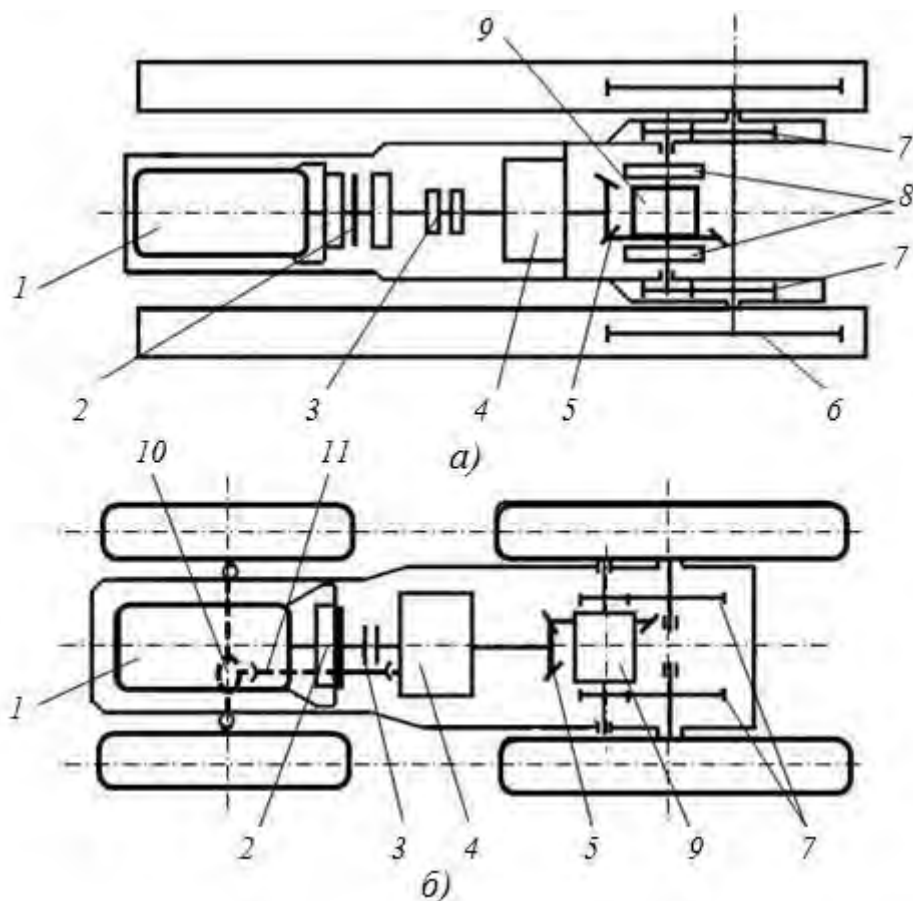


Рис. 2.2. Схема трансмісії:

*а) гусеничного трактора; б) колісного трактора; 1 – двигун; 2 – муфта зчеплення; 3 – проміжне з'єднання; 4 – коробка передач; 5 – головна передача; 6 – ведучі зірочки рушії; 7 – кінцеві передачі; 8 – механізм повороту; 9 – диференціал; 10 – передній міст; 11 – карданна передача*

Робоче обладнання самохідних енергетичних засобів слугує для агрегування робочих (технологічних) засобів, передачі потужності, поліпшення умов роботи оператора та підвищення ефективності роботи складових агрегату. До робочого обладнання відноситься: причіп (навіска), кузов (платформа), гідравлічна система, механізми відбору потужності, кабіна з органами управління.

До механізмів відбору потужності енергетичних засобів відноситься причіпний пристрій, вал відбору потужності (ВВП) та привідний шків. Причіпний пристрій може бути маятниковий, що має шарнір спереду осі ведучих коліс (полегшує повертання агрегату за рахунок меншого моменту опору повертання). Пристрій з жорстким приєднанням до остова трактора (переважний) має шарнір на причіпній скобі, що з'єднується з поперечною планкою ззаду осі ведучих коліс.

Гідравлічна начіпна система (рис. 2.3) складається з гідравлічного приводу (бак з фільтром, насос, розподільник), силового і виносних циліндрів, маслопроводів та гідроарматури, а також начіпного механізму. Гідравлічний насос приводиться в дію від двигуна трактора, утворює у гідравлічній системі

тиск. Розподільник спрямовує потоки масла високого тиску у гідроциліндри (гідродвигуни). Останні опускають та піднімають органи робочих машин, або через виносні циліндри (двигуни) приводять у дію механізми причіпних (напівначіпних) машин.

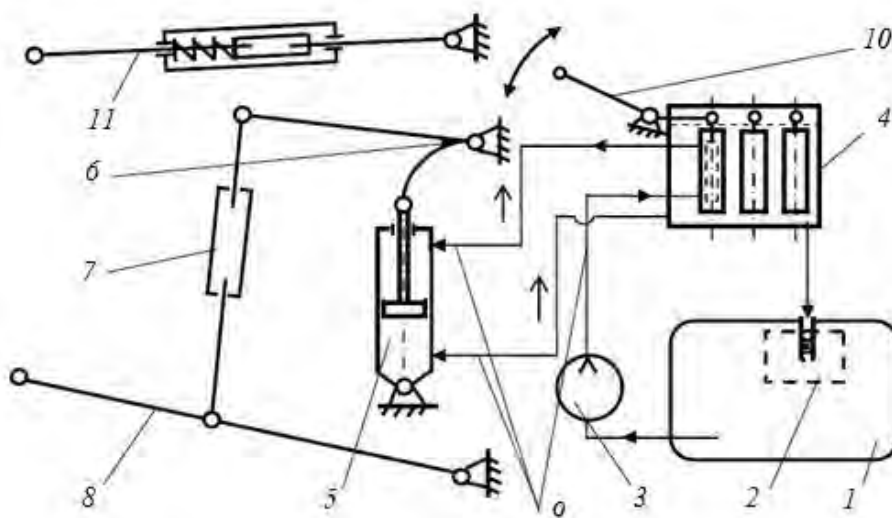


Рис. 2.3. Принципова схема гідравлічної начіпної системи:

- 1 – бак для масла; 2 – фільтр; 3 – гідронасос; 4 – розподільник;  
 5 – гідроциліндр; 6 – важіль підняття; 7 – розкос; 8 – поздовжня тяга;  
 9 – гідроарматура; 10 – важіль управління золотником розподільника;  
 11 – верхня тяга начіпного механізму

На навісці тракторів для причепних машин, що мають велику базу у робочому положенні, начіпний механізм кріпиться за двоточною схемою (поздовжні тяги на тракторі зсунуті в одну точку), або триточною – коли машина (знаряддя) має одне опорне колесо, малу ширину захвату і понижену стійкість у поперечно-вертикальній площині.

Для тракторів до 14 кН включно характерною є тільки триточкова схема. У них розкоси з поздовжніми тягами з'єднують або через круглий отвір (триточно), або кулісу (машина у поперечному напрямку має можливість копіювати рельєф опорними колесами).

Коробка передач має передачі переднього ходу, які поділяють на три діапазони: знижувальні робочі, робочі і транспортні. Знижувальні робочі передачі забезпечують швидкість тракторного агрегату 0,1 – 5 км/год, їх використовують при посадці овочевих культур і дерев, збиранні картоплі і буряків, при роботі з навантажувачами безперервної дії та меліоративних роботах. Робочі передачі швидкістю тракторного агрегату 5 – 15 км/год і застосовуються під час основного і передпосівного обробітку ґрунту, сівби, догляду за рослинами та при збиранні врожаю. Транспортні передачі регулюють швидкість руху при холостих переїздах та перевезенні вантажів причепами.

Ходова частина призначена для перетворення крутного моменту, створеного двигуном і збільшеного механізмами силової передачі, в зусилля, яке дає можливість здійснювати поступальний рух трактора. Крім того, ходова частина сприймає вагу трактора і забезпечує:

- необхідне для пересування трактора зчеплення з дорожнім покриттям або ґрунтом;
- найменший питомий тиск на дорожнє покриття або ґрунт;
- найменші витрати потужності на переміщення та буксування.

Ходова частина колісного трактора складається з остова, ведучих і напрямлюючих коліс, переднього моста та підвіски остова; гусеничного – із остова, гусеничних рушіїв та підвіски.

Універсальні колісні трактори виготовляють за двома класичними схемами: зі збільшеними задніми колесами та з колесами однакового діаметра (звичайно – повноприводні). Ходова частина колісного трактора складається з провідних та напрямлюючих коліс, а також елементів їх зв'язку з остовом – підвіски.

На тракторах зазвичай застосовують колеса з пневматичними шинами низького та наднизького тиску. Тракторні шини для провідних коліс мають малюнок протектора типу «розрізана ялинка», а на ведених – поздовжні канавки протиковзання. Пневматичні шини колісних тракторів пом'якшують поштовхи і дозволяють досягти порівняно високої швидкості руху. Однак зчеплення з ґрунтом у колісних тракторів гірше, ніж у гусеничних, тому колісні трактори мають меншу силу тяги і буксують на пухких і вологих ґрунтах. Щоб поліпшити зчеплення з ґрунтом, деякі колісні трактори виготовляють з усіма ведучими колесами.

Підвіска колісного трактора, у залежності від компонування, може бути залежною або незалежною. Особливістю є те, що у більшості тракторів присутня пружна підвіска тільки переднього моста. Задній міст трактора жорстко з'єднується з рамою. Для покращення комфорту тракториста передбачається підвіска кабіни. Конструктивно підвіска не відрізняється від підвіски автомобілів: складається з пружних елементів (пружин, ресор, торсіонів тощо), амортизаторів та направляючих (важелів).

До механізму керування колісного трактора входять рульове та гальмівне керування. За конструкцією рульове керування колісного трактора принципово не відрізняється від рульового керування автомобіля. Механізми керування гусеничного трактора складаються з механізмів повороту і гальм. Рульовим керуванням і механізмами повороту змінюють напрямок руху трактора. За допомогою гальм зменшують швидкість рухів, зупиняють і утримують його на схилах, гальмами користуються і при виконанні крутих поворотів.

Поворот гусеничного трактора здійснюється від'єднанням від трансмісії тієї гусениці, в бік якої слід повернути. У якості механізму повороту частіше використовують планетарні механізми або сухі фрикційні багатодискові муфти. Планетарні механізми повороту складаються з симетрично розміщених однакових планетарних передач, призначених для керування лівою (I) і правою (II) гусеницями трактора (рис. 2.4).

Механізм розміщений у корпусі встановленому на вальницях у картері заднього моста. На зовнішній поверхні корпусу планетарного механізму 4 закріплено ведену шестерню головної передачі 5, а у середині – дві коронні

шестерні 6. На осях водила 8 вільно посаджені сателіти 9, які знаходяться у постійному зчепленні з коронною і сонячною 10 шестернями водночас. Водило 8 прикріплено до півосі 12, на якій розміщено зупинковий гальмівний шків 2 та ведуча шестерня кінцевої передачі 1.

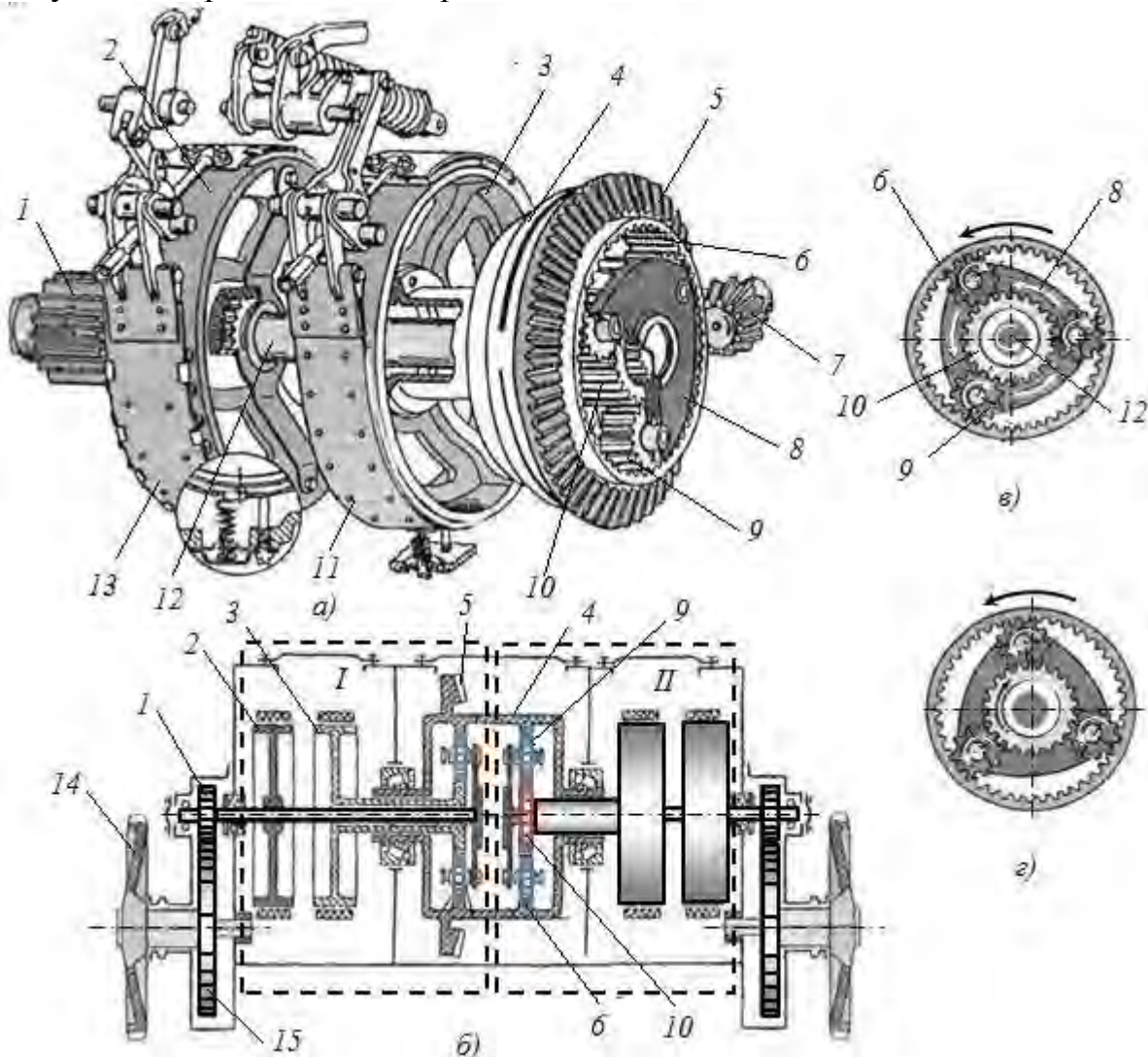


Рис. 2.4. Загальний вигляд (а), схема (б) і принцип дії планетарного механізму при прямолінійному русі (в) та повороту (з):

1 – ведуча шестерня кінцевої передачі; 2 – зупинковий шків; 3 – гальмівний шків; 4 – корпус планетарного механізму; 5 – ведене зубчасте колесо головної передачі; 6 – корона шестерня; 6 – водило; 7 – ведуча шестерня головної передачі; 8 – водило; 9 – сателіт; 10 – сонячна шестерня; 11, 13 – гальмівні стрічки; 12 – піввісь; 14 – ведуча зірочка гусениці; 15 – ведене зубчасте колесо кінцевої передачі

Маточина сонячної шестерні виготовляється разом з гальмівним шківом 3. Керування роботою планетарного механізму заднього ведучого моста здійснюється за допомогою педалей і важелів, розміщених у кабіні трактора.

При прямолінійному русі трактора педалі і важелі відпущені, при цьому зупинковий гальмівний шків 2 півосі вільний, а гальмівний шків сонячної шестерні 3 затягнутий стрічковим гальмом 11. Сонячна шестерня не рухається.

Шестерня головної передачі обертає корпус 4 разом з коронними шестернями. Внаслідок обертаються сателіти, вони рухаються нерухомою сонячною шестірнею. Рухомі осі сателітів водила 8 передають обертання півовісям 12, а від них – через кінцеву передачу – ведучим зірочкам гусениць.

Для повертання вправо або вліво переміщують відповідний важіль до себе, стрічка 11 відпускає гальмівний шків і сонячна шестерня звільняється. Сателіти починають обертати її, зусилля на водило не передається. Водило разом із своєю піввіссю зупиняється, гусениця від'єднується від трансмісії. Друга гусениця продовжує рух і повертає трактор. Для крутого повороту після переміщення важеля натискають на педаль гальма. При цьому затягується гальмівна стрічка зупинкового шківів 2 і піввісь 12 загальмовується.

Усі гальмівні стрічки сталеві. До внутрішньої поверхні гальмівних стрічок сонячних шестерень приклепані фрикційні накладки, а на стрічки зупинкових гальм встановлюють комплект окремих колодок з твердого фрикційного матеріалу.

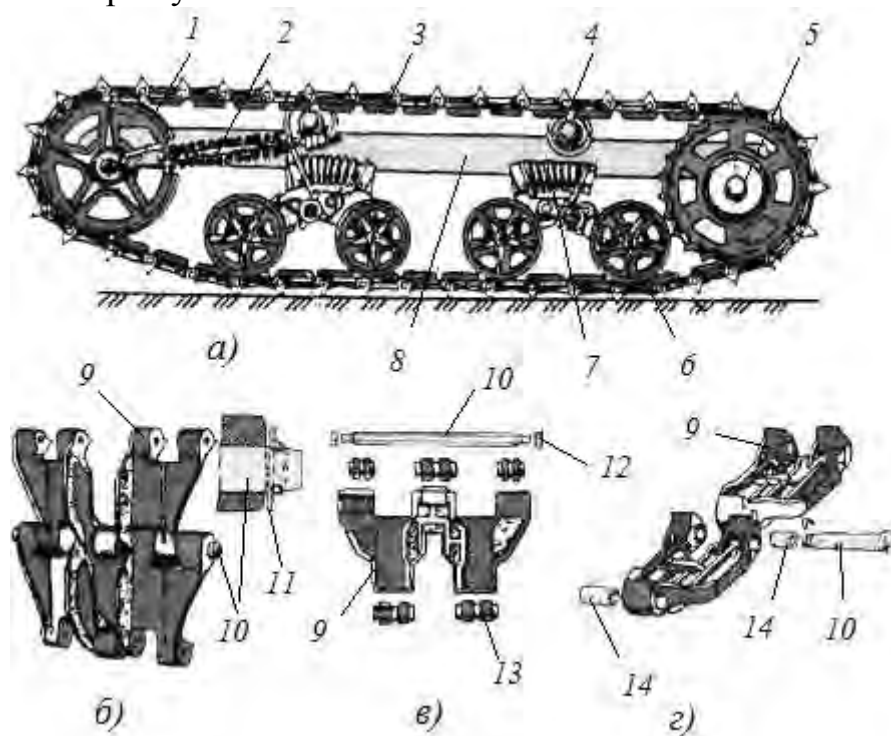


Рис. 2.5. Гусеничні рушії: а – еластична підвіска; б, в, г – типи гусениць; 1 – напрямляюче колесо; 2 – механізм натягування і амортизації; 3 – гусениця; 4 – підтримуючий ролик; 5 – ведуче колесо; 6 – опорний коток; 7 – пружина (амортизатор); 8 – рама; 9 – траки (ланки гусениці); 10 – палець; 11 – штопорне кільце; 12 – гайка; 13 – гумометалева втулка (шарнір); 14 – металева втулка

Гусеничні рушії складаються з гусениці 3, ведучого колеса (зірочки) 5, напрямляючого колеса 1 з натяжним амортизаційним пристроєм 2, опорних котків 6 і підтримуючих роликів 4, встановлених на рамі трактора (рис. 2.5).

При рухові трактора ведуча зірочка перемотує замкнутий гусеничний ланцюг. Його ланки безперервно укладаються перед опорними котками. Грунт, що знаходиться під опорною поверхнею гусениці, «опирається» зсуву ланками ланцюга. Цей опір у вигляді штовхального зусилля передається остову трактора, примушуючи його переміщуватись. Ланки, по яких уже пройшли опорні котки, безперервно піднімаються з поверхні ґрунту і спрямовуються до підтримуючих роликів.

Напрядне колесо встановлене на колінчастій осі, з'єднаній з механізмом натягування і амортизації. Гусеничний ланцюг натягують гвинтовим механізмом. Колесо 1, наштовхуючись на перешкоду, стискує пружину і відходить назад. Удари по колесу амортизуються пружиною.

Підтримуючі ролики захищають гусеничний ланцюг від значного провисання і поперечних коливань. Нормальний натяг гусениці визначають за величиною провисання середньої частини гусениці.

Гусениця – основна частина рушія. Вона являє собою замкнену металеву стрічку, яка складається з окремих ланок, з'єднаних між собою за допомогою пальців 10 (рис. 2.5). Ланки відливають з міцної, стійкої проти спрацювання, високомарганцевої сталі. З одного боку ланка має три, з другого – чотири вушка з отворами, у які встановлюють пальці. Середнє вушко має потовщення і служить цівкою для зачеплення із зубцями ведучої зірочки. Під кожним вушком розміщено ґрунтозачепи. Частина ґрунтозачепів має вигин, що сприяє стійкості під час руху і кращому зчепленню, особливо по снігу.

На внутрішній поверхні ланки є напрямні реборди (гребені) і бігові доріжки. По доріжках під час руху трактора котяться опорні котки балансирних кареток. Реборди проходять поміж ободами напрямляючого колеса і утримують гусеницю, щоб вона не спадала під час руху трактора. Ланки гусениць по краях (знизу і зверху) мають ребра. У зчленуваннях бігових доріжок передбачено перекриття опорних поверхонь. Перекриття забезпечують плавне безударне перекочування опорних котків.

Гусениці виконують з відкритими (рис.2.5, б), гумометалевими (рис. 2.5, б) або закритими (рис. 2.5, з) шарнірами. Гусениця із гумометалевими шарнірами має ресурс більше 4000 мотогодин, проти 900... 1200 мотогодин у гусениць з відкритим шарніром.

Підвіска гусеничного трактора може бути жорсткою, напівжорсткою та еластичною. У напівжорстких підвісках осі опорних котків і напрямляючого колеса з амортизуючим пристроєм встановлюють на рамі гусениці, яка задньою частиною шарнірно закріплена на остові трактора, а спереду з'єднана з остовом за допомогою ресори або пружини. Вісь кочення рами гусениці відносно остова співпадає з віссю ведучих коліс або розміщується перед нею.

У еластичних підвісках осі опорних котків з'єднуються з остовом трактора за допомогою пружин і важелів. Еластичні підвіски поділяють на незалежні і балансирні.



У незалежної підвіски кожний опорний коток має окремий пружний зв'язок з остовом, а у балансирної два або група опорних котків з'єднані з остовом за допомогою пружного зв'язку.

Найпоширеніші на тракторах еластичні балансирні підвіски (рис. 2.5, а). У цих підвісках осі опорних котків з'єднані системою балансирів і пружин у каретки, кожна з яких з остовом трактора зв'язана шарнірно через осі. Еластична підвіска, порівняно з напівжорсткою, забезпечує кращу плавність ходу при русі трактора на підвищених швидкостях.

### **Питання для самоконтролю**

1. *За якими ознаками класифікують трактори?*
2. *У чому полягає принципова різниця між автомобілями та тракторами?*
3. *Поясніть принципову схему гідравлічної напівної системи.*
4. *З яких вузлів складається трансмісія тракторів?*
5. *Поясніть принцип дії планетарного механізму повороту гусеничного трактора.*
6. *З яких частин складається гусеничний рушій?*
7. *Як побудована еластична балансирна підвіска гусеничного трактора?*
8. *Порівняйте за показниками колісні та гусеничні трактори.*

## **2.2. Машини для обробки ґрунту**

Відрізняють такі способи обробки ґрунту: основний (оранка), поверхневий (перед та післяпосівний), спеціальний. Основний – перший глибокий (20–45 см) з обертанням або без обертання скиби. Його виконують плугами або культиваторами-плоскорізами (глибокородпушувачами) для попередження водної чи вітрової ерозії або у засушливих умовах.

Поверхневий – проводиться до або після основного на глибину до 20 см та у процесі вегетації до 16 см. Його здійснюють: луцильниками (дискові та лемішні); культиваторами (парові – для суцільного обробітку, просапні – для міжрядного, спеціальні – садові, лісові тощо); боронами (зубові, дискові, шлейф-борони, голчасті тощо); фрезами (болотні, польові, садові, просапні); мотиками; котками (гладкі, шпорові, зубчасті, борончасті, пруткові).

За конструктивними особливостями розрізняють корпуси плугів відвальні, безвідвальні, вирізні, з ґрунтопоглиблювачами, висувним долотом, дискові, комбіновані та обладнані пластинчастою полицею (рис. 2.6). Класичні полицеві (відвальні) корпуси (рис. 2.6, а, б) використовують для оранки з обертанням та розпушуванням шару ґрунту. Такі корпуси складаються зі стояка 3, на якій закріплюються леміш 1, полиця 2, польова дошка 4. На полицях деяких корпусів закріплюють перо б для повного обертання шару ґрунту, змінні груди полиці 5.

Безвідвальний корпус (рис. 2.6, в) призначається для розпушування ґрунтів у вітроерозійних та засушливих районах. Складається зі стояка, лемеша, розширювача та щитка. Шар ґрунту кришиться у результаті підрізання його лемешем, деформації розширювачем та удару об дно борозни.

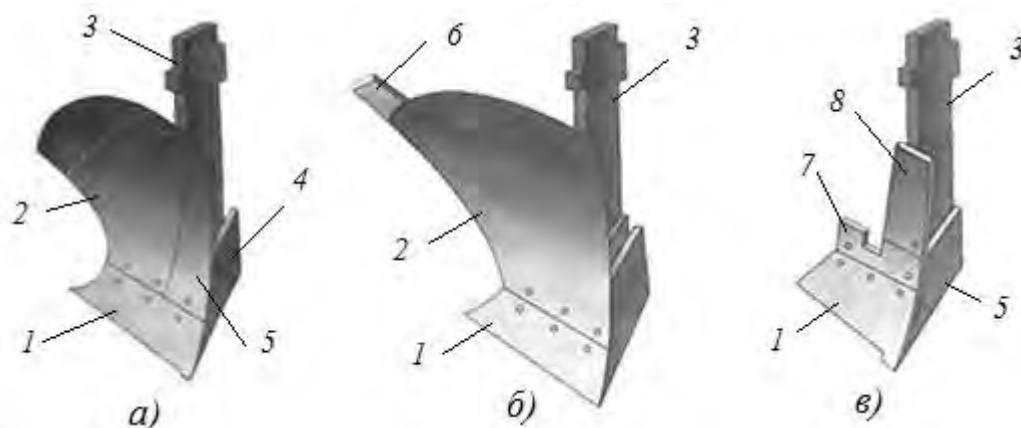


Рис. 2.6. Типи плугів: полицевий культурний (а), полицевий напівгвинтовий (б), безполицевий (безвідвальний) (в):

1 – леміш; 2 – полиця; 3 – стояк; 4 – польова дошка; 5 – грудь полиці;  
6 – перо полиці; 7 – розширювач; 8 – щиток

Існує багато інших спеціальних конструкцій корпусів плугів призначених для оранки у специфічних умовах.

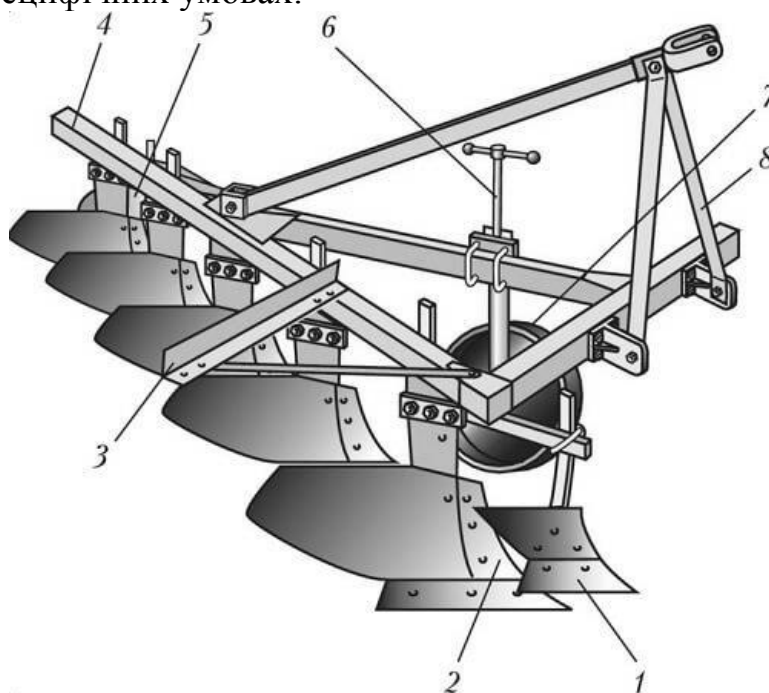


Рис. 2.7. Начіпний п'ятикорпусний плуг:

1 – передплужник; 2 – корпус плуга; 3 – причіп для борін; 4 – рамка;  
5 – дисковий ніж; 6 – гвинтовий механізм; 7 – опорне колесо; 8 – стояк

На практиці, як правило, використовують багатокорпусні плуги. Частіш застосовують три – , чотири – , п'яти – , семи – , восьми – і дев'ятикорпусні начіпні плуги загального призначення. На рисунку 2.7 показана конструкція п'ятикорпусного плугу. Він складається з п'яти корпусів та п'яти передплужників, дискового ножа, опорного колеса з гвинтовим механізмом, рами, начіпного пристрою (підвіски) для з'єднання з трактором, причіпного

пристрою для борін. Перед останнім корпусом плуга на кронштейні змонтований дисковий ніж. Диск ножа встановлений на вальниціях кочення. До начіпного пристрою плуга відноситься розкіс, стояки і кронштейни з пальцями. На плузі встановлюють корпуси з культурною або напівгвинтовою поверхнями.

Під час руху орного агрегату дисковий ніж розрізує ґрунт, передплужники підрізують невеликий верхній шар ґрунту, піднімають його, перевертають і спрямовують на дно борозен. Корпуси плуга підрізують основні скиби в горизонтальній і вертикальній площинах, перевертають їх і подають на скиби верхнього шару ґрунту. Глибину оранки регулюють гвинтовим механізмом опорного колеса.

Культиватори за призначенням поділяють на такі групи: для суцільного (парові), міжрядного обробітку ґрунту (просапні), універсальні і спеціального призначення.

Культиватори для суцільного обробітку ґрунту застосовують для підрізування бур'янів, розпушення, передпосівного обробітку ґрунту тощо.

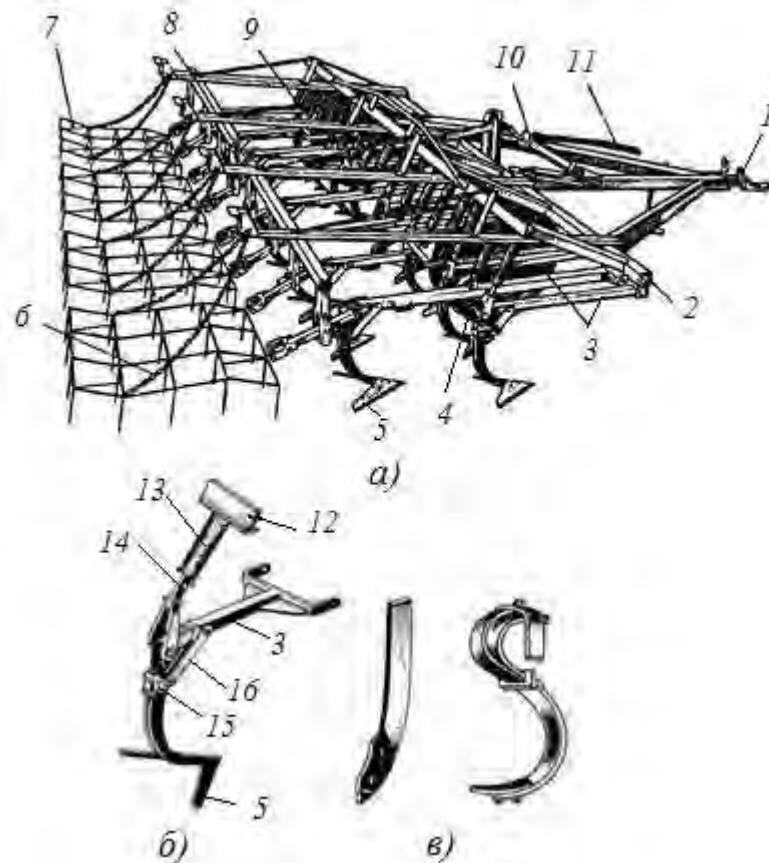


Рис. 2.8. Культиватор для суцільного обробітку ґрунту (а), робоча секція (б), розпушуючі лапи (в):

- 1 – причіп; 2 – рами; 3 – гряділі; 4 – опорні колеса; 5 – стрілкові лапи;  
 6 – ланцюг; 7 – зубова борона; 7 – пристрій для навішування борін;  
 9 – натискні штанги; 10 – гідроциліндр; 11 – шланг високого тиску;  
 12 – кутник лапи; 13 – пружина; 14 – штанга; 15 – тримач;  
 16 – планка

Просапні культиватори використовують для міжрядного обробітку просапних культур, їх називають ще культиватори-рослинопідживлювачі. Такі культиватори обладнують туковисівними апаратами. Вони розпушують ґрунт, підрізують бур'яни, підгортають рослини у рядках, проводять підживлення рослин.

Робочими органами культиваторів є плоскорізальні і розпушувальні лапи, лапи-полічки, підживлювальні ножі, підгортальні та борознонарізувальні корпуси, голчасті диски, зуби борін, роторів, ножі дисків тощо.

Універсальні культиватори застосовують для суцільного, часто передпосівного і міжрядного обробітку ґрунту. Культиватор (рис. 2.8) складається з рами 2, довгих та коротких гряділів 3, двох опорних пневматичних коліс 4 з гвинтовими механізмами, пристосування для навішування борін, причіпного пристрою 1 та гідроциліндра 10. На культиваторі можуть встановлюватися стрілчасті (рис. 2.8, б) або розпушуючі лапи (рис. 2.8, в). Культиватори для суцільного обробітку парів, передпосівного обробітку ґрунту агрегатуються з боронами.

*Луцнення* – обробіток ґрунту на невелику глибину, який передує оранці. Проводиться з метою розпушування ґрунту, збереження вологи, загортання у ґрунт поживних решток, шкідників та збудників хвороб культурних рослин, насіння бур'янів та провокування його до проростання.

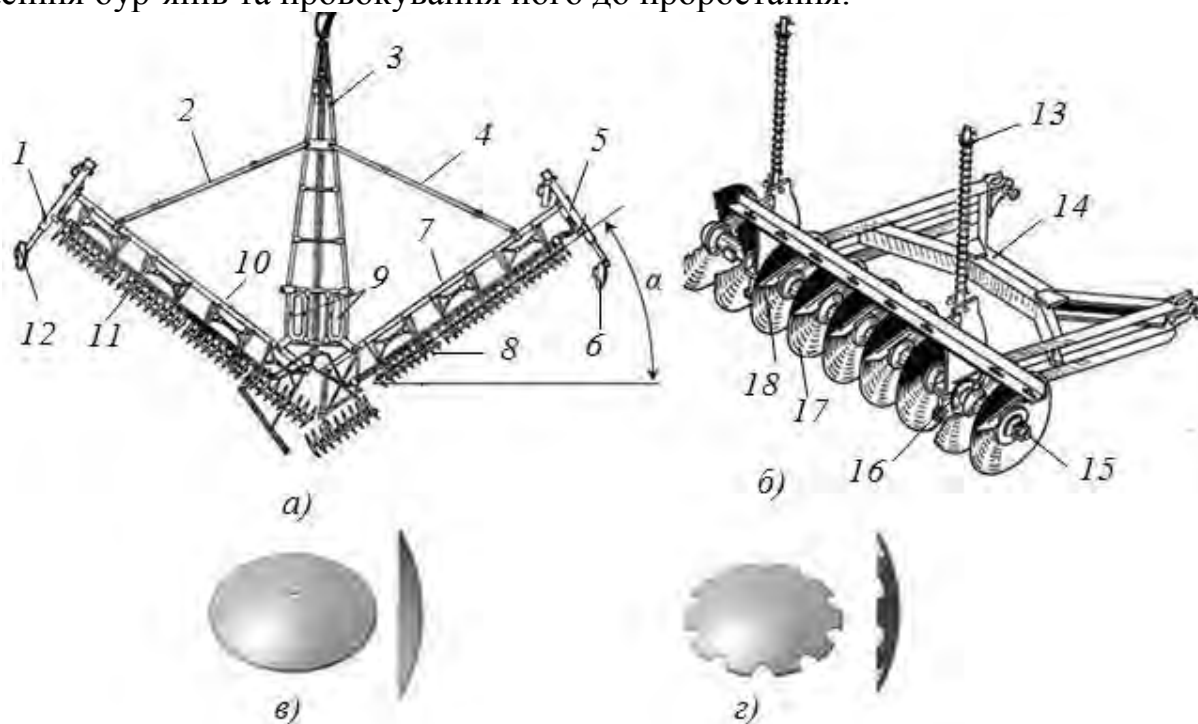


Рис. 2.9. Луцильник дисковий ЛДГ– 10А: а – загальний вид; б – права робоча секція; в, з – луцильні диски:

1 – ліва каретка; 2 і 4 – тяги розсувні; 3 – причіпний пристрій; 5 – права каретка; 6 і 12 – опорні колеса кареток; 7 і 10 – правий і лівий бруси секцій; 8 – права робоча секція; 9 – опорні колеса рами; 11 – ліва робоча секція; 12 – штанга с пружиною; 14 – рамка; 15 – вісь батареї; 16 – вальниця; 17 – диск; 18 – скребок

Лущення ґрунту проводиться дисковими та лемішними луцильниками. Робочі органи дискових луцильників – сферичні диски зібрані у спеціальні батареї і насаджені на загальних осях, які встановлені на вальницях. З батареї складають окремі секції (рис. 2.9). Кут установки дисків до лінії руху називають кутом атаки. Для луцильників він складає до  $35^{\circ}$ . Розсувні телескопічні тяги дають можливість встановлювати диски під кутом (кутом атаки)  $35, 30, 20$  і  $15^{\circ}$ . Якщо кут атаки дисків  $35$  і  $30^{\circ}$ , то він працює як луцильник, а при  $20$  і  $15^{\circ}$  – як дискова борона.

*Боронування ґрунту* – найбільш поширений, продуктивний, економічно вигідний і ефективний спосіб знищення бур'янів у фазі «білої ниточки», боротьби за збереження вологи у ґрунті, руйнування ґрунтової кірки. Усе це безпосередньо сприяє збільшенню майбутнього врожаю.

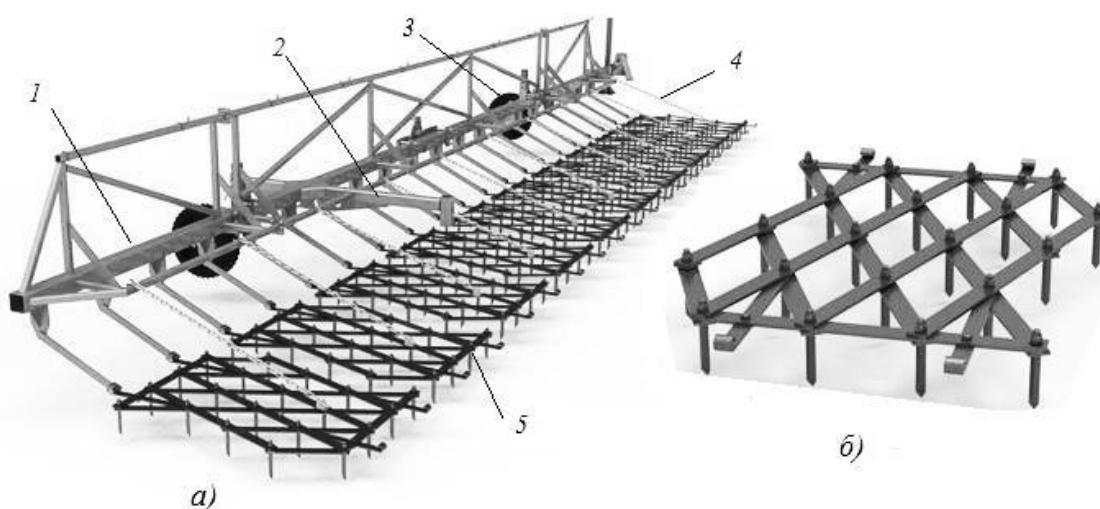


Рис. 2.10. Зубова борона: загальний вигляд (а), секція борони (б):  
 1 – рама; 2 – причіп (повернуто у транспортне положення); 3 – опорне транспортне колесо; 4 – ланцюг; 5 – секція борони

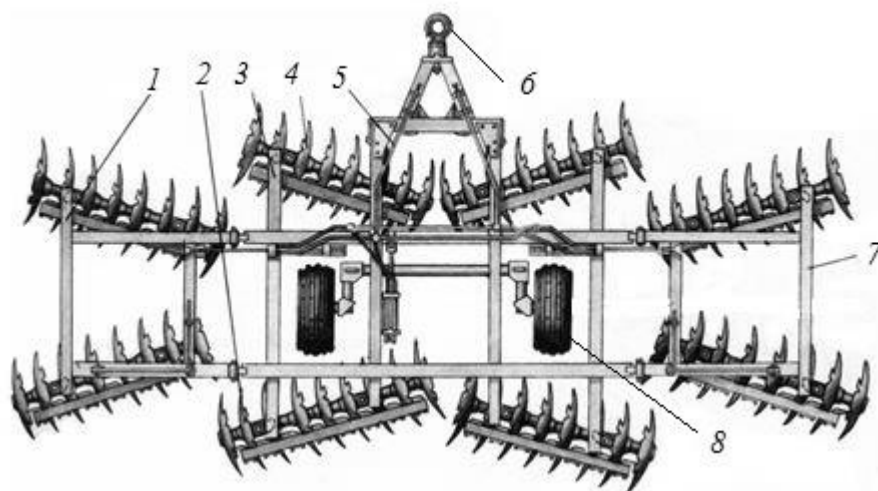


Рис. 2.11. Борона дискова важка:  
 1 – рама бокова ліва; 2 – батарея з дев'ятьма дисками; 3 – рама середня;  
 4 – батарея з дисками; 5 – гідросистема; 6 – причіп; 7 – рама бокова права;  
 8 – транспортні колеса

За конструкцією робочих органів борони поділяють: на зубові і дискові. Зубові борони мають робочі органи у вигляді зубів, нижня частина яких робоча. Зуби закріплюють на жорсткій або шарнірній рамі. Остання складається з окремих ланок з робочими органами, які шарнірно з'єднані між собою (рис. 2.10).

Зуби борін бувають прямі, лапчасті та криволінійні на пружинному стояку. Поперечний переріз зубів буває квадратний, круглий, еліпсоподібний і прямокутний. Зуби квадратного, круглого і еліпсоподібного перерізів у нижній частині загострені.

Дискові борони за конструкцією аналогічні луцильникам. Відміна полягає у куті атаки (до  $20^{\circ}$ ) та компонованні секцій, зазвичай, використовують багатоступеневу компоновку (рис. 2.11).

### Питання для самоконтролю

1. З яких деталей складається корпус відвального плуга?
2. Вкажіть призначення деталей плуга.
3. Для чого у плугах призначений передплужник?
4. Які робочі органи використовують в універсальних культиваторах?
5. Поясніть будову дискового луцильника.
6. При якій компоновці дискова борона може бути використана як луцильник?

### 2.3. Посівні машини

Сівалки призначені для висіву заданої кількості насіння рівномірно за прийнятним видом та способом сівби і загортання насіння на потрібну глибину в ґрунт.

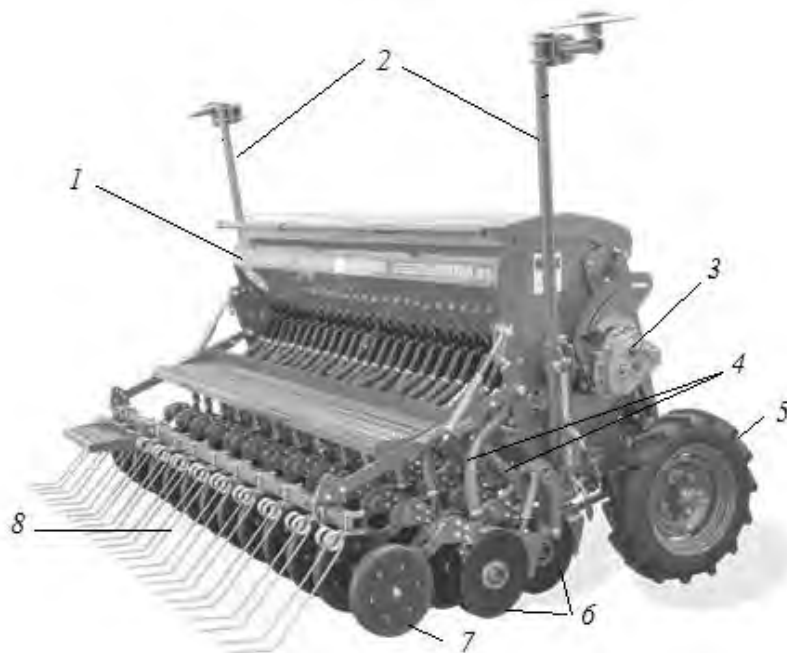


Рис. 2.12. Загальний вигляд зернової сівалки типової компоновки:

- 1 – бункер насіння та туків; 2 – маркери; 3 – привід механізмів сівалки;  
 4 – насіння – та тукопроводи; 5 – опорне колесо; 6 – сошники; 7 – котки;  
 8 – граблини

Будь-які сівалки складаються з таких основних вузлів: бункерів насіння, насінневисівних апаратів, насінняпроводів, сошників, пристроїв для загортання борозен (рис. 2.12). Якщо сівалка призначена для одночасного з сівбою внесення добрив (зерно-тукова сівалка), додаються бункери для туків, дозатори добрива та відповідні тукопроводи та сошники. У конструкцію сівалки також входять рама, причіп, механізм регулювання заглиблення сошників. Сучасні сіваки обладнані електронним блоком контролю та управління процесом висіву. Технологічний процес висіву показаний на рисунку 2.13.

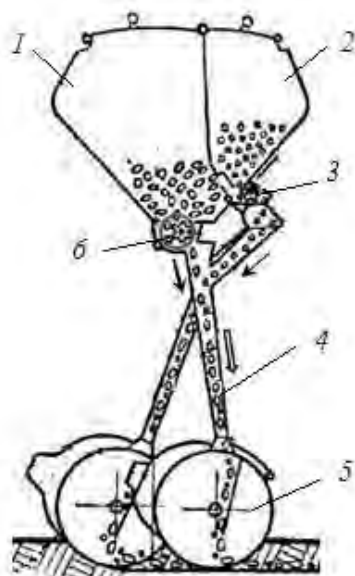


Рис. 2.13. Технологічна схема роботи зерно-тукової сівалки:  
 1 – бункер насіння; 2 – бункер туків; 3 – туковисівний апарат;  
 4 – насіння-провід; 5 – сошники; 6 – насінневисівний апарат

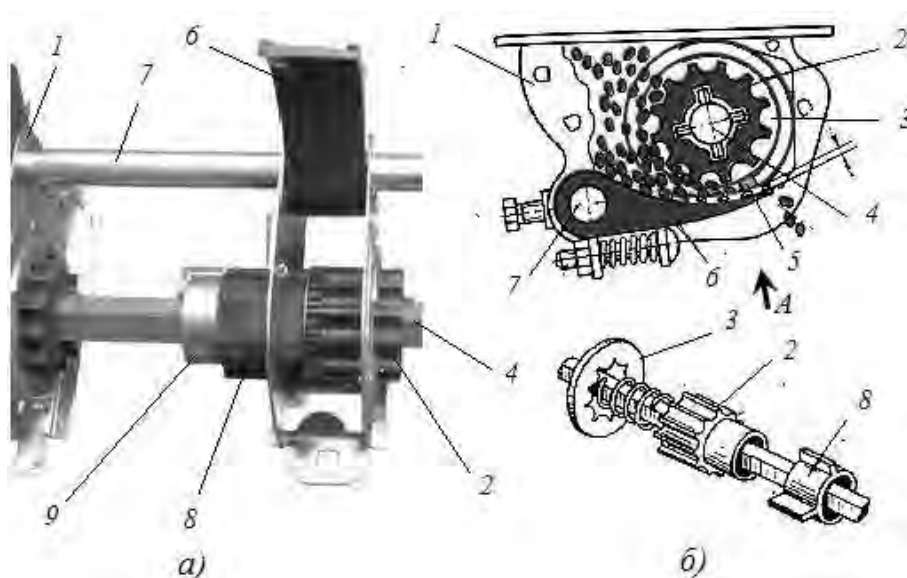


Рис. 2.14. Частина висівних апаратів сіялки (а) (вигляд з напрямку А, клапан відчинений), функціональна схема та деталі апарату (б):

1 – коробка; 2 – котушка; 3 – розетка; 4 – вал висівних апаратів;  
 5 – ребро муфти; 6 – клапан; 7 – ось клапанів; 8 – муфта; 9 – упорна шайба

Насіння самопливно опускається вниз, захоплюється насінневисівними катушковими апаратами, а у туковому ящику – туковисівними. Ці апарати під час руху сівалки приводяться в обертний рух від опорних коліс за допомогою механізму передач. Захоплене зерно та туки викидаються у насінняпровід та укладаються в борозну, що утворена сошниками.

У якості насінневисівних розповсюдження отримали катушкові висівні апарати (рис. 2.14). Основними складальними одиницями катушкового висівного апарату є корпус (насіннева коробка) 1, рифлена катушка 2, розетка 3, муфта 8, вал 4, упорна шайба 9 і підпружинний спустошувальний клапан 6.

Бічні стінки корпусу мають отвори. В один із них установлюють розетку, а в другий – холосту муфту. Розетка має спеціальні вирізи для входу катушки. Катушка закріплена на валу і обертається під час роботи разом з валом та розеткою. На муфті є ребра, які входять у вирізи корпусу і фіксують її. Розетка і муфта забезпечують щільне з'єднання катушки з корпусом. Таке з'єднання надає можливість катушки вільно пересуватися уздовж осі в корпусі разом з валом і муфтою. У нижній частині корпусу на осі 7 встановлений підпружинний криволінійний клапан, який призначений для спустошення насінневого ящика і також є запобіжним.

При обертанні катушки насіння потрапляє в її жолобки і переміщується разом з активним шаром, що охоплює нижню частину катушки, через поріжок спустошувального клапана у насіннепровід. У висіванні насіння бере участь тільки та частина катушки, яка розміщується всередині корпусу, тобто робоча частина. Кількість висіву насіння залежить від довжини робочої частини катушки і частоти її обертання.

Частоту обертання регулюють механізмом приводу висівних апаратів. Довжину робочої частини катушок установлюють важелем групового регулятора висіву насіння, переміщуючи його вліво або вправо по сектору. Зазор між клапаном і нижнім ребром муфти регулюють груповим важелем і гайкою болта клапана в межах 0...2 мм для зернових культур і 8...10 мм - для зернобобових.

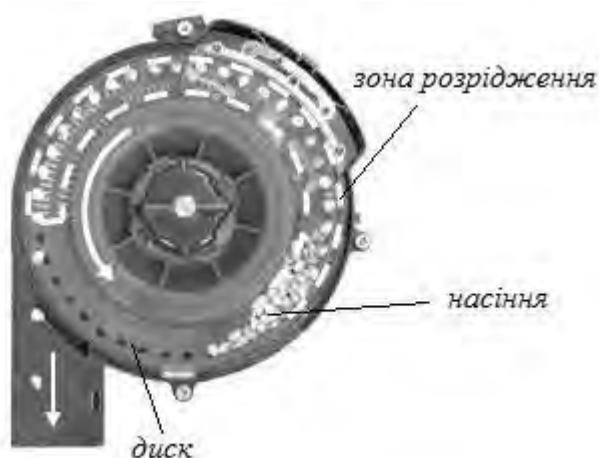


Рис. 2.15. Схема роботи дискового вакуумного висівного апарату



Для точного висіву, наприклад пунктирного висіву кукурудзи, використовують сівалки з дисковими вакуумними висівними апаратами (рис. 2.15). Основним вузлом такого апарату є диск, який складається з двох з'єднаних один до одного дисків. Перший, що обернений до зони розрядження, має дрібні отвори. Другий – отвори, які відповідають розмірам насіння. При обертанні другого диска насіння присмоктується до отворів диска завдяки розрідженню, яке створене у вакуумній камері з іншого боку диска сівалки (через отвори втягується повітря із насінневої камери). Диск під час руху обертається від привідного колеса сівалки і переміщує насіння до місця викиду.

На місці викиду зона розрідження закінчується – насіння більше нічого не тримає біля отвору диска, і воно падає у насіннепровід, який направляє його у посівне ложе, яке формує дводисковий сошник. Розрядження утворюється відцентровим вентилятором, який приводиться до дії валом відбору потужності трактора.

Сошники призначені для формування борозни однакового профілю і заданої глибини. Вони не повинні виносити нижні шари ґрунту на поверхню поля, щоб не було втрат вологи. Дно борозни після проходження сошника має бути ущільнене, а насіння рівномірно розподілене в борозні. Конструкція сошника також забезпечує присипання насіння вологим шаром ґрунту.

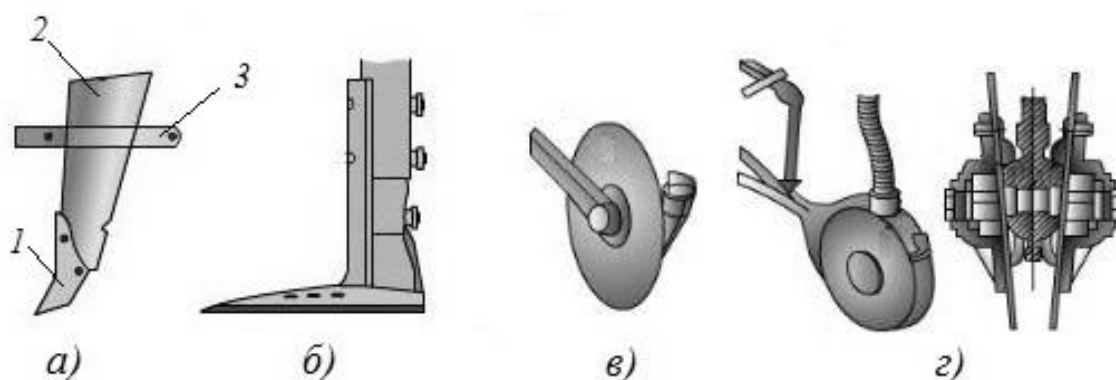


Рис. 2.16. Сошники: анкерний (а), лаповий (б), одно дисковий (в) та дводисковий (г): 1 – *наральник*; 2 – *лійка*; 3 – *кронштейн*

На посівних і садильних машинах установлюють *наральникові* і *дискові* сошники (рис. 2.16). Анкерний сошник (рис. 2.16, а) складається із *лійки* для насіння (трубки) 2, *наральника* (носки) 1 та *кронштейна* 3. Під час руху носок сошника 1 утворює борозну, а із *лійки* насіння потрапляє на дно борозни. Такі сошники мають гострий кут входження у ґрунт. Їх застосовують для роботи на чистих від бур'янів і рослинних решток полях і розпушених ґрунтах за нормальної вологості.

*Лапові* сошники (рис. 2.16, б) у нижній частині мають стрічасті лапи. Під час роботи лапа підрізає і розпушує ґрунт, а по трубці під лапу подається насіння. Такі сошники встановлюють на сівалках для сівби по стерні.

*Однодискові* сошники (рис. 2.16, в) мають диск, що приклепаний до чавунної маточини з запресованою вальницею. При роботі диск обертається під кутом атаки в  $8^{\circ}$  і кутом крену в  $20^{\circ}$ . Знизу прикріплений чистик – для

очищення диска від землі та перешкоджання надто ранньому засипанню борозни. Використовують як на оброблених, так і на необроблених полях із збереженням стерні в зонах з вітровою ерозією.

Дводискові сошники (рис. 2.16, з) подібні до попередніх, але мають два диски, що обертаються під кутом  $10^{\circ}$  один до одного. Вони найскладніші за конструкцією, важкі, збільшують тягове зусилля на трактор, але дозволяють проводити якісну сівбу і точно витримувати глибину на будь-яких полях.

#### Питання для самоконтролю

1. Вкажіть основні структурні елементи зернової сівалки.
2. Поясніть будову та роботу зерно– тукової сівалки.
3. Як працює катушковий висівний апарат?
4. Поясніть будову та принцип дії дискового вакуумного висівного апарату.
5. Які види сошників використовують у зернових сівалках?
6. Поясніть будову та принцип дії однодискового сошника.

#### 2.4. Зернозбиральні комбайни

Найбільше розповсюдження набули самохідні комбайни загального призначення (універсальні – для збирання зернових колосових культур, зернобобових і круп'яних, насінників трав тощо).

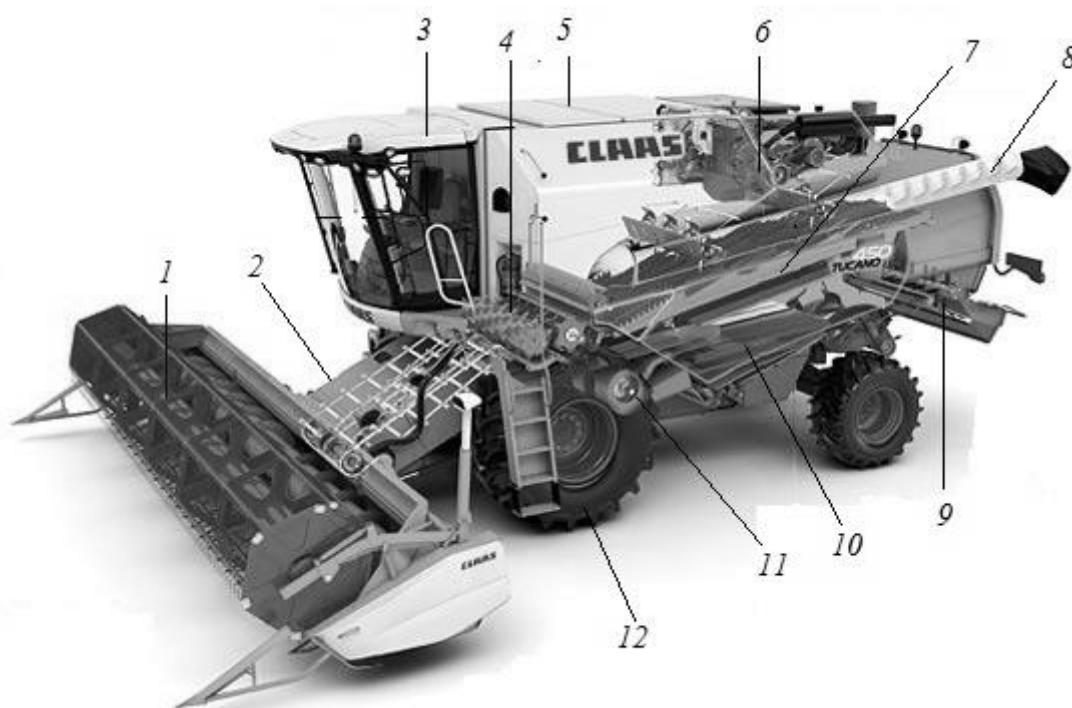


Рис. 2.17. Загальна будова барабанного(клавішного) зернозбирального комбайна: 1 – жатка; 2 – похила камера; 3 – кабіна; 4 – молотильний апарат; 5 – зерновий бункер; 6 – двигун; 7 – клавішний соломотряс; 8 – шнек вивантаження зерна; 9 – подрібнювач соломи; 10 – решета системи очистки; 11 – вентилятор; 12 – ведучі колеса

Зернозбиральний комбайн (рис. 2.17) складається з таких взаємопов'язаних елементів: основи з кабіною, жатки, похилої камери, молотильної системи, очисної системи, соломоочисника, зернового елеватора, бункера, ходової системи, двигуна, а також інформаційно-керувальної системи, яка забезпечує безпосередній контроль та оперативне керування режимами роботи елементів зернозбирального комбайна.

Першим агрегатом у технологічному процесі комбайна є жатка. Її основні вузли це мотовило, різальний агрегат, шнек (рис. 2.18).

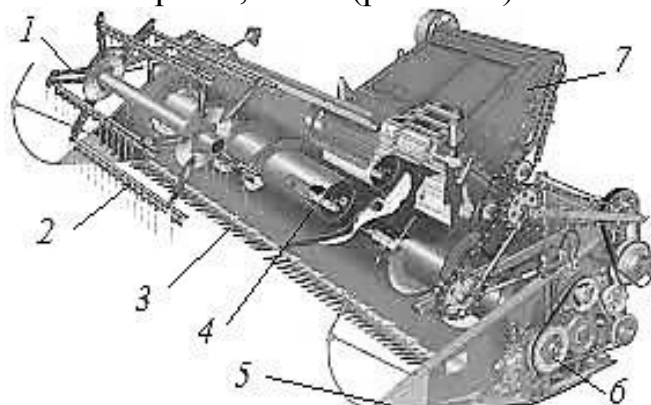


Рис. 2.18. Схема жатки комбайна:

*1 – мотовило; 2 – граблини мотовила; 3 – різальний агрегат; 4 – шнек жатки; 5 – подільник, 6 – привід жатки; 7 – похила камера*

Під час руху комбайна граблини мотовила відокремлюють певну частину хлібної маси і підводять її до різального агрегату, зрізані стебла граблинами подаються до шнека жатки. Стрічки шнека спірального типу переміщують хлібну масу з периферії до пальчикового механізму. Він захоплює стебла і подає їх до похилої камери, де бітер проставки спрямовує масу до стрічкового транспортера. Нижня вітка транспортера переміщує хлібну масу вгору до молотильного апарата.

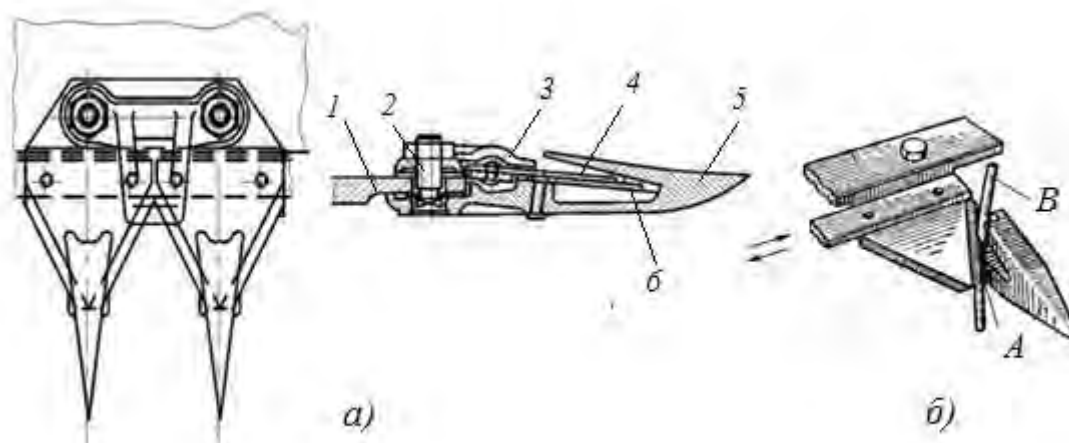


Рис. 2.19. Сегментно-пальцевий різальний апарат (а) та принцип підпорного зрізування (б):

*1 – пальцевий брус; 2 – болт; 3 – притискна ланка; 4 – сегмент; 5 – палець; 6 – протирізальна пластина*

Різальний апарат працює за принципом дії звичайних ножиців. Він складається з рухомих сегментів, які кріпляться до рухомої планки, та нерухомих протирізальних пластин. На рисунку 2.19 показана конструкція різального апарата сегментно-пальцевого типу. Різальна частина – сегменти 4 приклепані до спинки ножа. Протирізальні пластини 6 закріплені на пальці 5. Пальці болтами закріплені до пальцевого бруса 1. Для надання жорсткості кріпленню, пальці оснащені підпорами. У роботі реалізується принцип підпiрного зрізування. Сегмент підводить рослину до протирізальної пластини і, затиснувши її у розхилі елементів апарата, зрізає. У момент зрізу стебло (елемент В) спирається одночасно на протирізальну пластину (точка А) та на пероподібний відросток, тобто на дві опори (рис. 2.19,б). Це зменшує імовірність прогину стебла і тим самим підвищує надійність зрізу.

У якості приводів різальних апаратів використовують багато різних механізмів. Серед них найбільш прості та надійні такі типи приводів: кривошипно-повзунний, синусний, просторовий шестиланковий механізм, механізми коливної шайби тощо. Механізм коливної шайби має невеликі габарити та складається з мінімальної кількості деталей (рис. 2.20).

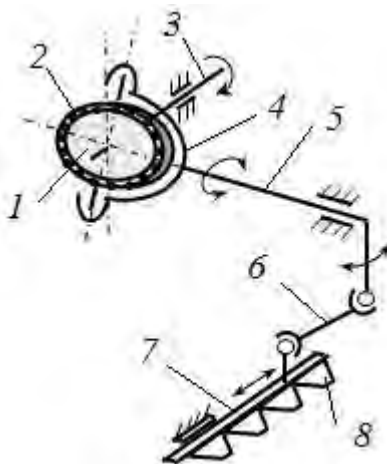


Рис. 2.20. Кінематична схема приводу різального апарату механізмом коливної шайби:

1 – коливальна шайба; 2 – вальниця; 3 – вал приводу механізму; 4 – вилка; 5, 6 – важелі; 7 – рухома планка різального апарату; 8 – сегменти

Колівальний рух у механізмі утворюється шайбою, що встановлена під кутом до осі приводного валу. На зовнішній поверхні шайби встановлена вальниця, до зовнішнього кільця якої приєднана вилка. При обертанні валу вилка здійснює коливальні рухи, які за допомогою важільної системи передаються рухомій планці різального апарату.

Стабільна і високопродуктивна подача хлібної маси зі збереженням зерна і соломи у жатки досягається застосуванням шнека великого діаметра з великим кроком витків та з пальцями по всій довжині шнека. Таке технічне рішення запобігає скручуванню хлібної маси на шнекові та забезпечує якісну подачу матеріалу до похилої камери.

Для якісного виконання зрізу у сучасних жатках передбачається синхронізація частоту обертання мотовила з швидкістю руху комбайна.

За типом молотильно-сепарувального пристрою розрізняють комбайни з класичною барабанно-клавійною системою і роторні. У світі виробляється більше зернозбиральних комбайнів, обладнаних барабанними молотильними системами. Такі молотильні системи ефективно виконують процес при збиранні зернових колосових культур, особливо на невеликих площах при відносно невисокою врожайності.

Класична барабанно-клавійна система обмолоту та сепарації зерна складається з молотильного барабана, відбійного бітера і клавійного соломотрясу (рис. 2.21).

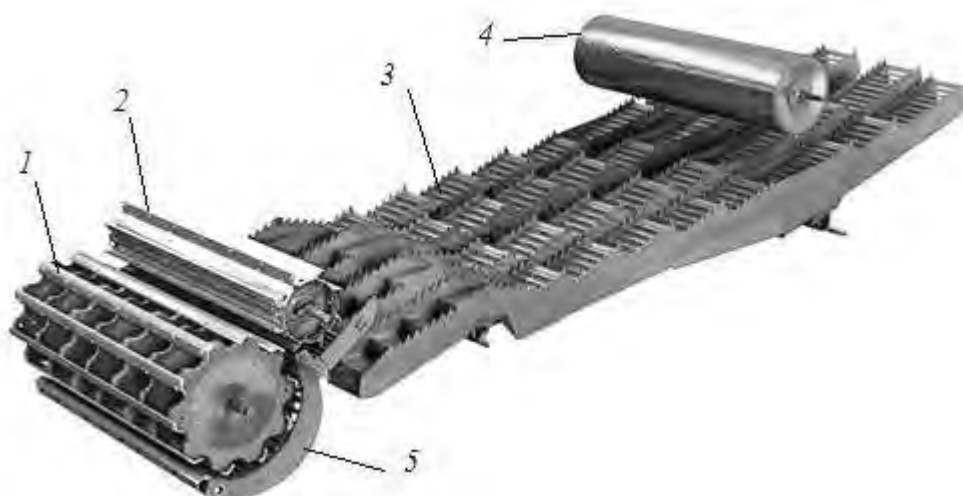


Рис. 2.21. Барабанний молотильно-сепараційний пристрій:  
 1 – барабан; 2 – відбійний бітер, 3 – клавійний соломотряс;  
 4 – розпорошувач обмолоченої маси; 5 – підбарабання (дека)

Барабанні молотильні системи зернозбиральних комбайнів складаються із одного або декількох барабанів діаметром 0,45 – 0,8 м і довжиною 1,06 – 1,7 м, які виконують обмолот з прискоренням або без прискорення хлібної маси.

Зрізані колосся з транспортера похилої камери проштовхуються через каміннеуловлювач усередину молотильного барабана. Обмолочування хлібної маси здійснюється внаслідок ударів бил (штифтів) і обжимання хлібної маси, яка тангенційно рухається в зазорі між барабаном і підбарабанням (декою). Частина зерна разом із половиною та дрібними домішками просипається через ґратку підбарабання та спрямовується на решета системи очищення зерна.

Обмолочена маса, у якій ще досить багато зерна, відбійним бітером спрямовується на клавіші соломотряса. Внаслідок зворотно-поступальних рухів клавіш здійснюється переміщення та розпушення хлібної маси й відбувається її остаточна сепарація. Зерно витрушується з колосків і просипається вниз на грохот. Солома, що залишилася, надходить на подрібнювач або копнувач.

Барабанної молотильної системі притаманний високий ступінь універсальності, але ефективність обмолоту залежить від параметрів роботи, а це, зі свого боку, потребує забезпечення значної кількості налаштувань залежно

від умов виконання процесу. Особливо це відчутно за критичних і змінних умов роботи. Основною перевагою однобарабанної молотильної системи є простота конструкції. Але для складних у обмолоті культур, а також для підвищення повноти обмолоту і зниження рівня втрат, доцільніше застосовувати багатобарабанну систему обмолоту.

Для очищення продукту у зернозбиральних комбайнах застосовується переважно повітряно-решітчаста система очищення. Схема роботи системи очищення зернозбирального комбайна подана на рисунку 2.22. Зерновий ворох потрапляє після обмолоту на струшувальну дошку 1. За рахунок ступінчастої поверхні та зворотно-поступальних рухів струшувальної дошки ворох пересувається назад, до пальчикової решітки. При цьому зерно та важкі соломисті частинки опускаються вниз і рухаються у нижній зоні шару, а легкі та великі солом'яні частинки переміщуються у верхню зону вороху.

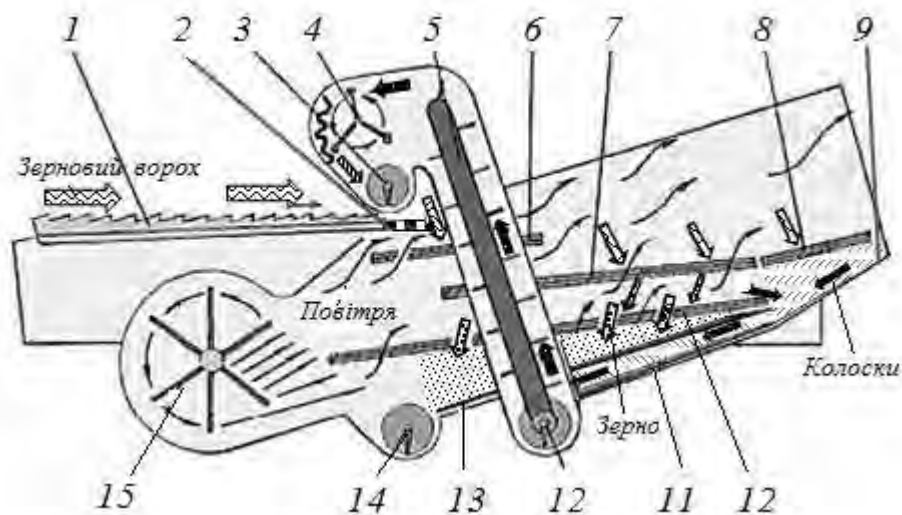


Рис. 2.22. Схема роботи системи очищення зернозбирального комбайна:  
 1 – струшувальна дошка; 2 – пальцева решітка струшувальної дошки;  
 3 – шнек розподільний; 4 – домолочувальний пристрій; 5 – колосовий елеватор; 6 – додаткове решето; 7 – решето верхнє; 8 – подовжувач;  
 9 – піддон подовжувача; 10 – решето нижнє; 11 – колосовий піддон;  
 12 – шнек колосовий; 13 – піддон зерновий; 14 – шнек зерновий;  
 15 – вентилятор

На пальцевій решітці струшувальної дошки відбувається попередня сепарація вороху: дрібні частинки (зерно, солома та дрібні колоски) провалюються крізь пальцеву решітку і падають на додаткове решето 6, далі на початок верхнього решета 7. Великі частки вороху сходять з пальчикової решітки та додаткового решета і падають на середину верхнього решета. Верхнє решето складається з жалюзі, вони відкриті на 2/3. Крізь них провалюється все зерно й дрібні колоски, а великі колоски сходять на подовжувач верхнього решета 8. Солома та легкі домішки під дією повітряного струменя вентилятора 15 видуваються із системи очищення та осідають на полі. Великі солом'яні частинки, що йдуть з верхнього решета 7 і подовжувача 8 потрапляють на поле або копнувач.

Усе зерно та дрібні колоски, що потрапили на нижнє решето *10*, за рахунок ступінчастої поверхні (жалюзі) та кругових рухів транспортуються назад. Оскільки жалюзі відкриті на  $1/3$  через них провалюється тільки зерно, яке падає на скатну дошку, а колоски сходять і падають до колосового шнека. Сходи з нижнього решета (необмолочені і недостатньо обмолочені колоски) та недомолочені колоски з подовжувача *9* надходять по колосовому піддону *11* до колосового шнеку *12*. Після чого транспортуються колосовим елеватором *5* на повторний обмолот в домолочувальний пристрій *4*, а потім розподільним шнеком *3* повторно розподіляються по ширині струшивальної дошки. Очищене зерно по зерновому піддону *13* потрапляє у зерновий шнек *14*, в подальшому спрямовується у зерновий бункер.

У конструкційних схемах зернозбиральних комбайнів із аксіально-роторним молотильно-сепарувальним пристроєм (рис. 2.23) замість класичного молотильного апарата барабанного типу і клавішного соломотряса використовують один або два ротори діаметром  $0,55 - 0,76$  м і завдовжки від  $1,8$  до  $4,8$  м, навколо яких розміщена дека з кутом обхвату від  $120$  до  $360^{\circ}$ . Конструктивно схема цього вузла складається з трьох камер (рис. 2.24):

1. Приймальний блок (*1*). Має суцільний кожух із напрямними вставками, розташованими спірально. Ротор оснащений гвинтовими лопатями для захоплення хлібної маси.

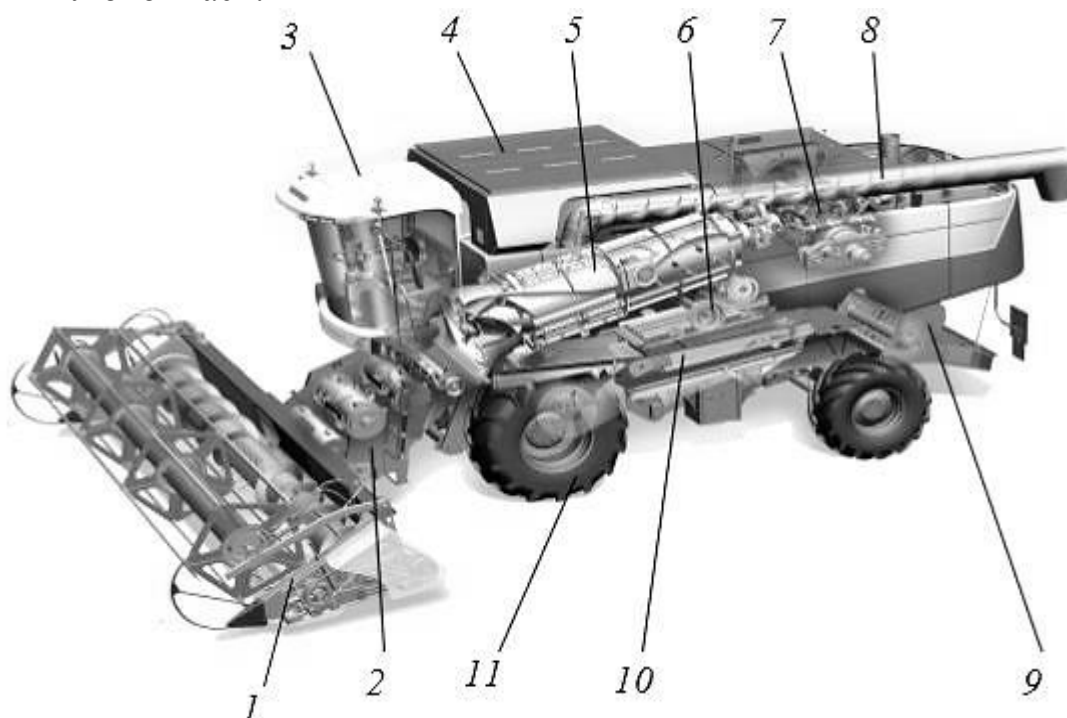


Рис. 2.23. Загальна будова роторного зернозбирального комбайна:

*1 – жатка 2 – похила камера; 3 – кабіна; 4 – зерновий бункер; 5 – роторний молотильно-сепарувальний пристрій; 6 – головний контр-привід; 7 – двигун; 8 – шнек вивантаження зерна; 9 – подрібнювач соломи; 10 – система очистки; 11 – ведучі колеса*

2. Молотильний відсік (II). Включає решітчастий кожух (деку) і ротор із двома конфігураціями бичів. Перші розташовані спірально, другі – паралельно.

3. Вузол сепарації (III). Передня частина ротора обмолочує хлібну масу, а задня – сепарує зерно, тобто виконує ефективне виділення зерна із подрібненого грубого вороху. Для переміщення маси вздовж осі на роторі встановлюють планки чи лопаті, а на деці – гвинтові напрямні.

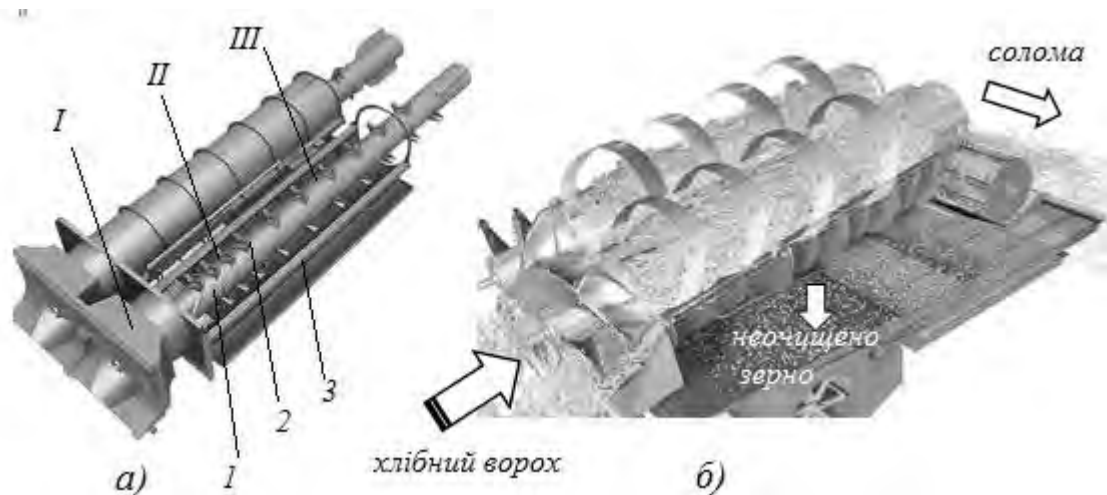


Рис. 2.24. Роторний молотильно-сепараційний пристрій (а) та схема його роботи (б): 1 – ротор; 2 – бичі, 3 – дека

Потік скошеної маси захоплюється лопатями і переміщується всередину молотильного відсіку. Тут бичі вимолочують зерно з колосків, а рух ротора надає хлібній масі обертання. Значна частина зерна у роторних системах обмолочування виділяється внаслідок витирання та відцентрової сили, тому зерно менше пошкоджується й краще зберігає свої посівні та товарні якості.

Далі, пройшовши вузол сепарації, готовий продукт потрапляє у систему очищення через ґрати деки.

Завдяки інтенсифікації процесу сепарації у роторних робочих органах забезпечуються мінімальні втрати зерна навіть за високої врожайності культур і підвищеної вологості. Проте за таких умов частка подрібненої соломи збільшується, а сформовані з неї валки погано підбирає прес-підбирач, що призводить до непродуктивних втрат соломи на полі.

Характерна особливість машин цього класу – підвищена витрата палива. Роторний комбайн використовує пального на 20 – 30% більше за кваліфікований аналог. Друга важлива експлуатаційна відмінність пов'язана зі складнощами обробки роторним вузлом зерна підвищеної вологості. Ці фактори окреслюють коло використання агрегату:

- високоврожайні поля, де потрібна продуктивність від 9 кг/с;
- великі сільгоспугіддя, для яких зниження відсотка втрат вимірюється тоннами додатково зібраного зерна;
- землями, розташованими у південних широтах та іншими ділянками, з вологістю зернових нижче 14%.



Роторний зернозбиральний комбайн ефективний для збирання врожаю кукурудзи або соняшника.

Сучасні зернозбиральні комбайни обладнуються дизельними двигунами різної потужності в залежності від конструкційного виконання та параметрів комбайна. Зернозбиральні комбайни із барабанним молотильним апаратом і клавішним соломотрясом обладнуються двигунами потужністю 130– 330 *кВт*, роторні комбайни – двигунами потужністю 240– 495 *кВт*, а з комбінованою молотаркою - 278– 385 *кВт*. У більшості випадків, у сучасних комбайнів дизельний двигун забезпечує привід насосів, а все інше виконує система гідроприводу. Це дозволяє суттєво покращити економічні показники енергетичної установки.

### **Питання для самоконтролю**

- 1. Поясніть технологічний процес, який відбувається у зернозбиральному комбайні.*
- 2. Які основні частини входять до будови зернозбирального комбайну?*
- 3. Поясніть будову та принцип дії жатки комбайна.*
- 4. Як працює різальний апарат жатки комбайна.*
- 5. Які механізми використовують для приводу різального механізму жатки?*
- 6. Які молотильно-сепарувальні пристрої використовують у сучасних комбайнах?*
- 7. Поясніть будову та принцип дії клавішного молотиль-сепарувального пристрою.*
- 8. Будова та принцип дії барабанного молотиль-сепарувального пристрою.*
- 9. Поясніть будову та принцип дії системи очищення зерна.*

### 3. ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ

#### 3.1. Вантажопідйомні машини

Підйомно-транспортні машини (ПТМ) – пристрої, що призначені для механізації вантажно-розвантажувальних робіт та переміщення вантажів (матеріалів, сировини, виробів, товарів) і людей у вертикальній, горизонтальній чи похилій площинах.

За характером виконуваних переміщень і призначенням підйомно-транспортні машини можуть бути умовно розділені на три групи:

– *вантажопідйомні машини і механізми* призначені для переміщення окремих штучних вантажів великої маси довільною просторовою траєкторією, що включає вертикальні, похилі і горизонтальні ділянки, циклічним методом, при якому періоди роботи перемежуються з періодами пауз. Вони можуть виконувати і монтажні операції, пов'язані з підйомом і точним встановленням елементів чи обладнання, що монтується, а також підтриманням їх у підвішеному стані до закріплення у проектному положенні;

– *транспортуючі машини* призначені для переміщення безперервним потоком масових однотипних, переважно навалювальних вантажів певною, зазвичай, лінійною трасою, яка може мати як горизонтальні, так і похилі, а також, вертикальні ділянки. Транспортуючі машини можна застосовувати на складально-монтажних операціях при виготовленні різних за складністю виробів, використовувати для переміщення людей (ескалаторами, пасажирськими конвеєрами, підйомниками безперервної дії) тощо;

– *вантажно-розвантажувальні машини* призначені для розвантаження матеріалів, напівфабрикатів і виробів з транспортних засобів та зі складів і перевантаження їх у транспортні засоби – залізничний рухомий склад, на судна тощо. Їх характерною особливістю є наявність захоплювального (зачерпувального) органу.

– До вантажно-розвантажувальних машин відносять: навантажувачі: вилкові, ковшеві, платформні тощо; розвантажувачі: вагоноперекидачі, автомобілерозвантажувачі, розвантажувально-штабелювальні машини тощо.

– Машини та пристрої, що застосовуються на вантажно-розвантажувальних, складських і транспортних операціях, за характером переміщення вантажу поділяються на дві групи:

– *безперервної дії* – машини, робочий орган яких (стрічка, канат, гвинт, скребок, лоток тощо) рухається безперервно, не зупиняючись для прийому і віддачі вантажу, та переміщує вантаж до місця призначення безперервним потоком. Групу машин безперервної дії становлять конвеєри різних типів, у тому числі пасажирські (рухомі тротуари), елеватори, ескалатори, ліфти безперервної дії (патерностери) тощо;

– *періодичної (циклічної) дії* – машини, у яких вантажозахватний орган (гак, ківш, напівавтоматичний і автоматичний захват тощо) переносить вантаж окремими порціями і після кожного переміщення порції вантажу повертається назад порожнім. До механізмів і машин періодичної дії належать прості

неприводні вантажопідйомні пристрої: блоки, поліспасти та ін., а також вантажопідйомні машини, головним чином електричні підйомні крани, штабелери, вантажні і пасажирські ліфти, підйомники.

За родом перероблюваного вантажу розрізняють підйомно– транспортне обладнання:

- для переміщення тарно-штучних вантажів у ящиках, бочках, мішках (вантажопідйомні крани, електронавантажувачі, автовантажувачі);
- обладнання для переміщення масових насипних і навалочних вантажів (ковшеві навантажувачі, стрічкові транспортери);
- обладнання для перекачування й транспортування трубопроводами наливних вантажів.

Підйомно-транспортні машини можуть мати електричний, гідравлічний, пневматичний привід чи отримувати енергію від двигуна внутрішнього згорання.

Залежно від призначення всі вантажопідйомні машини ділять на два класи: загального і спеціального застосування.

Вантажопідйомні машини загального призначення характеризує відносна простота пристрою, невелика кількість механізмів (звичайно не більше двох– трьох), застосування простих вантажозахватних пристроїв. До них відносяться, наприклад, домкрати, талі, лебідки, ряд мостових і козлових кранів, консольні крани, автомобільні крани, крани на пневмо – і гусеничному ході, тракторні крани, універсальні шарнірно-балансирні маніпулятори і т.п.

Вантажопідйомні машини спеціального призначення: металургійні крани; літаючі крани для монтажу будівельних конструкцій; вантажотransпортні маніпулятори і автооператори (роботи) для складальних і технологічних ліній машинобудівних підприємств і т. п..

За конструкцією і виду виконуваних робіт вантажопідйомні машини розділяють на домкрати, лебідки, крани, підйомники, вантажопідйомні маніпулятори, роботи.



Рис. 3.1. Домкрати:

*а) рейковий; б) гвинтовий; в) гідравлічний; г) пневматичний*

*Домкрати* виконують у вигляді штовхальників, що піднімають вантажі на невелику висоту, звичайно, в межах до 0,6м, їх використовують при монтажних роботах. За принципом дії та конструкцією відрізняють рейкові, гвинтові, гідравлічні та пневматичні домкрати (рис. 3.1).

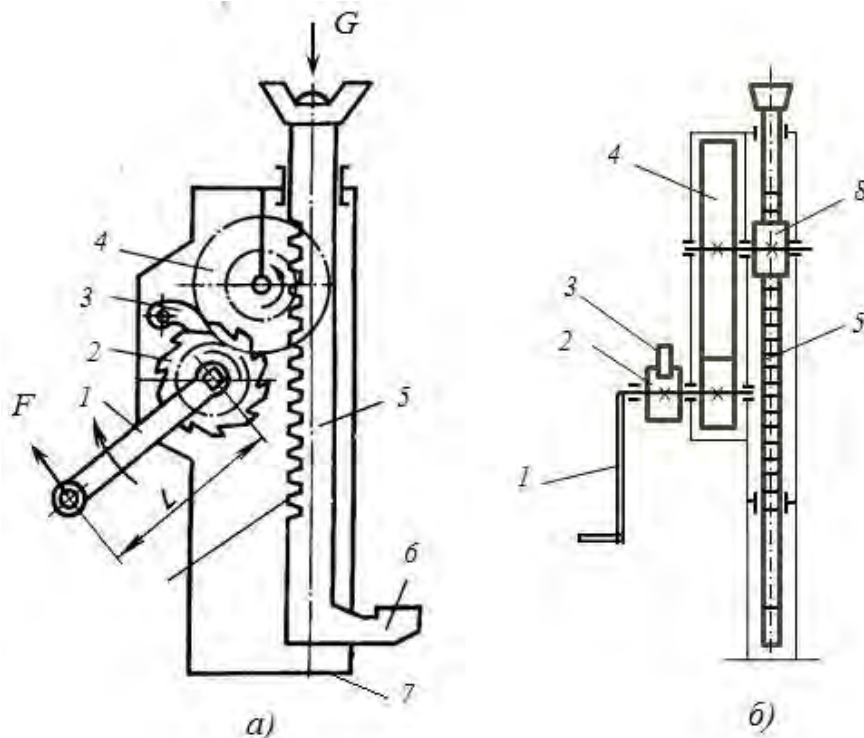


Рис. 3.2. Загальна та кінематична схеми рейкового домкрата:  
 1 – рукоятка; 2 – храповик; 3 – заскочка; 4 – зубчаста передача;  
 5 – зубчаста рейка; 6 – лапа; 7 – корпус; 8 – зубчасте колесо рейкової передачі

Рейковий домкрат (рис. 3.2) складається з корпусу 7, в якому за направляючими переміщується зубчаста рейка 5. Привід рейки здійснюється поворотом рукоятки 1, яка приводить в обертання шестерні зубчастої передачі 4, а останні надають обертання шестерні рейкового зачеплення 8.

На верхньому кінці рейки шарнірно встановлена опорна голівка, яка сприймає силу тягіння від вантажу. Нижній кінець рейки зігнутий під кутом  $90^\circ$  у вигляді лапи, він призначений для піднімання вантажів, що низько розташовані.

Безпечність роботи досягається вмонтованим храповим механізмом. Храповик 2 жорстко закріплений на валу рукоятки, а упорна заскочка 3 шарнірно кріпиться до корпусу домкрата. Кількість зубчастих пар залежить від вантажопідйомності домкрата. При малій вантажопідйомності домкрат має одну зубчасту пару, а при більшій – дві і більше.

Вантажопідйомність на лапу вдвічі менша, ніж на рейку, так як на неї діє значний згинаючий момент. Шестерню 8, яка входить в зачеплення з рейкою, з метою зменшення діаметра виконують з малою кількістю зубів ( $z=4; 6; 8$ ), а зуби коригують. Плече важеля рукоятки, як правило, має довжину від 200 до 250 мм.

Зусилля на рукоятці завдовжки  $L$ , яке повинен прикласти робітник, коли піднімає вантаж вагою  $G$ , можна визначити за рівнянням:

$$F = \frac{G \cdot d_2}{2L \cdot u \cdot \eta}, \quad \text{кН} \quad (3.1)$$

де  $d_2$  – діаметр початкового кола шестерні, яка перебуває в зачепленні із зубчастою рейкою, виготовленою на повзуні, мм;

$u$  – передаточне число зубчастої передачі ( $u = 5 \dots 30$ );

$\eta$  – ККД передачі,  $\eta = 0,65 \dots 0,85$ .

Вантажопідйомність рейкових домкратів досягає 100кН, а висота піднімання – 0,4 м.

Гвинтові домкрати працюють за принципом кінематичної пари гвинт – гайка. Переміщення гвинта здійснюється або обертанням його у нерухомій гайці або обертанням гайки при нерухомому гвинті. Для підвищення швидкості підйому в останньому випадку можна застосувати електропривід.

На рис. 3.3 показано схему будови гвинтового домкрата. Він складається зі станини 1, у якій нерухомо закріплена гайка 3. У середині гайки за допомогою важеля 5 обертається гвинт 2. Для зручності роботи важіль 5 має тріскачку, на осі якої шарнірно закріплено двосторонню заскочку 7. За допомогою упора і пружини 8 заскочка фіксується у певному положенні. Вертикальне переміщення гвинта обмежується опорною головкою 4 та шайбою 9.

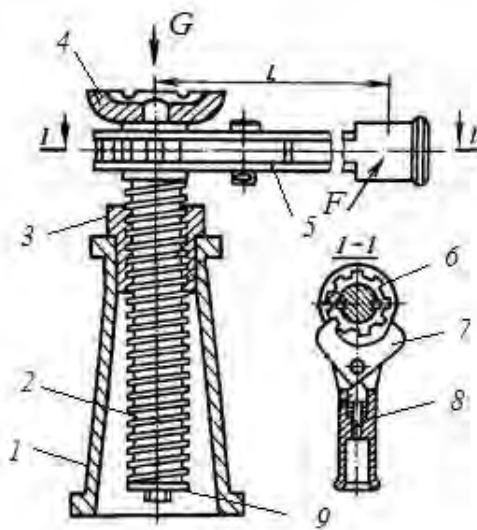


Рис. 3.3. Будова гвинтового домкрата:

1 – станина; 2 – гвинт; 3 – гайка; 4 – опорна головка; 5 – рукоятка (важіль); 6 – храповик; 7 – заскочка; 8 – упор з пружиною; 9 – шайба

Зусилля робітника на важелі визначають так:

$$F = \frac{G \cdot d_2 \cdot [\operatorname{tg}(\varphi + \beta) + f \cdot d_{\text{ср.он.}}]}{4 \cdot L} \quad \text{кН} \quad (3.2)$$

де  $G$  – навантаження на домкрат, кН;

$d_2$  – середній діаметр різьби, м;

$\varphi$  – кут тертя ( $\varphi \approx 6^0$ );

$\beta$  – кут підйому гвинтової різьби (з умов самогальмування  $\beta = 4^0$ );

$f$  – коефіцієнт тертя ( $f = \operatorname{tg} \varphi$ ,  $f = 0,08 - 0,10$ );  
 $d_{\text{cep.on}}$  – середній діаметр опорної голівки: ( $d_{\text{cep.on}} = (D_1 + d_{\text{onz}})/2$ ), м;  
 $D_1, d_{\text{onz}}$  – зовнішній та внутрішній діаметр опорної голівки, м;  
 $L$  – довжина важеля, м.

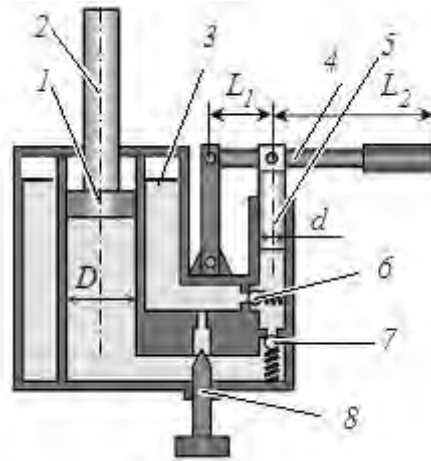


Рис. 3.4. Принципова схема гідравлічного домкрата:

*1 – поршень робочого циліндра; 2 – штовхач; 3 – резервуар накопичення рідини; 4 – важіль; 5 – плунжер; 6 – всмоктувальний клапан; 7 – нагнітальний клапан; 8 – перепускний клапан*

Гідравлічні домкрати складаються з двох сполучених циліндрів: робочого поршневого і циліндра плунжерного насоса та клапанів. Принцип дії домкрата оснований на законі Паскаля для рідин. Тиск, який утворює плунжерний насос 5, передається до робочого циліндра, у якому знаходиться рухомий поршень 1 (рис. 3.4). Внаслідок того, що діаметр робочого поршня значно більший за діаметр плунжера, відбувається збільшення зусилля, що було прикладене до плунжеру насоса, пропорційно  $(D/d)^2$ . Домкрат має три клапани: нагнітаючий 7, всмоктувальний 6 і перепускний 8. Резервуар 3 є баком для робочої рідини. Насос приводиться в дію за допомогою важеля 4.

При роботі плунжер насоса засмоктує рідину із резервуара і подає його в циліндр під поршень, який через шток 2 натискує на вантаж  $G$ . Опускання вантажів здійснюється за допомогою перепускного клапана, при відкриванні якого вантаж витісняє рідину з робочого циліндра назад до резервуару 3.

Щоб підняти вантаж вагою  $G$  слід прикласти до рукоятки відповідне зусилля  $F$ , яке може бути визначене за формулою:

$$F = \frac{G \cdot d^2 \cdot L_2}{D^2 \cdot L_1 \cdot \eta}, \quad \text{кН} \quad (3.3)$$

де  $d$  – діаметр насосного плунжера, мм;

$D$  – діаметр підймального поршня, мм;

$L_1, L_2$  – плечі важеля, мм;

$\eta$  – ККД домкрата,  $\eta = 0,8 \dots 0,9$ .

Вантажопідйомність гідравлічних домкратів з ручним приводом досягає 7000 кН, а висота піднімання – 0,2 м.

Лебідки (рис. 3.5) використовують для прямолінійного переміщення вантажів як самостійні машини і як складові частини складніших машин. Основою конструкції більшості лебідок є барабан, на який намотується канат (іноді ланцюг).



Рис. 3.5. Лебідки з канатним тяговим органом:  
а), б) однобарабанні; в) двохбарабанна

Підйомні лебідки застосовують для вертикального (чи близького до вертикального) підйому вільно підвішеного вантажозахватного пристрою з вантажем.

Тягові лебідки призначені для переміщення візків з вантажем горизонтальними або злегка похилими рейковими шляхами або безпосередньо по місцевості. На судах їх широко використовують для виконання швартування (підтягування суден до причалів).

Підйомні підвісні лебідки називають таями, а при обладнанні їх механізмом пересування по підвісних шляхах – пересувними таями.

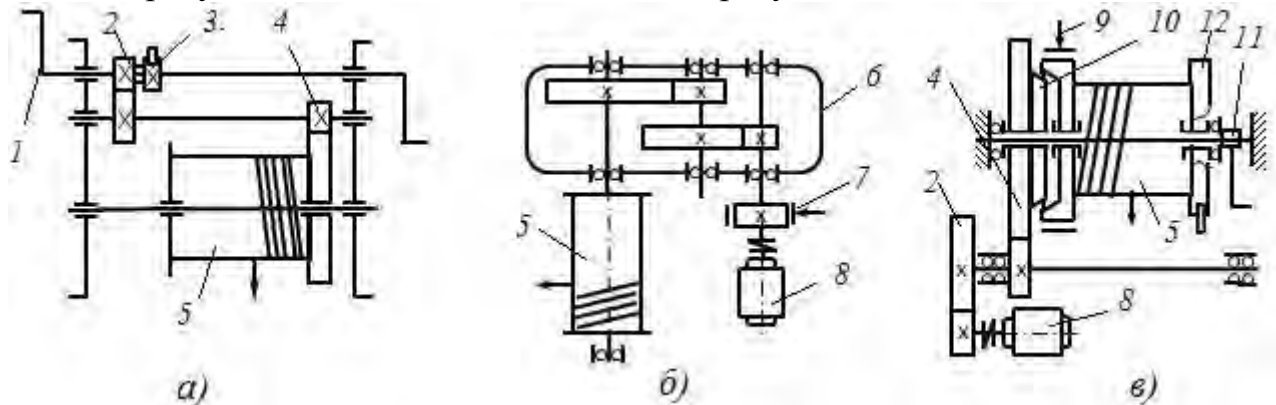


Рис. 3.6. Схеми лебідок:

а – з ручним приводом; б – електро-реверсивна; в – фрикційна:  
1 – рукоять; 2, 4 – зубчаті передачі; 3 – храповик; 5 – барабан; 6 – редуктор;  
7 – гальмо; 8 – електродвигун; 9 – гальмо стрічкове; 10 – фрикційна муфта;  
11 – механізм вмикання муфти; 12 – храпове колесо з заскочкою

Лебідки можуть бути з ручним і машинним приводом. Ручні лебідки виготовляють однобарабанними і важільними (без барабана). Ручні однобарабанні лебідки мають тягове зусилля на першій передачі 5 – 80 кН, канатомісткість барабана 50 – 220 м.

Частіше використовуються лебідки з машинним приводом. За характером кінематичного зв'язку між двигуном і барабаном розрізняють лебідки фрикційні й реверсивні (рис. 3.6, б, в).

У реверсивних лебідках кінематичний зв'язок між двигуном та барабаном не розривається. Для опускання вантажу необхідно реверсувати (змінювати на протилежний) напрям обертання вала двигуна. Такі лебідки найчастіше однобарабанні, приводяться у дію електро – та гідродвигунами. Кінематична схема електрореверсивної лебідки наведена на рисунку 3.6, б. На зварній рамі змонтовано електродвигун, з'єднаний муфтою з валом редуктора.

Вихідний вал редуктора приводить у дію барабан 5. Електрореверсивні лебідки обладнують нормально–замкненими гальмами 7. В якості гальмівного шківa використовують одну півмуфту. Застосування нормально–замкнених гальм підвищує безпеку роботи, оскільки при аварійному знеструмленні мережі гальма загальмовуються, і вантаж не падає. Реверсивні лебідки загального призначення мають тягові зусилля від 3,0 до 123 кН, при потужності електродвигуна 2,8 – 20,0 кВт. Швидкість намотування першого шару канату (при багатошаровому намотуванні) 0,08 – 0,75 м/с та канатомісткість барабана складає 80 – 800 м.

У фрикційних лебідках кінематичний зв'язок між двигуном та барабаном може роз'єднуватися за допомогою фрикційної муфти. Для опускання вантажу реверсувати напрям обертання вала двигуна немає потреби, тому в таких лебідках можна застосувати двигун внутрішнього згоряння. Фрикційні лебідки можуть виготовлятися багатобарабаними з індивідуальним керуванням кожним барабаном.

Кінематична схема фрикційної лебідки наведена на рисунку 3.6, в. Енергія від електродвигуна 8 через зубчасту передачу 2 передається на ведучу півмуфту фрикційної муфти 10. Ведена півмуфта виготовлена в бортику барабана 5. Ведене колесо зубчастої передачі та барабан встановлені з можливістю обертання на нерухомо закріпленій у корпусі осі.

Барабан оснащений стрічковими гальмами 9, храповим колесом із заскочкою 12 і механізмом вмикання фрикційної муфти. Останній складається з рукоятки 1 та гайки 11, накрученої на нерухому вісь. Для піднімання вантажу рукояткою повертають гайку й зміщують барабан – вмикають фрикційну муфту. При цьому гальма повинні бути розгальмовані, а заскочка та храпове колесо роз'єднанні. При ввімкненні двигуна барабан обертається, намотуючи канат.

Опускається вантаж під дією власної ваги, фрикційна муфта при цьому роз'єднана, канат змотується, розкручує барабан. Пригальмовуючи його, можна регулювати швидкість опускання вантажу. Надійне утримання вантажу у піднятому положенні забезпечується храповим зупинним пристроєм, при цьому заскочка встановлюється між зубцями храпового колеса.

Фрикційні лебідки загального призначення випускають із тяговим зусиллям на барабані (барабанах) від 5 до 20 кН, при потужності двигуна 4,5 – 20 кВт, канатомісткість барабана складає 80 – 230 м.



Потужність привода лебідки розраховується:

$$N = \frac{F \cdot v}{\eta_l} \quad \text{кВт} \quad (3.4)$$

де  $F$  – зусилля натягу канату, кН;

$v$  – швидкість намотування канату, м/с;

$\eta_l$  – ККД лебідки,  $\eta_l = 0,8 - 0,86$ .

Для збільшення зусиль тяги у вантажопідйомних машинах використовують канатно-блочні конструкції – поліспасти.

*Поліспасти* – це система рухомих і нерухомих (у просторі) блоків, що обгинаються гнучким органом (канатом або ланцюгом), призначена для вирашу в силі (силові поліспасти) або швидкості (швидкісні поліспасти).

У підйомних механізмах застосовують, в основному, силові поліспасти для зменшення зусилля у вітках канату та зниження передаточного числа редуктора. Швидкісні поліспасти обмежено використовуються – в тихохідних гідравлічних і пневматичних механізмах.

Силові та швидкісні характеристики різних типів поліспастів можна простежити на відповідних простих поліспадах (рис. 3.7). Силовий поліспаст забезпечує можливість підйому вантажів за допомогою сили, в кілька разів меншою, ніж вага вантажу, що піднімається.

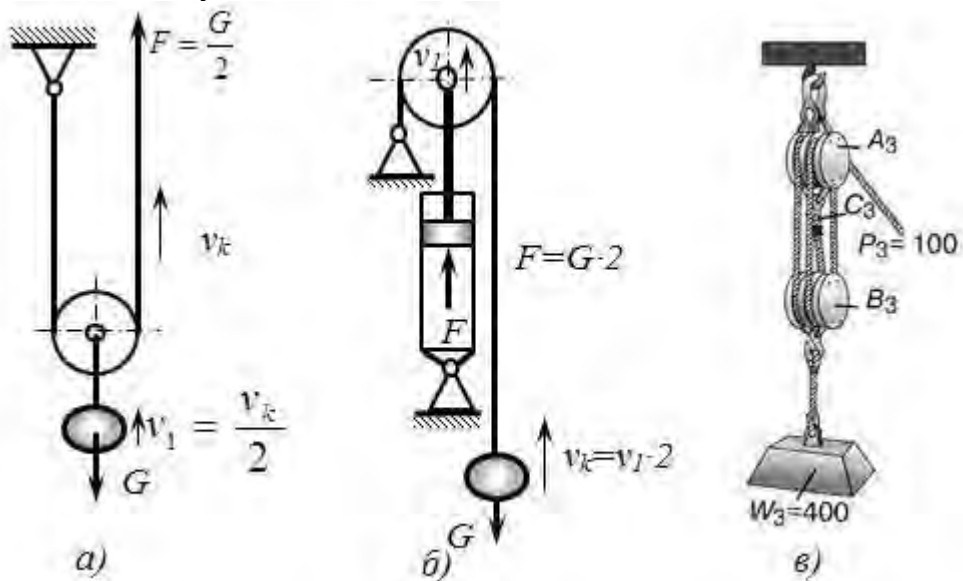


Рис. 3.7. Схеми будови одинарних силового(а) та швидкісного(б) чотирьохкратного силового (в) поліспаств:  $A_3, B_3$  – відповідно нерухомий та рухомий блоки,  $C_3$  – точка кріплення тросу до нерухомого блоку

Пояснюється це тим, що вага підвішеного до поліспада вантажу розподіляється на кілька гілок канату (рис. 3.7 а). Число гілок канату, на яке розподіляється вага вантажу, називається кратністю поліспада. Якщо умовно прийняти, що втрати на тертя в блоках поліспада відсутні, тобто коефіцієнт корисної дії поліспада дорівнює одиниці, то відношення ваги вантажу, що

піднімається, до сили, яка забезпечує його підйом, буде дорівнювати величині кратності поліспасти.

Швидкісний поліспаст – це обернений силовий поліспаст, тобто такий, де зусилля (звичайно від гідравлічного або пневматичного тягового циліндру) прикладається до рухомої обойми, а вантаж підвішують до збігаючого кінця канату (рис. 3.7, б). Виграш у швидкості у цьому випадку досягається завдяки збільшенню висоти підйому вантажу, котра дорівнює добутку ходу поршня силового циліндру на кратність поліспасти.

Кратність поліспасти можна визначити також як відношення швидкості руху вільного кінця канату поліспасти, що йде на барабан лебідки  $V_k$ , до швидкості руху вантажу  $V_l$ , що піднімається. Таким чином, кратність поліспасти розраховується:

$$u_n = \frac{z}{a} = \frac{V_k}{V_l}, \quad (3.5)$$

де  $z$  – число несучих віток поліспасти;

$a$  – число віток поліспасти, що йдуть на барабан ( $a = 1$  – для простих поліспасти;  $a = 2$  – для здвоєних).

При підніманні вантажу, внаслідок втрат у блоках та внаслідок жорсткості канату, натяги у витках розподіляються нерівномірно. Найбільше зусилля натягу канату визначається за формулою:

$$F_{k,\max} = G \frac{1 - \eta_{\text{бл}}}{1 - \eta_{\text{бл}}^z}, \quad \text{кН} \quad (3.6)$$

де  $G$  – вага вантажу або зусилля що прикладене до поліспасти, кН;

$\eta_{\text{бл}}$  – ККД блоку ( $\eta_{\text{бл}} = 0,98$  для блоків на вальниціях кочення і  $\eta_{\text{бл}} = 0,95$  для блоків на вальниціях ковзання).

Загальний ККД поліспасти знаходять як відношення корисної роботи при підніманні вантажу до затраченої роботи. Якщо блоки встановлені на вальниціях кочення, то  $\eta_n = 0,95 - 0,99$  і залежить від кратності.

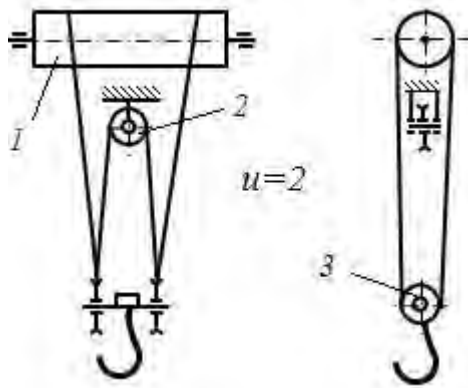


Рис. 3.8. Схема подвійного поліспасти:

1 – барабан; 2 – зрівняльний блок; 3 – блоки підвіски гаку

Відрізняють одинарні та подвійні поліспасти залежно від числа канатів, які намотуються на барабан. В одинарних поліспастих (рис. 3.7) верхні блоки нерухомі у просторі, нижні – рухомі (переміщуються разом з вантажем).

Недоліком одинарних поліспаств є те, що разом з підніманням вантажу відбувається його переміщення також по горизонталі, внаслідок чого зменшується точність установа вантажу, а також змінюються реакції в опорах барабана.

Подвійний поліспаств (рис. 3.8) складається з двох однакових поліспаств із зрівняльним блоком. На барабан (з правою і лівою навивкою) намотуються дві секції витків канату поліспаства. Зрівняльний блок призначається для вирівнювання довжин правої і лівої секцій канату поліспаства. Розміщується він по осі симетрії подвійного поліспаства. Подвійні поліспасти забезпечують точне вертикальне переміщення вантажу і однакові реакції в опорах барабана, але мають меншу у два рази кратність.

Звичайно поліспаств є частиною механізмів підйому та зміни вильоту стріли підйомних кранів і такелажних пристроїв. У разі потреби поліспаств об'єднують з лебідками.

*Крани* – це найбільш складні і універсальні вантажопідйомні механізми, що включають остов у вигляді металевої конструкції і декількох встановлених на них механізмів.

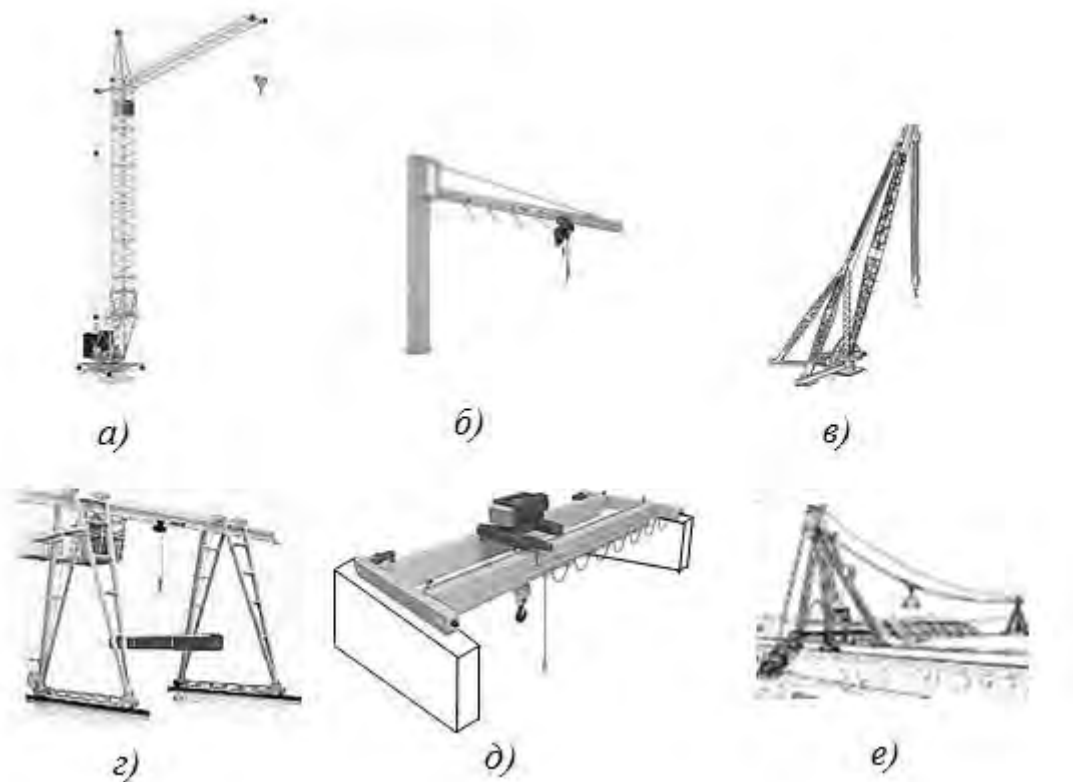


Рис. 3.9. Види кранів:

*а – баштовий кран; б – консольний; в – щогловий; г – козловий;  
д – мостовий; е – кабельний*

Будова крана, як будь-якої вантажопідйомної машини, складається з чотирьох базових елементів: приводу, гальмівного пристрою, передачі і робочого (виконавчого) органу.

Привід може бути від двигуна або ручним. Найбільше поширення мають електричні двигуни і двигуни внутрішнього згорання, менше гідравлічні двигуни. Ручний привод використовують лише у рідко вживаному монтажному обладнанні малої вантажопідйомності, а також як аварійний у тих машинах, для яких треба забезпечити одноразову працездатність машини при аварійному виході з ладу основного двигуна, наприклад, для опускання піднятого вантажу або людей. Гальмівні пристрої використовують як для зупинки робочого органу, так і для регулювання його швидкості руху перед зупинкою. Зазвичай, застосовують передачі зубчасті (циліндричні і/або конічні) або черв'ячні.

Робочий орган механізму – елемент, що безпосередньо здійснює робочий процес машини. У механізмах підйому робочим органом є вантажозахватний пристрій, пов'язаний з ним канатний поліспаст і барабан. У механізмах обертання – опорно-поворотний пристрій, що зв'язує неповоротну і поворотну частини крану.

Більшість кранів стріловидні (рис. 3.9, а, б, в). Вони складаються з неповоротної і поворотної частин. До поворотної частини прикріплена стріла. Вантаж у цих кранах завжди знаходиться поза опорним контуром крану.

Крани мостового (пролітного) типу (рис. 3.9, г, д, е) складаються з пролітної будови і вантажного візка, що переміщується по ньому, який несе вантажозахватний пристрій. Вантаж знаходиться у межах опорного контуру крану.

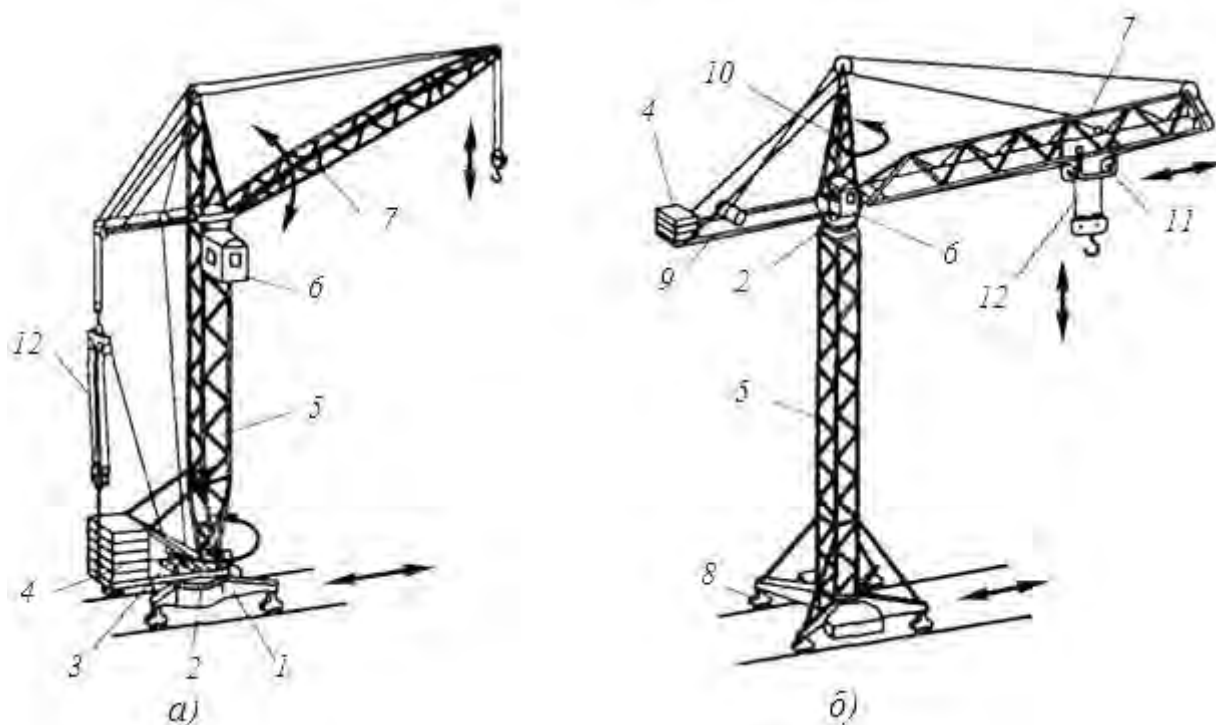


Рис. 3.10. Схеми баштових кранів:

*а – кран з поворотною баштою і підйомною стрілою; б – кран з неповотною баштою і балочною стрілою:*

*1 – рама; 2 – опорно-поворотний пристрій; 3 – платформа; 4 – противага; 5 – башта; б – кабіна; 7 – стріла; 8 – ходовий візок; 9 – консоль; 10 – оголовок; 11 – вантажний візок; 12 – тяговий поліспаст*

Баштові крани виконують чотири робочих рухи: підйом – опускання вантажу, зміна вильоту стріли, поворот крана, пересування крана.

Поворотна платформа 3 кранів з поворотною баштою спирається на ходову раму 1 за допомогою опорно-поворотного пристрою 2 (рис. 3.10). На поворотній платформі таких кранів змонтовані башта 5 із стрілою 7, противага 4 і механізми крана. До поворотної частини кранів з неповотною баштою відносяться оголовок 10 із стрілою і консоллю 9, противаги.

У кранів з підйомною стрілою виліт змінюється поворотом (підйомом) стріли відносно опорного шарніра. У кранів з балочною стрілою виліт змінюється за рахунок пересування вантажного візка 11 по нерухомій стрілі.

Пересувні баштові крани переміщуються за допомогою ходових візків 8 коліями кранів, які укладають на дерев'яні або залізобетонні шпали, що розміщені на підготовленому земляному полотні. На кінцях колій встановлюють тупикові упори, що запобігають сходу крана з рейок. Крани висотою підйому більше 70 м виготовляють стаціонарними (приставними), їх встановлюють на фундамент і закріплюють до будівлі, що будується. Основні параметри баштового крана: вантажопідйомність, виліт, висота підйому вантажу, глибина опускання вантажу, швидкість підйому (опускання) вантажу, швидкість повороту башти, швидкість переміщення крана. На даний час в будівництві, в основному, працюють баштові крани вантажопідйомністю 5 - 12 т. Висота підйому деяких пересувних кранів може досягати 90 м, а приставних – 220 м.

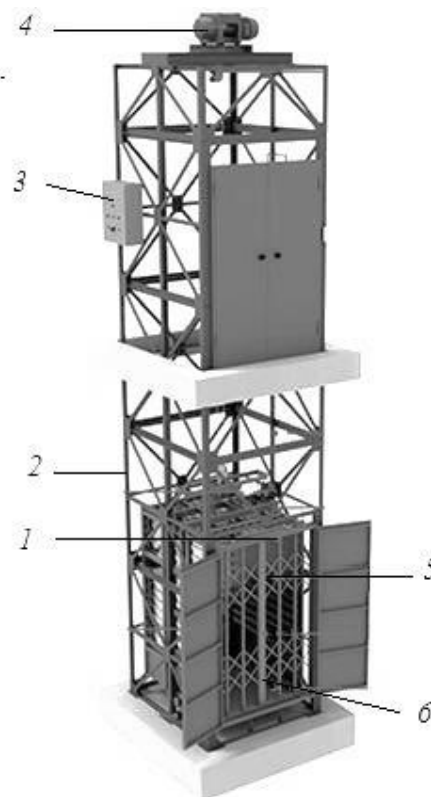


Рис. 3.11. Шахтний підйомник в метало-каркасній шахті:  
 1 – кінцеві вимикачі поверхові і аварійні; 2 – шахта; 3 – блок керування;  
 4 – привід; 5 – уловлювачі; 6 – кліть

На баштових кранах застосовуються такі прилади і пристрої безпеки: обмежувач висоти підйому вантажу; обмежувач вантажопідйомності; обмежувач повороту; обмежувач пересування крана; анемометр; автоматичне штопорення вантажного візка при обриві візкового канату; захист від падіння вантажу і стріли при обриві будь-яких з трьох фа електропостачання; обмежувач висунення башти; протиугінний пристрій; різні показчики та ін. Кран обладнується блискавковідводом та габаритною світловою сигналізацією для позначення висоти крана у темний час доби.

*Підйомники* застосовують для вертикального підйому вантажів (вантажні) чи людей (пасажирські), розміщених в кабінах або на майданчиках. Підйомники, які разом з вантажами можуть переміщати людей, називають вантажопасажирськими.

Шахтні підйомники (рис. 3.11) відрізняються тим, що направляючі для кабіни або вантажного майданчика розміщені всередині закритої всією трасою шахти.

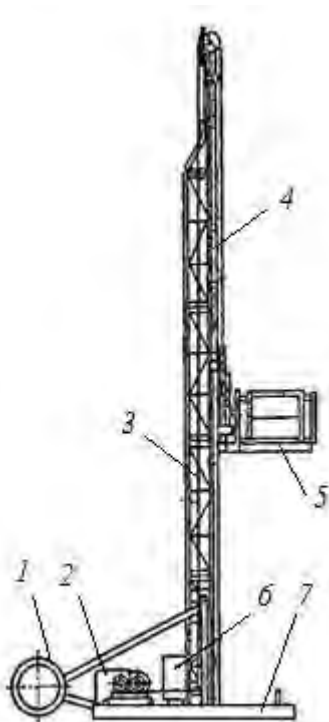


Рис. 3.12. Щогловий вантажний підйомник з відкритою платформою:  
 1 – пневматичні колеса; 2 – вантажна лебідка, 3 – вантажний канат;  
 4 – щогла; 5 – вантажна платформа;  
 6 – шафа електрообладнання;  
 7 – опорна рама

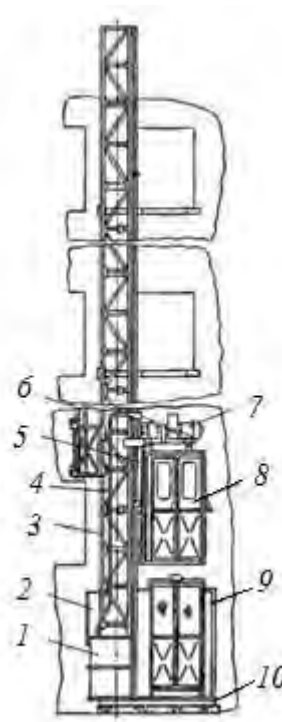


Рис. 3.13. Щогловий вантажопасажирський підйомник:  
 1 – барабан-кабелеукладач; 2 – шафа електрообладнання; 3 – щогла;  
 4 – підвісний кабель; 5 – вантажна каретка; 6 – монтажна стійка;  
 7 – механізм підйому; 8 – кабіна;  
 9 – нижня огорожа; 10 – опорна рама

Щоглові підйомники (рис. 3.12, 3.13) мають в якості несучої конструкції відкриту направляючу (щоглу) вздовж, якої рухається підйомна кабіна або майданчик.



Рис. 3.14. Скіповий підйомник з ковшем, що перекидається

Ковшові (скіпові) підйомники (рис. 3.14) призначені для переміщення сипких матеріалів ковшами, які рухаються похилими або вертикальними направляючими. Конфігурація направляючих забезпечує перекидання ковшів у верхній точці траси.

#### **Питання для самоконтролю**

1. Наведіть класифікації підйомно-транспортних машин.
2. За рахунок яких пристроїв збільшується зусилля у рейковому домкраті?
3. Поясніть будову гвинтового домкрату.
4. Яким чином утримується ватаж гвинтовим домкратом?
5. З яких пристрів складається фрикційна лебідка?
6. Які види передач використовують у лебідках?
7. За рахунок чого тягове зусилля у поліспасти менше за прикладену силу до гаку?
8. Чим відрізняються одиночний та подвійний поліспасти?
9. Класифікація кранів.
10. Поясніть будову баштового крану.
11. Які відмінності між шахтним, щогловим та скіповим підйомниками?

### **3.2. Транспортуючі машини**

Транспортуючі машини:

- канатні дороги;
- конвеєри;
- елеватори;
- ескалатори;
- машини підвісного монорельсового транспорту;
- машини наземного транспорту (тягачі, візки).

На відміну від вантажопідйомних машин транспортуючі машини – конвеєри призначені для переміщення вантажів безперервним потоком без зупинок для їх завантаження і розвантаження.

Найбільшого поширення набули конвеєри для переміщення сировини, хімікатів, палива, напівфабрикатів, відходів і готової продукції. Конвеєри застосовуються в міжцеховому транспорті для переміщення вантажів між цехами, складами тощо, а також для внутрішньо-цехового транспорту з метою безперервного і рівномірного переміщення вантажів в межах складів, цехів, для подачі вантажів до окремих агрегатів і робочих місць тощо.

За принципом дії всі машини безперервного транспорту можна поділити на дві групи: транспортуючі машини з тяговим елементом (стрічка, ланцюг, канат), в яких вантаж переміщується разом з тяговим елементом, і транспортуючі машини без тягового елемента.

До конвеєрів з тяговим органом відносяться: стрічкові, пластинчасті, скребкові, ланцюгові, підвісні, ковшові тощо.

Механічні транспортні пристрої без тягового органу, які застосовуються в целюлозно-паперовій і лісохімічній промисловості, включають:

- конвеєри з обертальним рухом робочих органів (гвинтові і роликові конвеєри);
- гравітаційні і самопливні пристрої.

*Стрічкові конвеєри* є найбільш поширеним типом транспортуючих машин безперервної дії у всіх галузях промисловості.

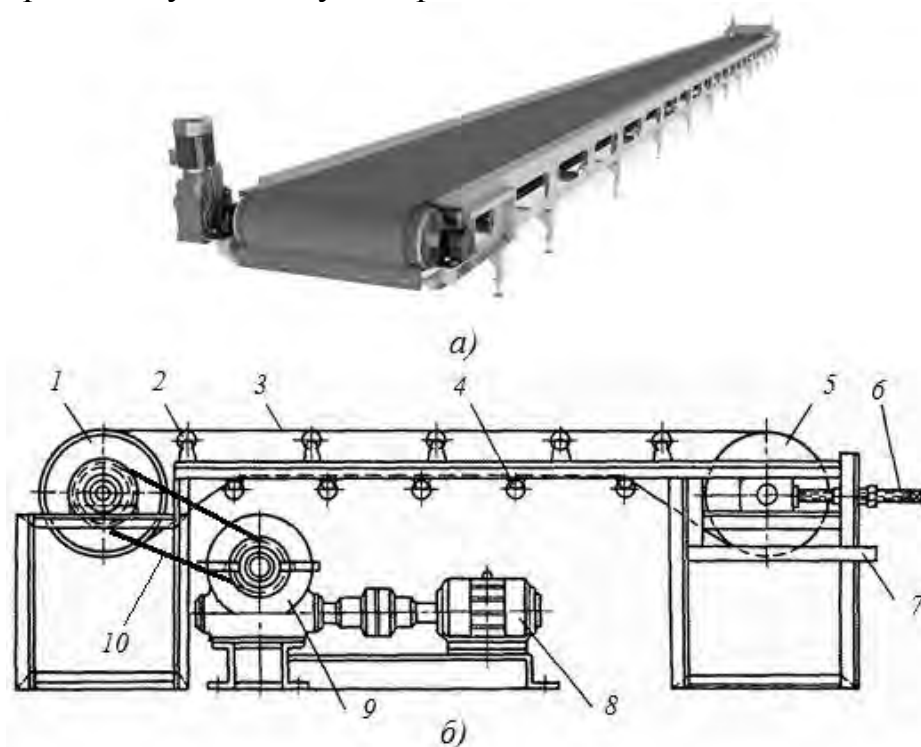


Рис. 3.15. Загальний вигляд (а) та схема стрічкового конвеєра (б):  
 1 – *приводний барабан*; 2 – *роликові опори*; 3 – *стрічка*; 4 – *роликові опори порожньої гілки*; 5 – *натяжний барабан*; 6 – *натяжний пристрій*;  
 7 – *опорна рама*; 8 – *електродвигун*; 9 – *редуктор*; 10 – *пасова передача*



Стрічковий конвеєр (рис. 3.15) складається з нескінченної гнучкої стрічки 3, що огинає два кінцеві барабани – передній приводний 1 і задній натяжний 5. Стрічка підтримується по всій довжині опорними роликками (роликковими опорами) 2 і 4. Іноді замість роликкових опор стрічка підтримується нерухомим, зазвичай, дерев'яним настилом. Роликкові опори закріплюються до опорної рами 7 конвеєра. Стрічка приводиться у рух приводним барабаном від електроприводу.

Для забезпечення належної сили тертя між ободом барабана і стрічкою, а також для підтримки вантажу на стрічці між роликками за допомогою натяжного пристрою 6 створюється постійне натягнення стрічки.

Ланцюгові конвеєри застосовуються у технологічних потокових лініях для складання машин, охолодження, сортування, термічної обробки та інших операцій, а також в автоматизованих цехах і заводах, де вони органічно пов'язані з технологічними процесами виробництва. Тяговим органом конвеєрів цієї групи є ланцюги, які приводяться у рух зірочками або рідше гусеничним приводом.

Залежно від конструкції робочих органів, прикріплених до ланцюгів, конвеєри поділяються на: пластинчасті, скребкові, ковшові, візкові та підвісні.

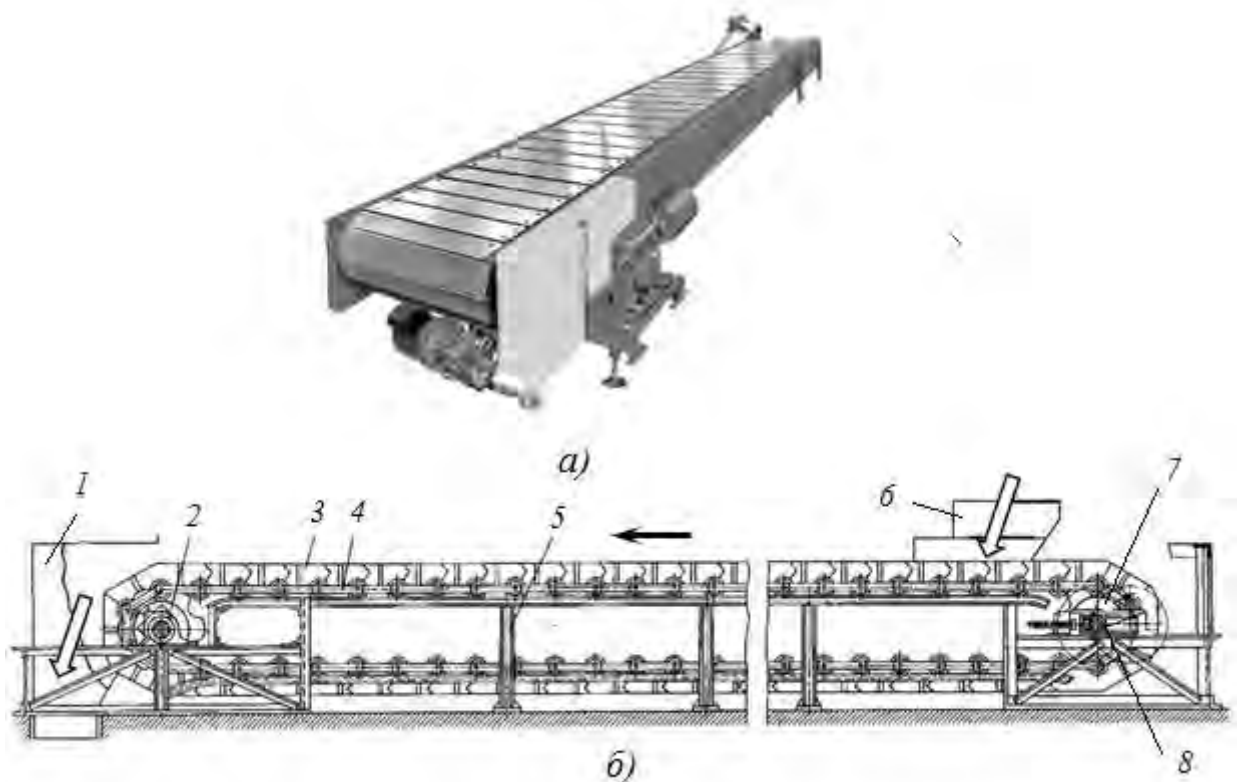


Рис. 3.16. Пластинчастий конвеєр:

1 – вивантажувальний пристрій; 2 – привідна зірочка; 3 – пластини;  
4 – ланцюг; 5 – рама; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – ведена зірочка;  
8 – натяжний пристрій

Траси ланцюгових конвеєрів більш різноманітні й складніші, ніж стрічкових, і дають змогу транспортувати вантажі на великі відстані без перевантаження.

У пластинчастих конвеєрів до тягових ланцюгів прикріплені пластини, що утворюють настил, на якому транспортується вантаж. Пластинчасті конвеєри застосовують для переміщення насипних, поштучних і волокнистих вантажів.

Пластинчастий конвеєр (рис. 3.16) складається з двох замкнених ланцюгів з опорними котками, які обгинають приводні 2 та натяжні 7 зірочки. Пластини 3, які утворюють замкнутий настил, прикріплені до ланцюгів, що рухаються по жорстких напрямних станини. Конвеєр має гвинтовий натяжний механізм 8. Завантажують конвеєр через одну або кілька воронок 6, а розвантажують – через кінцеві зірочки в бункер або інший приймальний пристрій.

У конвеєрах застосовують такі типи пластинчастих ланцюгів: прості шарнірні; втулково-роликові для легких режимів роботи; втулково-коткові з гладенькими котками та з ребордними котками на вальниціях ковзання і кочення. Крок ланцюгів складає 100...630 мм. Круглоланкові ланцюги (зварні та литі) застосовують рідко. Для конвеєрів із складною трасою використовують двошарнірні ланцюги.

Настил конвеєра складається з окремих пластин листової сталі, рідше з деревини і пластмас. Розрізняють три види настилів: без бортів, з рухомими бортами і нерухомими (закріпленими на рамі конвеєра). Пластинчасті конвеєри з настилом у формі лотка називають лотковими. Конструкція і форма настилів визначаються властивостями вантажів, що транспортуються.

За допомогою ланцюгових конвеєрів транспортують такі важкі поштучні вантажі, для яких не можна використовувати стрічкові конвеєри: крупнокускову руду, гарячий агломерат, вапняк, гарячі поковки, виливки, гострокромкові відходи штампувального виробництва. Вмонтовані невеликі конвеєри широко використовуються також у сільськогосподарських машинах як технологічна ланка. Недоліками є велика лінійна маса конвеєра; висока вартість; обмежена швидкість руху ланцюгів (до 1,25 м/с); більш складна експлуатація порівняно зі стрічковим конвеєром внаслідок великої кількості шарнірних з'єднань у ланцюзі, які потребують регулярного змащування і догляду; велика витрата енергії.

*Ескалатор* (рис. 3.17) – це різновид пластинчастого конвеєра спеціального типу для переміщення пасажирів з одного рівня на інший (метро, торгові та громадські будівлі). Пластини ескалатора – сходинки рухаються на роликах вздовж напрямних за допомогою ланцюгової передачі від приводу, який складається з електродвигуна і редуктора. Швидкість руху полотна 0,4...1 м/с, прискорення 0,6...1,0 м/с<sup>2</sup> (максимальні прискорення і сповільнення 1,5...2 м/с<sup>2</sup>), ширина 1 м; кут нахилу ескалатора до 30...35°.

Для вертикального підйому сипучих матеріалів використовують *елеватори* (норії). Норії складаються із замкненого тягового органу –

вантажонесучої стрічки або ланцюга, який огинає приводний та натяжний барабани або зірочки, коробів конвеєра, приводної головки та башмака.

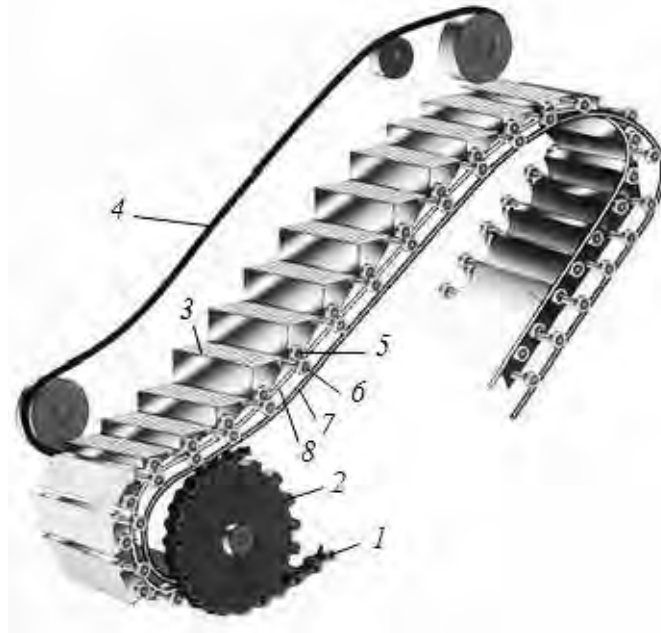


Рис. 3.17. Схема ескалатора:

*1 – приводний ланцюг; 2 – привідна шестерня; 3 – сходи; 4 – стрічка поручня; 5 – передні колеса; 6 – задні колеса; 7 – внутрішній трек; 8 – зовнішній трек*

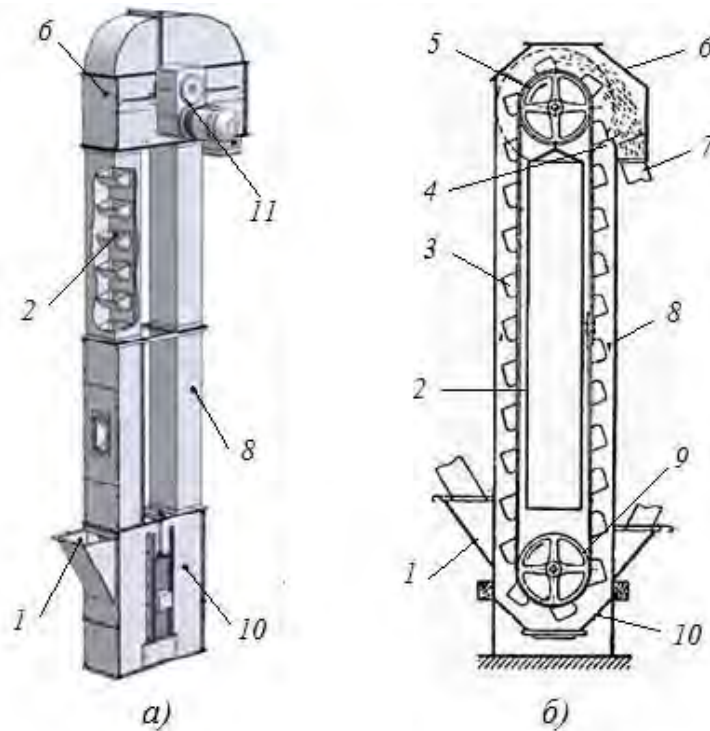


Рис. 3.18. Загальний вигляд (а) і схема (б) елеватора (норії):

*1 – приймальний носок; 2 – стрічка з ковшами; 3 – ківши; 4 – козирок; 5 – верхній барабан; 6 – головка; 7 – випускний патрубкок; 8 – холоста труба норії; 9 – нижній барабан; 10 – башмак; 11 – привід*

На рисунку 3.18 показаний зовнішній вигляд і схема елеватора. Робочими органами норії є укріплені на стрічці або ланцюгу ковші. Норії можуть комплектуватися металевими або пластиковими ковшами. Для зменшення пошкодження зерна виробники норій застосовують типи ковшів, прийомна частина яких повторює траєкторію руху зернового продукту із завантажувального патрубку. Обидві гілки тягового елемента (робоча і холоста) поміщені в металевих прямокутних трубах(коробах), що з'єднують башмак і головку.

Нижня частина норії – «башмак» представляє собою збірну конструкцію із металевих листів. Цей вузол слугує для забезпечення завантаження сипучих матеріалів до основного робочого органу – ковша та забезпечення натягу стрічки чи ланцюга. Крім цього, він є важливим опорним елементом усієї конструкції норії.

Головним несучим елементом норії є норійні труби. Останні передають всі механічні навантаження від головки норії «башмаку». Вони огорожують стрічку з ковшами та з'єднують головку та «башмак» норії.

Конвеєри без гнучкого тягового органу – гвинтові, роликіві, вібраційні та інші – використовують для транспортування різних вантажів на невеликі відстані. Вони характеризуються простотою, компактністю і надійністю конструкції.

*Гвинтові конвеєри* застосовуються для транспортування по горизонталі або під невеликим нахилом до горизонту (до 15...16°) на порівняно короткі відстані (до 30...40м) порошкоподібних, дрібнокускових, мокрих і в'язких матеріалів, зокрема тих, що пилять, і гарячих.

Гвинтовий конвеєр складається із жолоба з напівциліндричним або циліндричним корпусом, всередині якого на вальниці обертається шнек. Він складається з вала, на якому закріплені спіральні витки (рис. 3.19). Вал приводиться в обертання від електродвигуна через редуктор.

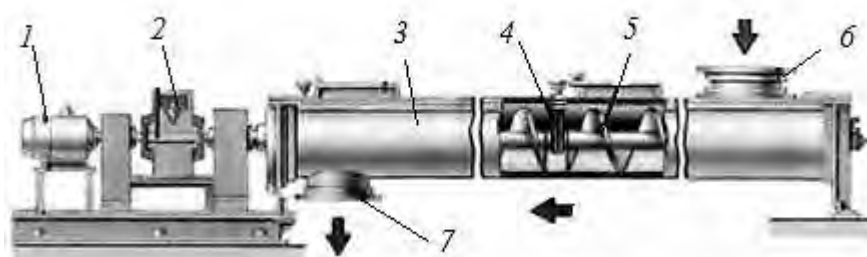


Рис. 3.19. Гвинтовий конвеєр для горизонтального переміщення матеріалу:

1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – жолоб; 4 – підвісна вальниця;  
5 – шнек (гвинт); 6 і 7 – вхідний і вихідний патрубки

Рух матеріалу в жолобі відбувається ковзанням внаслідок проштовхування його при обертанні витками шнека. У залежності від виду

матеріалу, що переміщується застосовують шнеки різноманітних конструкцій. Наприклад, сипкі матеріали (зерно, борошно, висівки тощо) транспортують суцільними шнеками, дрібношматкові матеріали переміщують стрічковим шнеком, тістоподібні і мокрі матеріали транспортують фасонними або лопатевими шнеками.

Переваги гвинтових конвеєрів: простота конструкції, просте обслуговування; надійність у роботі; герметичність, оскільки вантаж розміщується у закритому жолобі; невеликі габаритні розміри; розвантаження можна здійснювати в будь-якому місці конвеєра. Недоліки: часткове подрібнення крихкого матеріалу; підвищені витрати енергії внаслідок тертя вантажу з жолобом та лопатями; порівняно невелика продуктивність (до  $200 \text{ м}^3/\text{год}$ ); мала довжина транспортування на один привід (до  $75 \text{ м}$ ).

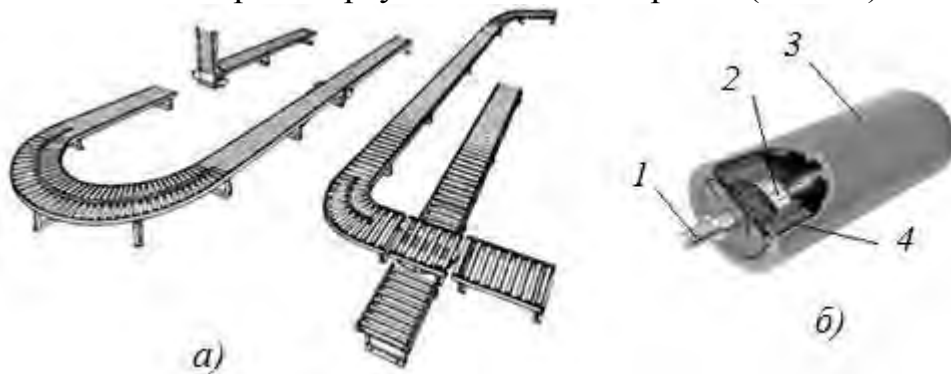


Рис. 3.20. Неприводні роликові конвеєри (а) , ролик (б):  
1 – ось; 2 – вальниця; 3 – обойма (труба); 4 – корпус вальниці

*Роликові конвеєри* поділяють на: неприводні (гравітаційні) та приводні.

На приводних рольгангах рух вантажу передається силою тертя, яка виникає між роликами, що обертаються, і вантажем, який на них лежить.

На рис. 3.20 зображено види неприводних рольгангів з криволінійними секціями. Ролики складаються з обойми, всередині якої знаходиться ось з вальницями. На неприводних рольгангах вантаж переміщується під впливом прикладеної до нього рушійної сили. Ролики обертаються від дії рухомого вантажу, полегшуючи цим його рух. Неприводні рольганги часто встановлюються з невеликим нахилом, що забезпечує рух вантажу самосхилом під дією сили ваги.

#### Питання для самоконтролю

1. З яких пристроїв складається стрічковий конвеєр?
2. Які передачі використовують у приводі стрічкового конвеєру?
3. Поясніть будову елеватора, вкажіть галузі застосування.
4. Як працює гвинтовий конвеєр?
5. Поясніть будову та принцип дії ескалятора.
6. Поясніть конструкцію ролика рольганга.

## 4. Водний транспорт

Водний транспорт – вид транспортного засобу, що перевозить вантажі або пасажирів водними шляхами, як природними (океани, моря, річки, озера), так і штучними (канали, водосховища, водойми). Водний транспорт відрізняється високою вантажопідйомністю і дуже низькою собівартістю перевезень. Крім цього, він дозволяє перевозити майже будь-які великогабаритні вантажі. Також, водний транспорт життєво особливо важливий там, де неможливі сухопутні перевезення: між континентами, островами і у районах де відсутня розвинута інфраструктура.

### 4.1. Класифікація та характеристика суден

Основним засобом водного транспорту є судно. Для оцінки транспортних можливостей та ефективності перевезень важливі експлуатаційні якості суден. До них відносяться: вантажопідйомність, вантажо- і пасажиромісткість, швидкість ходу, маневреність, дальність і автономність плавання.

Вантажопідйомність -- вага усіх вантажів, які може перевезти судно за умови збереження проєктної осадки. Часто використовують поняття «дедвейт» - це повна вантажопідйомність або це сума всіх змінних вантажів судна, тобто загальна вага вантажу, запасів палива, технічної води, мастила, екіпажу з багажем, запасів питної води і баласту тощо (вимірюється у тоннах). Крім цього показника використовують показник водотоннажність – маса води, що витісняється судном ( $m$ ). Повна водотоннажність (тоннаж) - це водотоннажність порожнього судна плюс дедвейт. У сучасних суден дедвейт становить 65-75% від повного тоннажу, у танкерів – 82-85%.

Вантажомісткість – сумарний обсяг усіх вантажних приміщень в кубічних метрах. Відрізняють також реєстрову місткість (або реєстровий тоннаж) – стандартизовану оцінку розмірів судна у реєстрових тоннах. Реєстрова тонна – це умовна одиниця об'єму зареєстрованих приміщень судна. Одна реєстрова тонна дорівнює 100 куб. фут або  $2,83 \text{ м}^3$ .

Швидкість ходу вимірюється у вузлах. За міжнародним визначенням, один вузол дорівнює  $1,852 \text{ км/год}$ . (1 морська миля за годину) або  $0,514 \text{ м/с}$ . Поширеність вузла як одиниці виміру пов'язана зі значною зручністю його застосування у навігаційних розрахунках: судно, що йде на швидкості в 1 вузол уздовж меридіана, за одну годину проходить одну кутову хвилину географічної широти. Швидкість ходу суттєво впливає на економічну ефективність транспортних операцій: чим вищою є швидкість, тим більшою є продуктивність перевезень судна.

Дальність плавання - максимальна відстань, яку судно може пройти із заданою швидкістю без поповнення запасів.

Автономність плавання – максимально допустимий час знаходження в морі без поповнення запасів, що не відносяться до руху корабля.

Маневреність – здатність судна виконувати задані маневри, змінювати напрямок і швидкість руху.

Живучість – здатність судна зберігати свої морехідні та експлуатаційні якості при отриманні пошкоджень.

Іншої групою характеристик суден є морехідні якості. Вони визначають надійність і конструктивну досконалість судна. До морехідних якостей судна належать: плавучість, остійність, непотоплюваність, морехідність, ходовість, керованість судна.

Під плавучістю розуміють здатність судна плавати в необхідному положенні відносно поверхні води при визначеному навантаженні.

Остійність характеризує здатність судна, відхиленого дією зовнішніх сил від положення рівноваги, повертатися у вихідне положення рівноваги після припинення дії цих сил.

Непотоплюваність – здатність судна зберігати достатню плавучість і остійність після затоплення одного або декількох відсіків.

Морехідність визначає здатність судна протистояти впливу морського хвилювання (хитавиці) з коливаннями можливо меншої частоти і амплітуди.

Ходовість – здатність судна переміщатися з визначеною швидкістю.

Керованість – здатність судна утримувати заданий напрямок руху або змінювати його відповідно до бажання судноводія.

Всі судна класифікують за призначенням, районом плавання та конструктивними ознаками.

За призначенням судна поділяють на:

- транспортні (пасажирські, вантажні, вантажопасажирські);
- промислові (рибодобувні, рибопереробні);
- науково-дослідні (експедиційні, гідрографічні);
- навчальні та спортивні;
- спеціальні (лоцманські, плавучі маяки, водолазні, пожежні);
- судноремонтні (плавучі майстерні, підйомні крани, доки);
- службові;
- рятувальні (бази, боти, понтони, буксири); технічні (грунтовози, днопоглиблювачі).

За районом плавання судна відрізняють: морські (далекого, необмеженого, прибережного) та рейдові; внутрішнього плавання (річкові, озерні); змішаного плавання (річка – море).

За конструктивними ознаками судна поділяють за:

- способом руху: самохідні та несамохідні;
- типом головного двигуна: теплоходи (двигун внутрішнього згорання), пароплави (парова машина), турбоходи (парова турбіна), газотурбоходи (газова турбіна), дизель електроходи (електричні установки, що отримують енергію від двигуна внутрішнього згорання), електроходи (електричні установки одержують енергію від турбіни), атомоходи (атомна енергетична установка);
- способом руху: надводні, підводні, глісуючі, на підводних крилах, на повітряній подушці;

– типом рушія: гвинтові, з крильчастим, водометним або роторним рушієм, вітрильні;

– матеріалом корпусу: сталеві, з легких сплавів, пластмасові, дерев'яні, залізобетонні, композитні;

– архітектурно-конструктивним типом: одно- та двокорпусні, одно- та багатопалубні, з кормовим, середнім та проміжним розташуванням машинного відділення;

– кількістю гребних валів - одновальні, двовальні тощо.

Найбільше значення та розповсюдження у водному транспорті мають транспортні судна, які поділяються на вантажні і пасажирські.

До вантажних відносять:

– суховантажі загального призначення (для перевезення як генеральних вантажів, наприклад, лісу, металопродукції, устаткування, штучно-тарних, так і навальних, наприклад, піску, зерна, мінеральних добрив, руди, глини і т. п., а також контейнерів).

– контейнеровози (призначені для перевезення контейнерів у трюмах і на палубі);

– рефрижераторні судна (на них встановлені холодильні установки, які підтримують необхідну температуру у вантажних відсіках, а також система вентиляції, що забезпечує заданий газообмін);

– ролкери - судно, для якого вантаження і вивантаження контейнерів, автомобілів, іншої колісної техніки здійснюється горизонтальним шляхом (у ролкерів відкривається кормова або носова частина, в яку по висувній апарелі в'їжджають навантажувачі з контейнерами або колісна техніка);

– балкери – вантажне судно, що перевозить вантажі навалом або насипом;

– танкери – судно, що перевозить рідкі вантажі (сиру нафту, нафтопродукти, соняшникову і пальмову олію та ін.);

– газовози – судно, що перевозить зріджені нафтові (умовне маркування продукту - LPG) і природні (LNG) газу;

– універсали – вантажні судна, що перевозять відразу декілька видів вантажів у різних відсіках, рідкі речовини та техніку.

До останніх відносяться, наприклад, нафторудовози або ОВО (від англ. «Ore – bulk – oil carrier» або «Руда – навал – нафтовоз»), здатні перевозити одночасно навальні і наливні вантажі, розташовуючи їх у роздільних вантажних приміщеннях.

До пасажирських суден відносять:

– лайнер – велике швидкохідне судно, найчастіше, пасажирське, яке виконує регулярні рейси;

– круїзне судно – судно, що здійснює міжнародний рейс за туристичною програмою;

– пором – судно, що перевозить пасажирів і транспортні засоби між двома берегами річки або протоки.



До теоретичних розмірів судна належать (рис.4.1):

- найбільша довжина ( $L_{oa}$ ) – габаритний розмір судна між носовим і кормовим перпендикулярами;
- довжина за конструктивною ватерлінією ( $L_{pp}$ ) – довжина між перпендикулярами, виміряна по поздовжній осі на рівні конструктивної (головної) ватерлінії (ГВЛ або  $DWL$ ) між точками перетину носової і кормової частин конструктивної ватерлінії з діаметральною площиною;

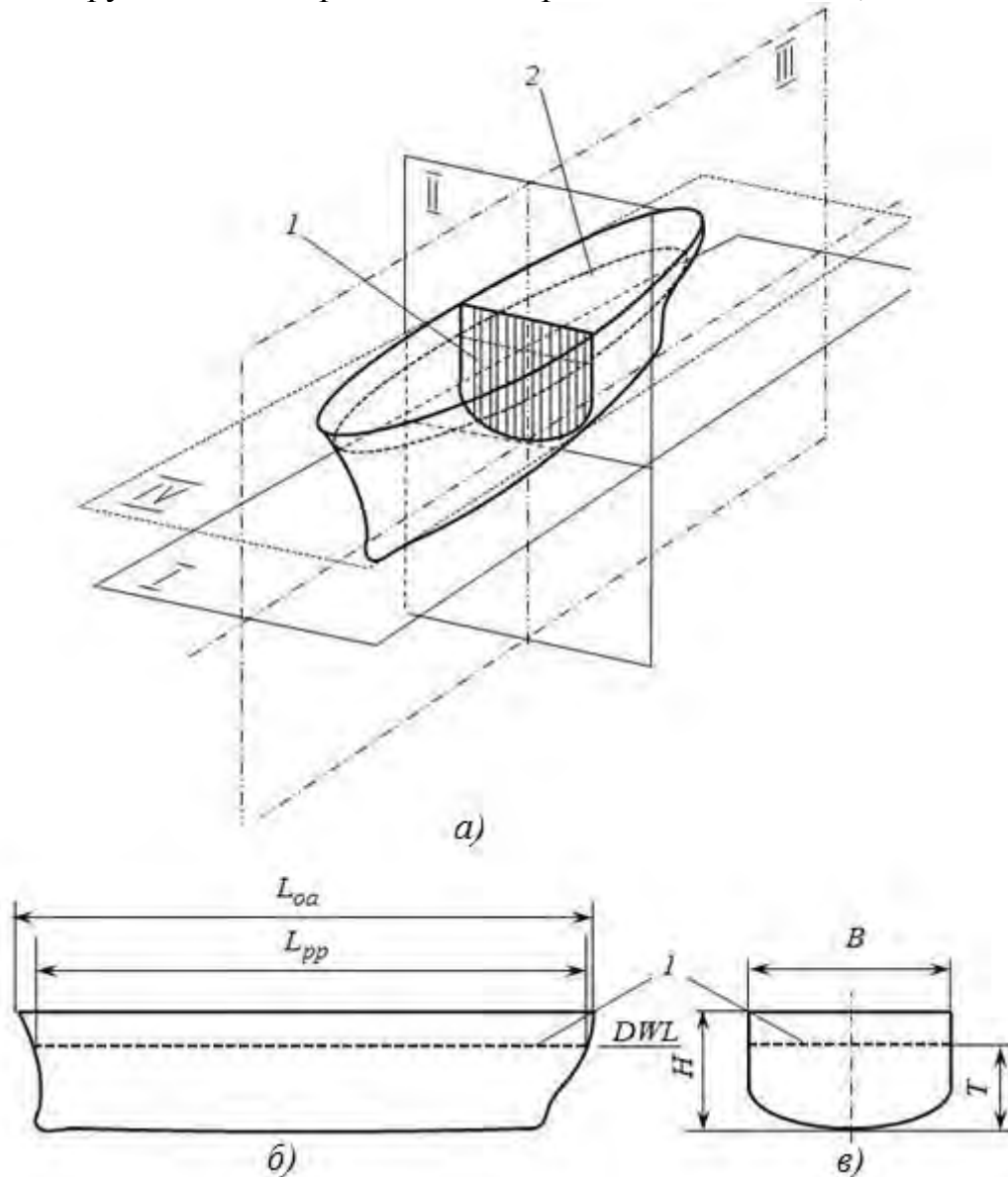


Рис. 4.1. Схема площин, у яких визначаються розміри та профіль судна, (а) та головні розміри судна у діаметральній площині (б) і міделі (в):

*I – основна площина; II – площина мідель-шпангоута; III – діаметральна площина; IV – площина головної ватерлінії; 1 – переріз по міделю; 2 – головна ватерлінія*

- висота борту на міделі, яка дорівнює відстані по вертикалі біля борту між внутрішніми поверхнями горизонтального кіля і палубного настилу;

- ширина ( $B$ ), виміряна по корпусу в середині довжини на рівні вантажної ватерлінії між зовнішніми крайками шпангоутів;
- осадка ( $T$ ), виміряна від вантажної ватерлінії до нижньої точки горизонтального кіля (основної площини судна).

Головні розміри  $L$ ,  $B$ ,  $H$  і  $T$  визначають лише розміри судна, а їх співвідношення  $L/B$ ,  $B/T$ ,  $H/T$ ,  $L/H$  і  $B/H$  певною мірою характеризують форму корпусу судна і впливають на його морехідні якості та міцність корпусу. Наприклад, збільшення  $L/B$  сприяє швидкохідності судна, чим більше  $B/T$ , тим воно стійкіше до поперечної качки – має кращу остійність.

Для характеристики форми зануреної частини судна використовують поняття коефіцієнту повноти водотоннажності  $\delta$  – це відношення об'ємної водотоннажності  $V$  до об'єму паралелепіпеда зі сторонами  $L$ ,  $B$  і  $T$ . Чим менший цей коефіцієнт, тем більше корпус судна набуває обтічної форми. Внаслідок зменшується опір руху, а відповідно збільшується швидкість. Так для швидкохідних суден  $\delta=0,5-0,65$ , а для барж до -  $0,95$ . За допомогою коефіцієнта повноти можна визначити водотоннажність судна:

$$V=L \cdot B \cdot T \cdot \delta. \quad (4.1)$$

Призначення судна визначає особливості його архітектури, форми корпусу та оснащення. Так особливостями суховантажних суден (рис.4.2) є наявність вантажно-розвантажувальних засобів у вигляді вантажних стріл з лебідками, або вантажних кранів. Судна для генеральних вантажів мають від чотирьох до шести трюмів та твіндеки, які дозволяють добре розмістити різні види вантажів. Люки трюмів виконують великих розмірів, щоб полегшити навантаження та розвантаження. Машинні відділення, а також житлові надбудови розміщуються у кормі.

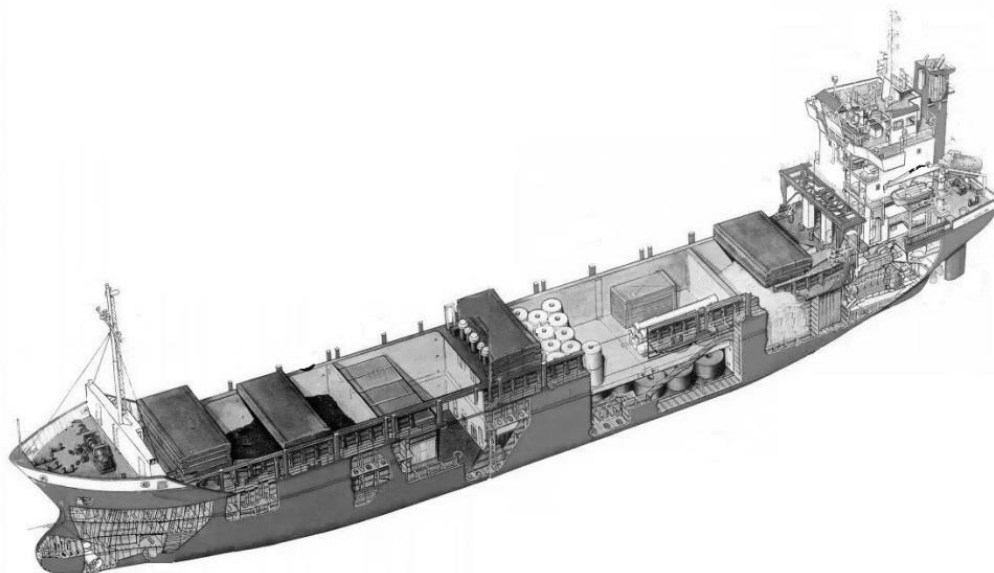


Рис. 4.2. Загальний вигляд суховантажного судна для перевезення генеральних вантажів

Обладнання контейнеровоза (рис.4.3), на відміну від суховантажів, має у трюмах направляючі з профільної сталі, в яких у вертикальному положенні

встановлюють і закріплюють контейнери, що виключає їх горизонтальні переміщення під час крену судна. Частина контейнерів транспортується як палубний вантаж. Через велику кількість палубного вантажу, який закриває передній огляд, контейнеровози, зазвичай, мають дуже високі надбудови.

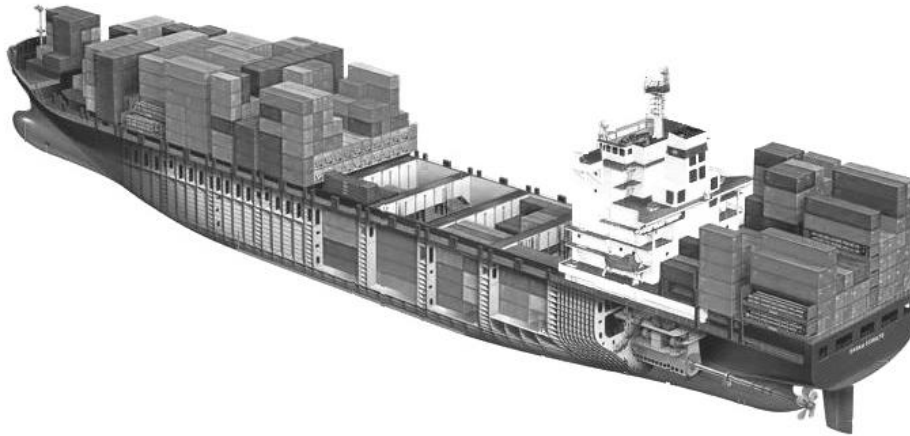


Рис. 4.3. Загальний вигляд контейнеровозу

Машинні відділення розміщуються, як правило, в кормі, там знаходяться надбудови, але іноді надбудови і машинні відділення зміщують трохи у ніс судна.

Танкери (рис.4.4) мають невисоку висоту бортів, на палубі відсутні засоби механізації (щогли лебідок, кранів тощо). Надбудова звичайно достатньо висока із-за розвинутої довжини судна і розміщується з машинним відділенням у кормі.

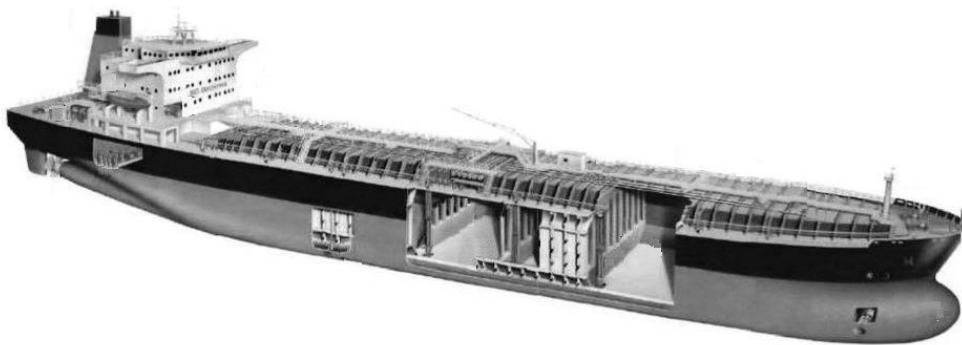


Рис. 4.4. Загальний вигляд танкеру

Вантажні відсіки танкерів розділені один від одного герметичними перегородками. Для завантаження використовують потужні насоси. При транспортуванні важких нафтопродуктів для зменшення їх в'язкості використовується підігрів паром. За дедвейтом танкери поділяються на декілька різновидів: малотоннажні танкери перевозять не більше 16 499 тонн, а деякі супертанкери – більше півмільйона тонн (саме до цього типу належать найбільші судна світу).

У будові пасажирських суден (рис. 4.5) виділяються довгі надбудови з кількома палубами, великі заklenі тераси, численні рятувальні засоби (шлюпки та плоти), а також відкриті палуби (особливо на кормі), які оснащені плавальними басейнами або використовуються як солярії.

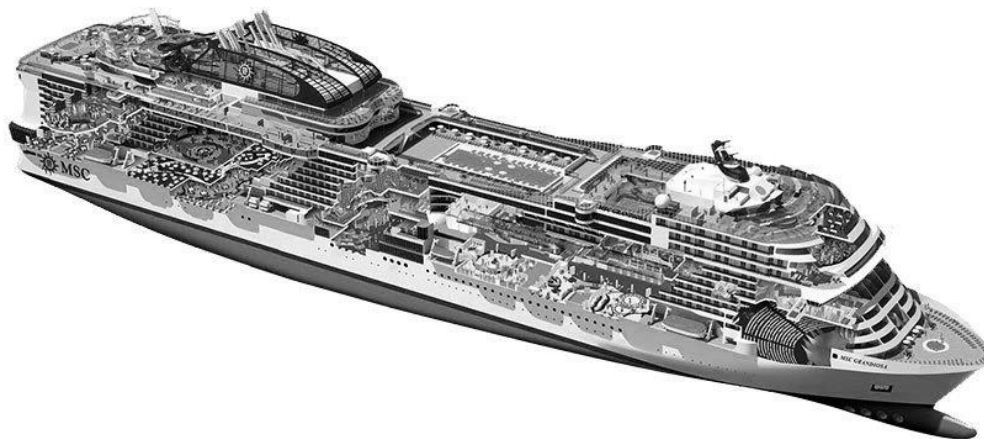


Рис. 4.5. Загальний вигляд круїзного лайнера

### Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте особливості водного транспорту.
2. Чим відрізняються поняття «вантажопідйомність» та «вантажомісткість»?
3. Що характеризує дедвейт судна?
4. Чим пояснюється використання у морській справі вимірювання швидкості ходу у вузлах?
5. Охарактеризуйте показники, що впливають на морехідні якості суден.
6. Наведіть класифікацію вантажних суден.
7. У яких перерізах судна визначають їх теоретичні розміри?
8. Співвідношення яких розмірів судна характеризує його остійність?
9. Охарактеризуйте особливості архітектури форми танкерів.

### 4.2. Загальна будова суден

Кожне судно у незалежності від призначення складається з окремих частин, які мають однакову назву. Якщо поділити судно по довжині на дві частини, то передня частина називається носовою, а задня частина - кормовою. Відповідно передню частину судна називають носом, а задню - кормою.

Середину судна називають міделем. Зовнішні вертикальні поверхні називають бортами, горизонтальні – нижню – днищем, верхню – палубою. Частини судна вище верхньої палуби називаються :

- на носу – бак або полубак;
- у кормі – ют;
- середній або кормовій частині – надбудова (якщо не менше 0,96 ширини судна) або рубка.

Частина судна, яка знаходиться вище поверхні води, називається надводною, нижче поверхні – підводною. Площина, яка розділяє підводну і надводну частини судна називається ватерлінією. Відстань між найнижчою частиною судна і ватерлінією називається осадкою.

Будова судна складається з таких основних елементів:

- корпус;
- надбудови;
- суднова енергетична установка;
- рушії та їх привід;
- суднові пристрої: рульовий, якірний, швартовий, буксирний, вантажні пристрої тощо;
- система керування судном.

На рисунку 4.6. наведено загальне розміщення частин суховантажного судна. Можна відслідкувати визначені особливості будови суден такого типу.

За висотою корпус судна 22 розділяється палубами: верхньої головної 9 та другої 19. Міжпалубний простір – твінтек 20 може використовуватися для перевезення вантажів, а також для різних суднових приміщень. Судно має подвійне дно – простір, зайнятий набором днища і відокремлений від трюмів настилом другого дна 18. Подвійне дно зазвичай служить для прийому рідкого баласту, зберігання рідкого палива та запасів прісної води. Водонепроникні перегородки поділяють корпус на ізольовані відсіки, збільшують його міцність та жорсткість у поперечному напрямку, а також забезпечують живучість судна. Крайня носова частина судна між форштевнем і першою носовою перегородкою називається форпіком 15, крайній кормовий відсік – ахтерпіком 26. В середині корпусу розміщуються вантажні трюми.

На верхній головній палубі розташована надбудова або рубка 7, а також вантажно-розвантажувальне обладнання 5, обладнання швартування (кнехти, брашпиль тощо) та інші пристрої. По периметру головної палуби встановлена огорожа: фальшборт 4 (з цільних листів металу) та леєрна огорожа 8 (звичайно з канатів або ланцюгів).

Під надбудовою розміщується машинне відділення 23 обладнане, звичайно, дизельною установкою. Потужність від дизеля через привід передається на валопровід 25 (довгий вал), до якого прикріплюється гребний гвинт 27. Напрямок руху змінюється поворотом руля 1, який приводиться в дію рульовою машиною 2.

Корпус судна - це основа судна, він являє собою складну порожнисту коробчасту конструкцію. Він забезпечує плавучість, непотоплюваність, міцність та здатність судна протистояти зовнішнім факторам. У середині корпусу розташовуються основні і допоміжні механізми, вантажні трюми, житлові та службові приміщення, сховища для запасів, а також більшість корабельних пристроїв.

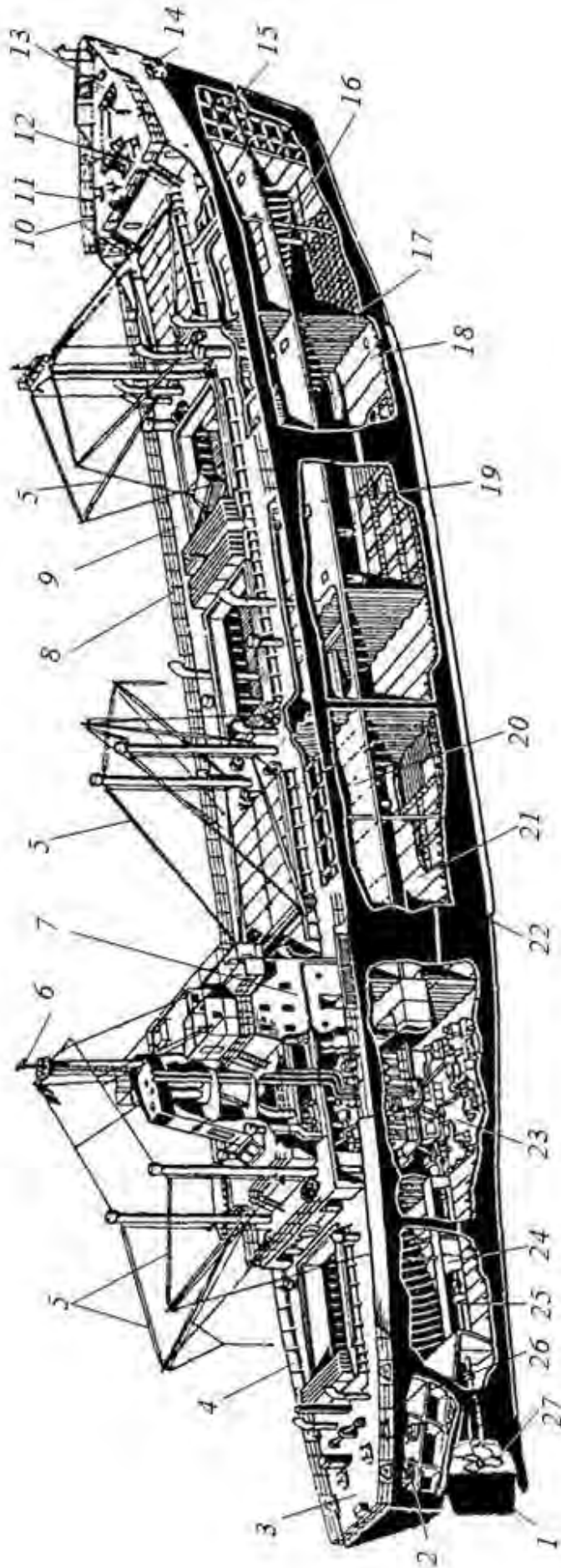


Рис. 4.6. Будова суховантажного судна:

1 - руль; 2 - рульова машина; 3 - ют; 4 - фальшборт; 5 - вантажно-розвантажувальне обладнання;  
 6 - навігаційне обладнання та зв'язку; 7 - надбудова(рульова рубка); 8 - леєрна огорожа; 9 - верхня палуба;  
 10 - швартовий клюз; 11 - кнехти; 12 - брашпиль; 13 - бак; 14 - якір; 15 - форнік; 16 - піллерс; 17 - поперечна водонепроникна перегородка; 18 - настил другого дня; 19 - друга палуба; 20 - вантажний твіндек (міжпалубний простір на вантажному судні); 21 - вантажний трюм; 22 - корпус судна; 23 - машинне відділення; 24 - тунель валопроводу; 25 - валопровід; 26 - актернік; 27 - зрбний гвинт

Кожному типу судна відповідає особлива форма корпусу, що залежить від багатьох факторів: призначення судна, умов його експлуатації, швидкості ходу, якості судна та ін. Корпус швидкохідних суден, аби зменшити опір води руху виконується у формі подовженого тіла обтічної форми. Вони мають загострені краї і плавні переходи бічних поверхонь у площину днища. Корпуси тихохідних та стояночних суден, швидкість руху яких не має великого значення, навпаки, виконують прямокутними або площинної форми для спрощення технології їх будівництва.

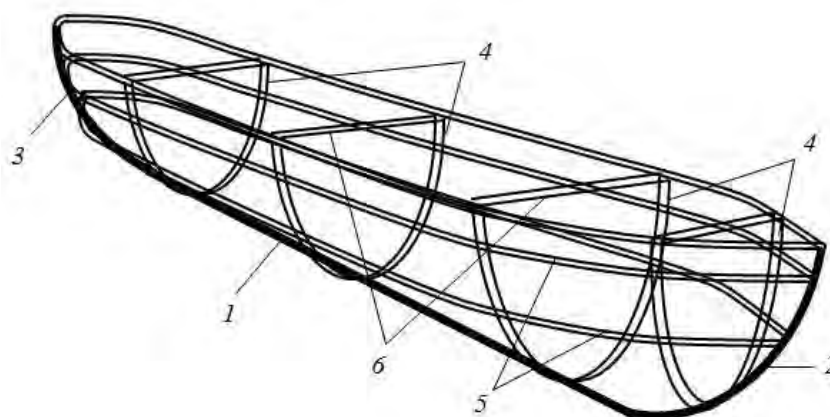


Рис.4.7. Структурна (скелетна) схема будови каркасу корпусу судна:  
 1 – киль; 2 – форштевень; 3 – ахтерштевень; 4 – шпангоути;  
 5 – стрингери

Спрощено принцип побудови остову корпусу можна показати у вигляді структурної схеми (рис. 4.7). Основою, на який будується каркас корпусу судна є киль 1. Це потужна балка, звичайно коробчастого перерізу, яка розміщена за віссю судна. Продовженням кіля спереду та позаду судна є штевні: відповідно – форштевень 2 та ахтерштевень 3. Форма обрисів штевнів визначається призначенням судна.

До кіля з певним інтервалом (шпаціями) кріпляться шпангоути 4. Це дугоподібні балки, які за формою відповідають поперечним перерізам корпусу. Шпангоути перев'язані повздовжніми брусами – стрингерами 5.

Для кріплення палуби, а також надання міцності та жорсткості корпусу у поперечному перерізу, до шпангоутів прикріплюються поперечні балки – бімси. До шпангоутів кріпляться листи обшивки, які утворюють зовнішні обводи корпусу - борта та днище. На бімси встановлюється настил основної палуби.

У сучасних суден будова корпусу більш складна. Для збільшення жорсткості та міцності з'єднання балок, що розміщуються під кутом, використовують кутники (книці). Для підтримання палуби та її елементів встановлюють вертикальні опори – пиллерси, а для надання повздовжньої жорсткості – повздовжні балки (карлінгси). Днище судна укріплюється за допомогою приварювання ребер жорсткості: у поперечному напрямку – флорів, у повздовжньому – днищевих стрингерів.

На рисунку 4.8 наведений приклад поперечного перерізу корпусу суховантажного судна, з якого можна скласти уяву про набір корпусу судна - сукупність балок та брусів, з яких складається каркас судна.

Для виготовлення корпусу використовують різні конструкційні матеріали: частіше сталь, а також легкі сплави (на основі алюмінію), пластмаси, деревина, композиційні матеріали. Форма та розміри корпусу судна в значній мірі визначає його експлуатаційні характеристики, міцність, морехідні і маневрові якості.

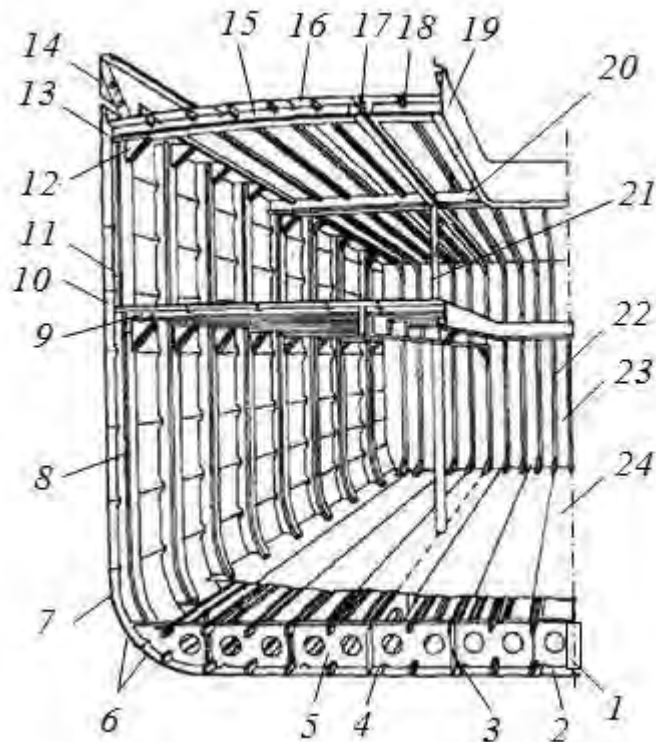


Рис.4.8. Поперечний переріз корпусу суховантажного судна:

1 – вертикальний киль; 2 – горизонтальний киль; 3 – днищевий стрингер; 4- зовнішня днищева обшивка; 5 – флор; 6 – скуловий киль; 7 – скуловий пояс; 8 – трюмний шпангоут; 9 – бімс; 10 – бортова зовнішня обшивка; 11 – твіндечний шпангоут; 12 - бімова книця; 13 – ширстек (верхній лист обшивки); 14 – фальшборт; 15 – рамний бімс; 16 – настил палуби; 17 – карлінгс (повздожжня балка); 18 – повздожжня підпалубна балка; 19 – комінгс (огорожа) люка судна; 20 – кінцевий бімс; 21 – піллерс; 22 – стійка переборки; 23 – герметична переборка; 24 – настил другого дна

Головною частиною енергетичної установки суден є тепловий двигун. Зараз основними двигунами на морських суднах є двигуни внутрішнього згорання, а також використовують парові і газові турбіни, електродвигуни. У більшості випадків це дизельний двигун внутрішнього згорання. За умови обмеження частоти обертання гребного гвинта ( $n < 300$  об./хв.) явищем кавітації найбільше використовують мало- або середньооборотні двигуни.

Малооборотні суднові дизелі (частота обертання до 150 об./хв.) використовуються переважно на великих транспортних суднах. Потужність їх



доходить до 80000 *Квт*. Середньооборотні суднові дизелі потужністю до 13000 *Квт* (при частоті обертання 300 – 500 *об./хв.*) використовуються на судах середніх розмірів). Високооборотні суднові дизелі потужністю до 2000 *Квт* (при частоті більше 500 *об./хв.*) встановлюють на малих судах, а також як двигуни дизельелектрогенераторів.

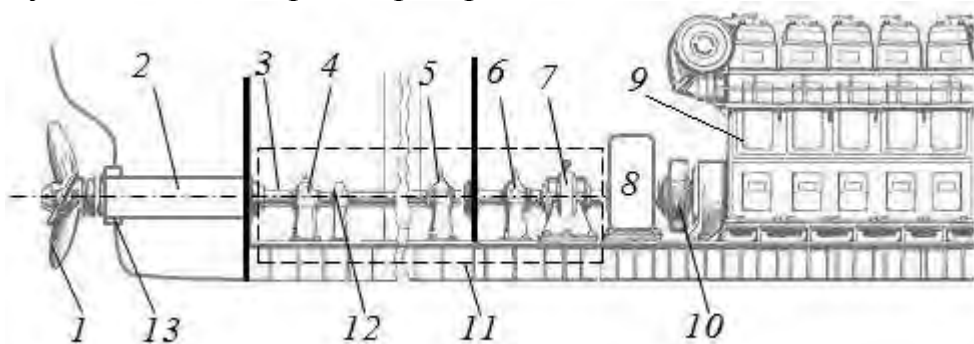


Рис.4.9. Схема приводу гребного валу від середньооборотного дизельного двигуна:

1 – гребний гвинт; 2 – дейдвудний пристрій; 3 – гребний вал; 4, 5, 6 – опори валів валопроводу; 7 – упорна вальниця; 8 – редуктор; 9 – дизельний двигун; 10 – головна муфта; 11 – валопровід; 12 – гальмівний пристрій; 13 – яблуко ахтерштевня

На рисунку 4.9 наведена принципова схема приводу гребного валу від судової енергетичної установки. Потужність від двигуна 9 передається через головну муфту 10, редуктор 8, на валопровід 11. Валопровід це система валів, що передають крутний момент вздовж судна до гребного валу 3, на якому встановлений гребний гвинт 1. Гребний вал проходить через дейдвудний пристрій 2.

Дейдвудний пристрій є опорою для гребного вала і ущільнює місце виходу гребного вала з корпусу. Він складається з дейдвудної труби, вальниць ковзання, системи охолодження і змащування, ущільнювальних пристроїв, що запобігають потраплянню забортної води у корпус судна. Для зупинки вала призначений гальмівний пристрій 12.

Штовхальне зусилля, що утворюється при обертанні гребного гвинта, передається вздовж валів валопроводу до упорної вальниці 7, яка сприймає та передає це зусилля до корпусу судна. У якості головної муфти використовують керовані (кулачкові, зубчасті, гідравлічні або електромагнітні) муфти. Для з'єднання проміжних валів валопроводу та гребного вала використовують некеровані глухі або муфти з пружними елементами.

Редуктор головного двигуна зменшує частоту обертання до оптимального для гребного гвинта значення та збільшує крутний момент. На судах найчастіше застосовують механічні циліндричні зубчасті редуктори з косозубими шестернями. На сучасних судах отримали розповсюдження планетарні редуктори, які дозволяють значно зменшити розміри і загальну масу приводу. В енергетичних установках із середньооборотними дизелями використовують одноступеневі редуктори з передаточним відношенням 2 – 4,5.

В енергетичних установках з високобортними двигунами, а також з газовими або паровими турбінами, використовуються двох – трьох ступінчасті редуктори з передаточним відношеннями 15 – 20 (у двоступінчастих турбозубчастих агрегатах до 160).

Гребний гвинт нині є майже єдиним типом рушія (рис. 4.10). Він складається з декількох лопатей, радіально укріплених на маточині. Під час обертання гребного гвинта навколо своєї осі на лопатях виникає штовхальна сила, яка зрештою обумовлює рух судна. Характерною величиною гребного гвинта є крок. Якщо уявити, що лопать (або весь гребний гвинт) обертається відповідно жорсткої гайки, то за один свій оборот вона просунулася б прямолінійно на шлях, що дорівнює геометричному кроку. Теоретичне значення кроку, без урахування ковзання, залежить від кута атаки лопаті гребного гвинта. Але так як вода податливе середовище, то фактично за один оборот гребний гвинт проходить відстань по відношенню до потоку меншу, ніж геометричний крок. Ця відстань називається поступом гвинта.

Лопаті гвинта фіксованого кроку відливають разом з маточиною або міцно прикріплюються до неї (рис. 4.10,а). Конструкція міцна та надійна, але оптимальна взаємодія між енергетичною установкою та гребним гвинтом досягається лише при певному стані навантаження та ходу судна і за певних погодних умов (вітер, хвилювання і т. п.). Якщо ці значення відхиляються від заданих, то ефективність гребного гвинта та економічність установки у цілому погіршується.

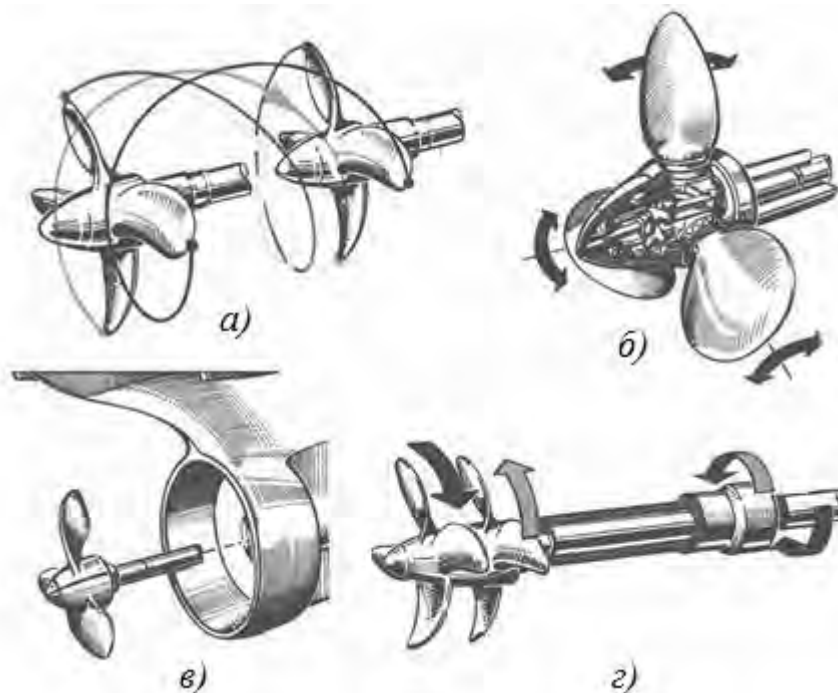


Рис. 4.10. Судновий рушій:

*а – гребний гвинт з нерухомими лопатями; б – гвинт регульованого кроку; в – гребний гвинт в насадці; д – співвісні гребні гвинти*

ККД гвинтів може досягати 80 %, однак на практиці досить важко оптимізувати всі основні параметри, тому на малих суднах ККД зазвичай

становить близько 45 %. Максимальний ККД досягається при відносному ковзанні (відношення швидкості руху судна до швидкості переміщення рушія) 10...30 % і швидко зменшується до нуля при роботі гвинта, як у режимі швартування, так і при великих обертах.

Для підвищення ефективності роботи рушійного пристрою використовують гребні гвинти регульованого кроку (рис. 4.10,б). Лопаті гребного гвинта розташовані на криволінійних дисках і закріплені на маточині гвинта так, що вони можуть обертатися. Застосування такого гвинта дозволяє при постійній частоті обертання здійснювати усі маневри шляхом зміни кута атаки: від найбільшого кроку гвинта на передньому ходу, до заднього ходу.

Іноді на судах (особливо на судах річкового флоту) гребний гвинт встановлюють в насадці (рис. 4.10,в ). Така конструкція дозволяє поліпшити умови роботи гребного гвинта і підвищити ККД.

Діаметр судового рушія може досягати 9 м, а маса – 50 т. Гребні гвинти регульованого кроку мають менший діаметр. За умов постійно зростаючих потужностей головних двигунів виникає потреба у гребних гвинтах дуже великих діаметрів, що призводить до технологічних і виробничих труднощів. Шляхом подолання цих проблем є використання співвісних гребних гвинтів, що обертаються у протилежних напрямках(рис. 4.10,г). Це дозволяє зменшити діаметри гвинтів, підвищити їх ККД.

Рульовий пристрій (рис. 4.11) призначений для зміни напрямку руху судна.

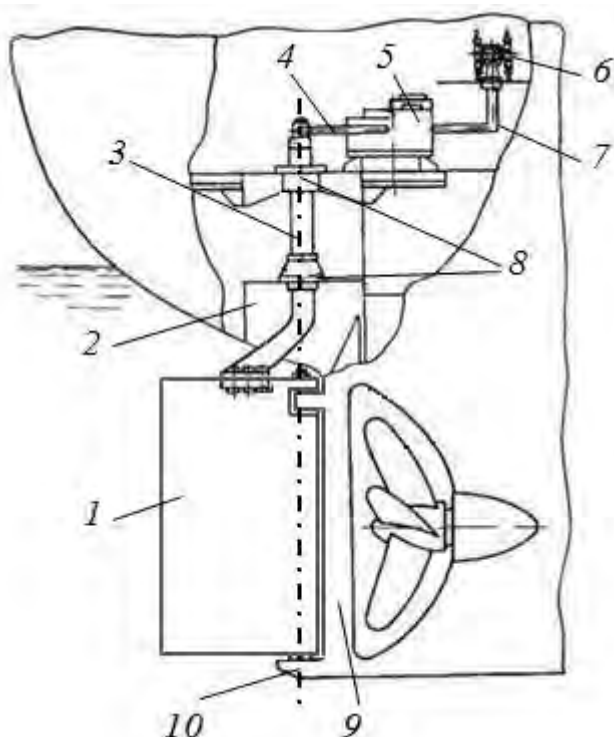


Рис.4.11. Рульовий пристрій:

1 – перо руля; 2 – гелмпортна труба; 3 – балер; 4 – румпель; 5 – рульова машина; 6 – штурвал; 7 – рульова передача; 8 – вальниці балера; 9 – рудерпост; 10 – п'ята ахтерштевня

До складу рульового пристрою входять:

- руль (кермо) служить для зміни курсу судна;
- рульовий привід з'єднує руль з рульовою машиною;
- рульова машина – двигун, який надає рух рульовому приводу;
- система керування рульовою машиною, яка перетворює повертання штурвала на ходовому містку у керуючі дії для рульової машини.

Руль встановлюють в кінцівці корми судна. Він складається з наступних частин:

- пера – площини, при повороті якої в сторону від діаметральної площини судно змінює напрям руху;
- баллера – вала, жорстко прикріпленого до пера руля, за допомогою якого повертається перо руля.

Рулі на морських транспортних суднах пустотілі і обтічні. У поперечному перерізі вони мають каплеподібну форму. Така форма покращує управління судном, а також збільшує коефіцієнт корисної дії гвинта. Перо руля шарнірно кріпиться до вертикальної балки – рудерпоста. Баллер через гелмпортіву трубу, ущільнювач входить в корпус судна. У корпусі судна на баллер встановлені вальниці, які його утримують у вертикальному положенні і сприймають на себе його вагу.

На верхній кінець баллера насаджений румпель – одноплечий або двоплечний важіль жорстко закріплений на голівці баллера і з'єднаний з рульовою машиною. Румпелі бувають поздовжні, поперечні і секторні. В якості основних на суднах набули поширення кермові секторні приводи зі штуртросовою або зубчастою передачею, а також гвинтові та гідравлічні.

Рульова машина – це двигун, який створює зусилля, щоб подолати опір води при повороті (перекладанні) руля. На сучасних суднах використовують електрогідравлічні рульові машини. Для збільшення надійності керування судном передбачається, окрім основного рульового приводу ще запасний.

#### **Питання для самоконтролю**

1. *Вкажіть основні елементи будови судна.*
2. *Поясніть компонування основних частин суховантажу.*
3. *Охарактеризуйте основні складові набору корпусу судна.*
4. *Які деталі набору корпусу служать для надання міцності та жорсткості з'єднань балок?*
5. *З яких матеріалів виготовляють корпуси сучасних суден?*
6. *Поясніть шлях передачі потужності від двигуна до гребного гвинта.*
7. *Як передається штовхальне зусилля від гребного гвинта до корпусу судна?*
8. *Охарактеризуйте конструкції найбільш розповсюджених гребних гвинтів.*
9. *Як можна змінювати зусилля, що утворюється на гребному гвинті?*
10. *Поясніть загальну будову рульового пристрою.*
11. *Яку функцію виконує румпель?*

## 5. Залізничний транспорт

Залізничний транспорт здійснює перевезення вантажів або пасажирів рейковою колією. Він є одним з поширених видів транспортування вантажів та перевезення пасажирів і має значні переваги перед іншими видами транспорту: практична незалежність від погодних умов, можливість перевезення вантажів різного виду у великих обсягах, швидкість, зручність для населення, рентабельність, особливо, при транспортуванні на далекі відстані.

Головними складовими залізничного транспорту є:

- інфраструктура (залізнична колія і штучні споруди: мости, тунелі, вокзали, станції, депо), пристрої сигналізації, централізації і блокування, контактна мережа (прилади електропостачання, тягові підстанції);
- рухомий склад: тяговий (локомотиви) і не тяговий (вагони);
- експлуатаційна служба.

За типами двигунів, що використовується, локомотиви поділяють на: паровози (двигун – парова машина), тепловози (дизельний двигун), електровози (електродвигуни), газотурбовози (газова турбіна).

За призначенням розрізняють локомотиви: магістральні, вантажні, пасажирські, маневрові.

Вагони поділяють за призначенням на: пасажирські та вантажні. Пасажирські вагони бувають спальні та не спальні. Також серед пасажирських вагонів: вагони – ресторани, бари, клуби; поштові, багажні та поштовобагажні.

Конструкція вантажних вагонів визначається у першу чергу видом вантажу, що транспортується. Вантажні вагони бувають: криті, напіввагони, думпкари, хопери (для перевезення сипучих вантажів), платформи, цистерни, рефрижератори тощо.

### 5.1. Будова тепловоза

Тепловоз належить до автономних локомотивів. Він складається з таких основних частин:

- дизельного двигуна;
- тягової передачі, яка передає енергію від двигуна до колісних пар і створює силу тяги тепловоза;
- допоміжного обладнання (паливна, мастильна, водяна та повітряна системи, вентилятори холодильника і тягових двигунів, повітроочисники та інше обладнання.);
- електричного обладнання (акумуляторна батарея, електроланцюги освітлення, допоміжні машини і апарати);
- екіпажної частини, яка складається з рами і кузова, візків, автозчепного і гальмівного обладнання.

За типом передачі потужності між двигуном та колісними парами відрізняють тепловози з:

- електричною передачею;
- гідرو передачею;
- механічною передачею.

Більшість магістральних тепловозів мають електричну передачу потужності. Цю передачу, зазвичай, застосовують при потужності двигунів 750...1500 кВт.



Рис. 5.1. Структурна схема передачі потужності у тепловозі

На рисунку 5.1 показана структурна схема тепловоза з тяговими двигунами постійного струму. Колінчастий вал дизельного двигун через муфти з'єднаний з тяговим генератором постійного струму. Струм від генератора розподіляються між тяговими двигунами, які встановлені у візках тепловоза. Обертний момент, що створюють двигуни, потрапляє на вхід редуктора, де він збільшується та передається на колісну пару.

З метою зменшення металоємності та підвищення ресурсу роботи замість тягових генераторів постійного струму використовують генератори змінного струму. У цьому випадку після генератора встановлюється випрямна установка, яка живить постійним струмом тягові двигуни.

Регулювання потужності та швидкості у системах електричної передачі постійного струму здійснюється зміною частоти обертання вала дизельного двигуна за допомогою ступінчастого контролера, а також регулюванням збудження тягового генератора. Як джерело збудження тягового генератора застосовують однофазний синхронний генератор змінного струму. Отриманий у ньому змінний струм випрямляється в керованому випрямному мості і подається на обмотку збудження тягового генератора.

Регулюванням струму збудження тягового генератора передбачається автоматична підтримка постійної потужності у робочому діапазоні зовнішньої характеристики дизеля, а також обмеження струму і напруження тягового генератора при перевищенні максимально допустимих величин. Здійснюється це автоматичною системою керування, яка на сучасних тепловозах представлена електронним блоком керування (мікропроцесором).

На тепловозах використовують також електричні передачі змінного струму. У цьому випадку в якості тягового генератора використовують синхронний генератор, а в якості тягових електродвигунів - асинхронні короткозамкнені двигуни. Такі двигуни при однакових параметрах з двигунами постійного струму мають менші габаритні розміри, в 1,2-1,4 рази легші, 2-3 рази дешевші. Вони практично не мають обмежень по силі тяги і току та мають велику надійність в експлуатації із-за відсутності щітково-колекторного апарату.

Змінна напруга тягового синхронного генератора подається на випрямну установку. Випрямлений струм підводиться до тиристорного інвертора, де він перетворюється в змінний струм регульованої частоти, яким живляться асинхронні двигуни. Регулювання частоти обертання ротора асинхронного

короткозамкненого двигуна може здійснюватися зміною частоти струму, що підводиться до двигуна, або числа пар полюсів (ступеневе керування). Слід відмітити, що системи передачі змінного струму також забезпечують більш простий перехід від режиму тяги до електричного гальмування.

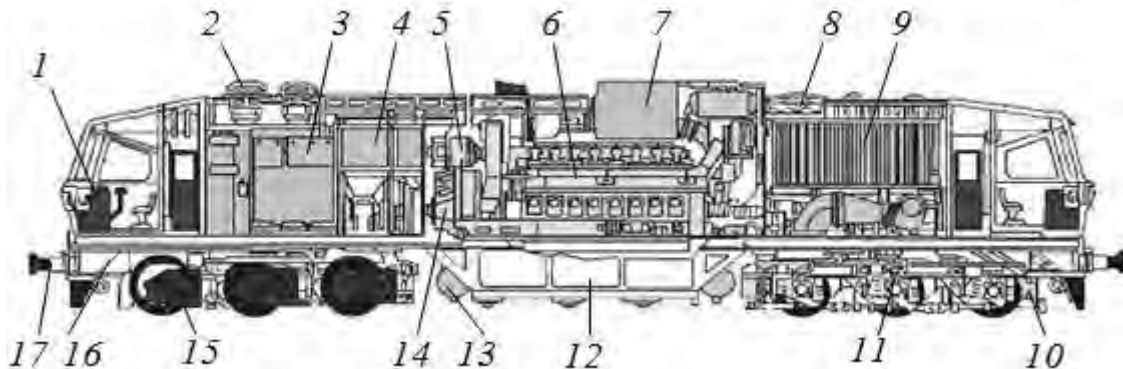


Рис. 5.2. Схема тепловоза з електричною передачею та генератором змінного струму:

1 – пульт керування; 2 – мотор-вентилятор охолодження електродинамічного гальма; 3 – камера електричної апаратури; 4 – силова випрямна установка; 5 – стартер-генератор; 6 – дизельний двигун; 7 – глушник; 8 – мотор-вентилятори системи охолодження; 9 – охолоджувальна камера; 10 – пісочний бункер; 11 – візок; 12 – паливний бак; 13 – повітряний резервуар; 14 – головний тяговий генератор; 15 – тяговий двигун; 16 – рама тепловоза; 17 – ударно-зчіпне обладнання

Первинним двигуном на тепловозі (рис. 5.2) Отриманий струм випрямляється у силовій випрямній установці 4. Тягові електродвигуни 15 перетворюють електричну енергію в механічну і приводять в обертання колісні пари, кожна з яких має індивідуальний привід від свого тягового двигуна. На головній рамі 16, розміщуються кабіна, кузов, а також силове і допоміжне устаткування тепловоза. Рама тепловоза спирається на два тривісні візки 11 з роликowymi буксами. Ззаду кабіни машиніста розміщується камера електричної апаратури, в якій встановлена електроапаратура для регулювання швидкості і зміни напрямку руху тепловоза.

Стартер-генератор 5 використовується для пуску дизеля, а також для живлення ланцюгів власних потреб тепловоза і заряду акумуляторної батареї. Охолоджувальна камера 9 призначена для охолодження мастильних матеріалів і води, що циркулюють у системах дизеля. Мотор-вентилятори 2 здійснюють охолодження пристроїв електродинамічного гальмування. Гази, що виділяються при спалюванні палива, відводяться в докільця через глушник 7.

Для охолодження головного генератора, тягових двигунів передбачені відповідні вентилятори та вентиляційна система. Паливний бак 12 підвішений під головною рамою тепловоза.

Пневматичне устаткування тепловоза включає компресор, повітряні резервуари 13, повітропровід гальмівної магістралі і пневмосистеми, що

обслуговує апарати управління блокування апаратної камери; протипожежну установку; пісочницю 10, свисток і тифон.

На тепловозах використовують багатоциліндрові рядні або V-подібні дизельні двигуни з середньою швидкістю обертання колінчастого валу ( $n=1000 - 1100$  об./хв.). Дизелі обладнанні системою турбонаддуву. Кількість циліндрів у залежності від потрібної потужності може бути від 10 до 16 (20). При цьому потужність двигунів знаходиться у межах від 2200 кВт до 4400 кВт. Особливістю дизелів є те, що вони працюють сумісно з генератором. Тому їх регулювання здійснюються у залежності від забезпечення ефективної роботи останнього. Таким чином, енергетичною установкою тепловозів фактично є дизель-генератор.

Тягові двигуни - електричні машини постійного або змінного струму. На тепловозах встановлюють тягові двигуни постійного струму з послідовним збудженням з такими номінальними параметрами: потужність 300 – 730 кВт, при номінальній напрузі від 400 до 800 В, частоті обертання біля 600 об./хв. (максимальна частота до 2200 об./хв.), ККД - 91%.

У якості двигунів змінного струму використовують асинхронні двигуни номінальної потужності до від 460 до 1000 (1200) кВт, при напрузі 950-1500 В, частоті обертання біля 600 об./хв. (максимальна частота до 2200 об./хв.), початкова частота струму складає біля 55 Гц, ККД - 94%.

Механічна частина тепловоза складається з кузова та візків. Кузов спирається на візки і шарнірно з ними пов'язаний через шкворневий пристрій.

Візки рухомого складу залізниці складаються з колісних пар, букс, рами, підвіски та гальмівного обладнання. На візках локомотивів встановлюють тягові двигуни з редуктором.

У магістральних тепловозах візки трьохвісні. Загальний вигляд візка тепловозу показаний на рис. 5.3. Основою візка є рама 1, яка через систему підвіски спирається на букси 10. Букси - це опори осей колісних пар 5. Візки мають подвійну пружинну підвіску 11 з фрикційними гасниками 9 коливань у підвісці букс. Від візків на раму кузова передаються тягові і гальмівні зусилля. Візки забезпечують плавність ходу вагона за рахунок гасіння вертикальних і горизонтальних коливань при русі нерівностями шляху.

При проходженні кривих ділянок шляху шворневий пристрій надає можливість візкам обертатися в горизонтальній площині відносно кузова тепловоза. Внаслідок колісні пари встановлюються по радіусу кривої. Це зменшує набігання гребенів коліс на рейку, забезпечуючи нормальне вписування в криву, і знижує зношення коліс.

Для пом'якшення ударів і зменшення амплітуди коливань вагону при проходженні по нерівностях шляху між рамою вагону і колісною парою розміщують систему пружних елементів і гасників коливань. В якості пружних елементів застосовують гвинтові пружини, листові ресори, гумометалеві елементи і пневматичні ресори (гумокордові оболонки, що заповнені повітрям).



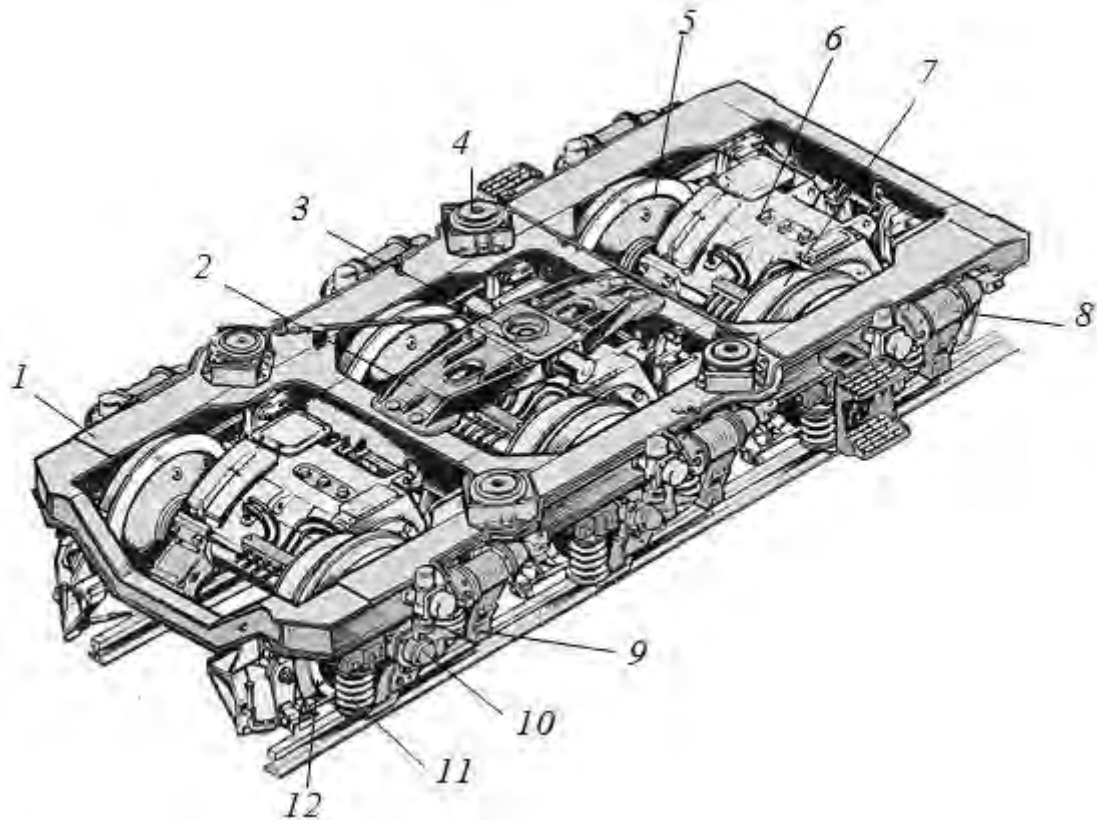


Рис. 5.3. Візок тепловоза:

1 – рама візка; 2 – шкворнева балка ; 3 – шкворневий вузол; 4 – опорно - поворотальний пристрій; 5 – колісна пара; 6 – тяговий двигун; 7 – кришка редуктора; 8 - гальмівний циліндр; 9 - фрикційний гасник коливань; 10 - букса; 11 – пружина підвіски; 12 – гальмівна колодка

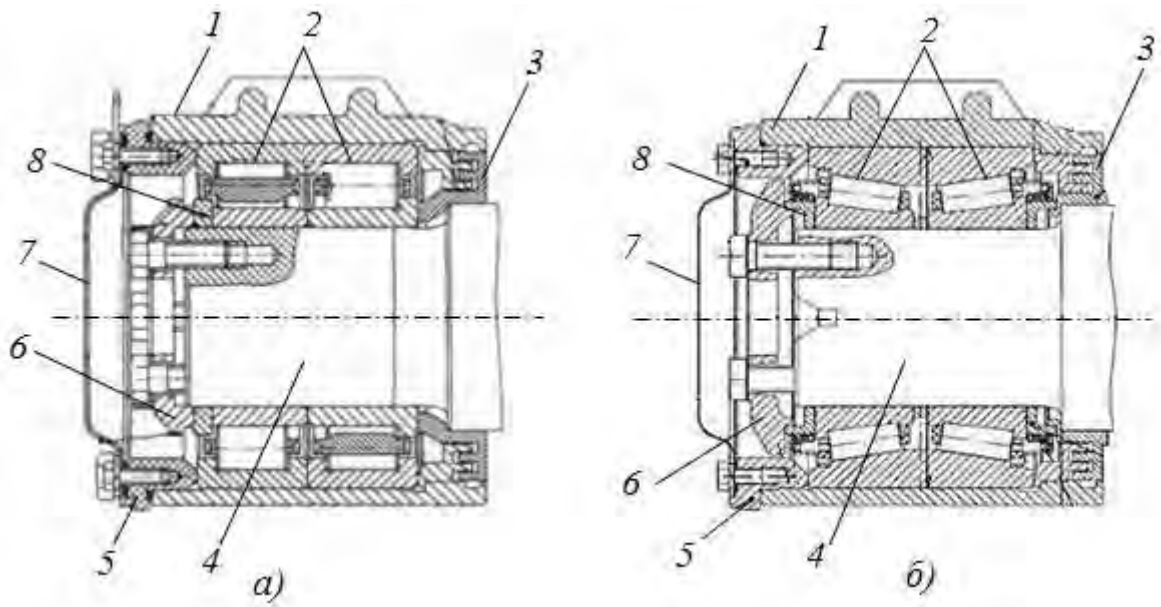


Рис. 5.4. Буксовий вузол:

1 – корпус; 2 – вальниці; 3 – лабіринтне ущільнення (кільце); 4 – шийка осі колісної пари; 5 – кришка кріпильна; 6 – кришка передня; 7 – оглядова кришка; 8 - приставне кільце

Гасники коливань призначені для гальмування коливань вагону або його частин. Найбільше поширення отримали гідравлічні і фрикційні гасники коливань. У фрикційних гасниках сили тертя виникають при вертикальному і горизонтальному переміщеннях клинів гасника, що труться об фрикційні планки, укріплені на колонках боковин візків.

До поперечних балок рами жорстко підвішені тягові двигуни 6 і однією стороною шарнірно приєднані корпуси редукторів зубчастої передачі 7. Іншою стороною корпуси редукторів спираються на осі колісних пар. До рами прикріплюються також механізми приводу гальм, які приводяться у рух гальмівними циліндрами 8.

Можливе також застосування подвійної підвіски. У цьому випадку у центральній підвісці встановлюються комплекти циліндричних пружин, а в якості гасників коливань використовують гідравлічні амортизатори.

Колісна пара, що складається з осі і двох напресованих на ній під тиском коліс діаметром 950...1050 мм, сприймає усі навантаження, що передаються від тепловозу (вагону) на рейки у процесі руху.

Букси візків слугують для передачі зусиль від тепловозу (вагону) на шийки осей колісних пар, а також обмеження подовжнього і поперечного переміщень колісної пари. Наразі весь рухомий склад використовує букси з вальницями кочення (рис. 5.4). Зазвичай використовують подвійні роликові циліндричні вальниці (рис. 5.4,*а*) або конічні (рис. 5.4,*б*) іноді сферичні.

До електричних апаратів тепловоза належать:

- груповий контактор, призначений для підключення резисторів послаблення збудження тягових електродвигунів;
- контактори, призначені для замикання силових електроланцюгів;
- реверсор, призначений для зміни струму в обмотці збудження тягових електродвигунів з метою зміни напрямку руху тепловоза;
- контролер машиніста, який встановлюється в кабіні тепловоза, призначений для управління реверсором і дистанційного управління електричною передачею;
- реле управління, переходу, зворотного струму, заземлення, буксування, тиску масла, тиску повітря тощо;
- резистори для шунтування обмоток збудження тягових двигунів;
- акумуляторна батарея, яка необхідна для живлення ланцюгів управління, освітлення, коли не працює дизель, а також тягового генератора або стартера в період пуску дизеля;
- пульт управління, що розміщений у кабіні машиніста.

#### **Питання для самоконтролю**

1. *Охарактеризуйте переваги та недоліки залізничного транспорту.*
2. *Вкажіть основні елементи, з яких складається тепловоз.*
3. *Поясніть структурну схему передачі потужності у тепловозі з електричною передачею.*
4. *Як здійснюється регулювання потужності та швидкості у системах електричної передачі постійного струму?*

5. У чому полягають переваги використання у тепловозах електричної передачі змінного струму?
6. Поясніть схему тепловоза з електричною передачею та генератором змінного струму.
7. Охарактеризуйте механічну частину тепловоза.
8. Поясніть будову візка тепловозу з вказівкою призначення його частин.
9. Які вальниці використовують у сучасних буксах?

## 5.2. Будова електровоза

Світовий досвід показує ефективність електрифікації залізниць. Основною перевагою електричної тяги є її економічність. За оцінками фахівців, вартість перевезень під час електрифікації знижується в 1,3-1,5 рази, а споживання паливно-енергетичних ресурсів до 15%. Електрифікація сприяє збільшенню технічної та маршрутної швидкості руху вантажних та пасажирських поїздів, підвищення вагових норм перевезення вантажів. Також електрифікований транспорт екологічно чистий. Основний недолік – потреба у розвинутій інфраструктурі контактної мережі, а також не автономність. В Україні майже всі основні залізничні магістралі електрифіковані. Тяговою одиницею рухового складу таких залізниць є електровози.

Електровоз складається з механічної частини (кузов, візки, ударно-зчіпне обладнання тощо), тягових двигунів, що встановлюються у візках, та електричної частини. Як бачимо, на відміну від тепловозів, відсутній дизельний двигун. При однакових габаритах електровоз має більшу потужність, ніж тепловоз. Тип електроустаткування електровозів визначається родом струму, що отримується з контактної мережі (постійний напругою 3кВ або змінний напругою 25 кВ з частотою 50 Гц).



Рис.5.5. Структурна схема передачі потужності у електровозі

Розглянемо принцип дії електровозу постійного струму. Електровоз з допомогою струмознімачів отримує струм з контактної мережі (рис. 5.5). Струм проходить через систему електроприладів, потрібних для регулювання, до тягових двигунів. Тягові двигуни аналогічні двигунам тепловозів.

При використанні електродвигунів постійного струму для регулювання частоти обертання можна змінювати напругу струму, що подається, або магнітний потік у обмотках двигуна. Тому існують різні підходи, а відповідно різні схеми регулювання двигунів.

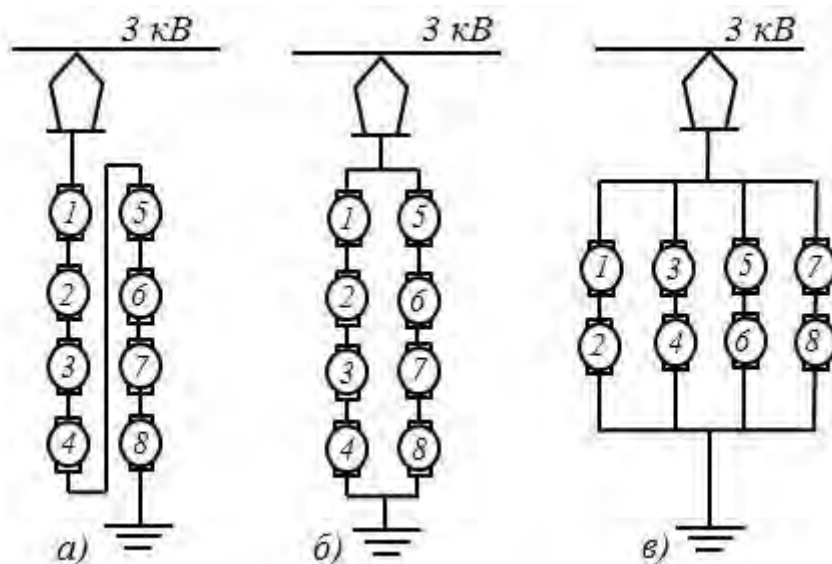


Рис. 5.6. Способи включення тягових електродвигунів на восьмивісних електровозах при послідовному (а), послідовно-паралельному (б), паралельному (в) з'єднаннях

При контактному-реостатному керуванні змінювати напругу, яка підводиться до тягових двигунів, можна шляхом їхнього перегрупування і включення (вимикання) послідовно з ними резисторів. Так для восьмивісного електровозу (рис. 5.6), шляхом перемикання груп тягових двигунів з послідовного з'єднання на послідовно-паралельне (дві групи по чотири двигуни, сполучених послідовно), на паралельне (чотири групи по два двигуни, сполучених послідовно) дозволяє отримати три ступені регулювання. На першій ступені номінальна напруга на один тяговий електродвигун складає  $375\text{ В}$ , на другій –  $750\text{ В}$ , на третій –  $1500\text{ В}$ .

Для отримання проміжних значень напруги на тягових двигунах в коло включаються групи реостатів, що дозволяє отримати ступені регулювання в  $40 \div 60\text{ В}$  (рис. 5.7,а). Однак, у реостаті витрачається багато енергії, спожитої з контактної мережі, що викликає зниження ККД електрорухомого складу. Крім того, сам реостат нагрівається до високих температур. Тому його включають короткочасно тільки на період пуску і розгону електрорухомого складу і називають пусковим реостатом. На сучасних електровозах використовується тиристорно-імпульсна система керування. Струм двигунів регулюється імпульсно за допомогою тиристорів, що знімає потребу у пускових реостатах і забезпечує плавне регулювання потужності.

Магнітний потік можна регулювати, змінюючи магніторушійну силу або магнітну провідність. На електрорухомому складі з електродвигунами послідовного збудження застосовують ослаблення збудження, щоб збільшити швидкість руху. Найбільшого поширення одержав спосіб ослаблення збудження шунтуванням обмоток збудження, при якому паралельно обмотці включають шунтувальний контур (рис. 5.7, б), що складається з резистора та індуктивного шунта. При цьому через обмотку проходить тільки частина струму якоря. Інша його частина замикається через шунтувальний контур.

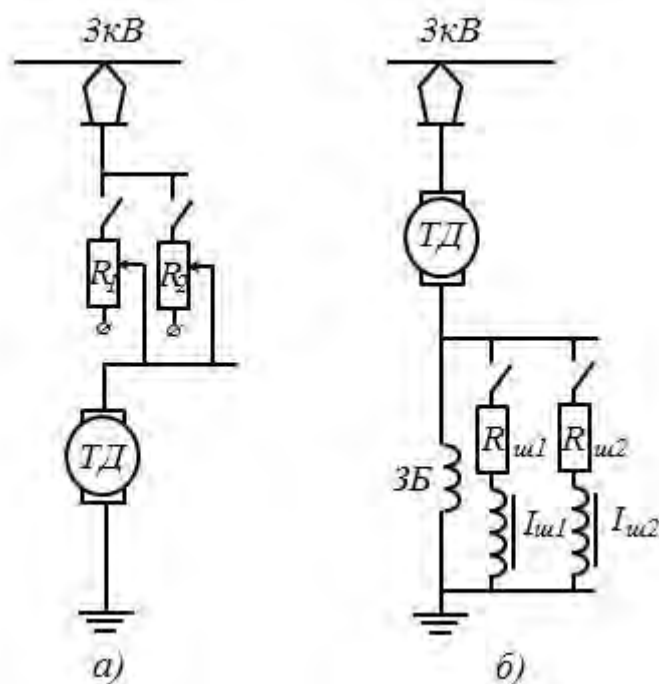


Рис. 5.7. Методи включення тягових двигунів з пусковими реостатами (а) та з обмеженням збудження (б): ТД – тягові двигуни;  $R_1$ ,  $R_2$  – пускові реостати; ЗБ – обмотка збудження тягового двигуна;  $R_{ш1}$ ,  $R_{ш2}$  – резистори шунтувального контуру;  $I_{ш1}$ ,  $I_{ш2}$  – індуктивні шунти

Опір резистора регулюють, перемиканням колектора, у результаті чого одержують кілька ступенів збудження. Індуктивний шунт необхідний для збереження співвідношення струмів в обмотці збудження і шунтувальному контурі при перехідних процесах.

Розглянемо будову секції електровозу постійного струму (рис. 5.8). Струм знімається з кола мережі струмоприймачем 3. Через струмопровідний косинець 1 та високовольтний роз'єднувач 2 струм потрапляє до апаратів високовольтної камери. У камері розміщуються пускові резистори 5, індуктивні шунти та інші апарати, що регулюють напругу, здійснюють комутацію тягових двигунів відповідно до режиму руху. Тягові двигуни розміщуються у візках електровоза 11, будова яких принципово не відрізняється від будови візків тепловоза. Для живлення стиснутим повітрям гальмівної системи встановлений мотор-компресор 9. Окремо передбачений мотор-компресор для системи підйому струмоприймача 10. Перетворювач напруги 12 призначений для живлення обмоток збудження тягових електродвигунів електровозів при рекуперативному гальмуванні.

Він складається з електричного двигуна постійного струму потужністю 40,7 кВт, який живиться струмом напругою 3000 В, і генератора постійного струму потужністю 30,4 кВт і напругою 38 В. Дві машини знаходяться в одному корпусі і мають єдиний вал якоря, який обертається з частотою 1290 об/хв. Для запуску електровоза та живлення систем під час від'єднання від контактної мережі призначена акумуляторна батарея 14.

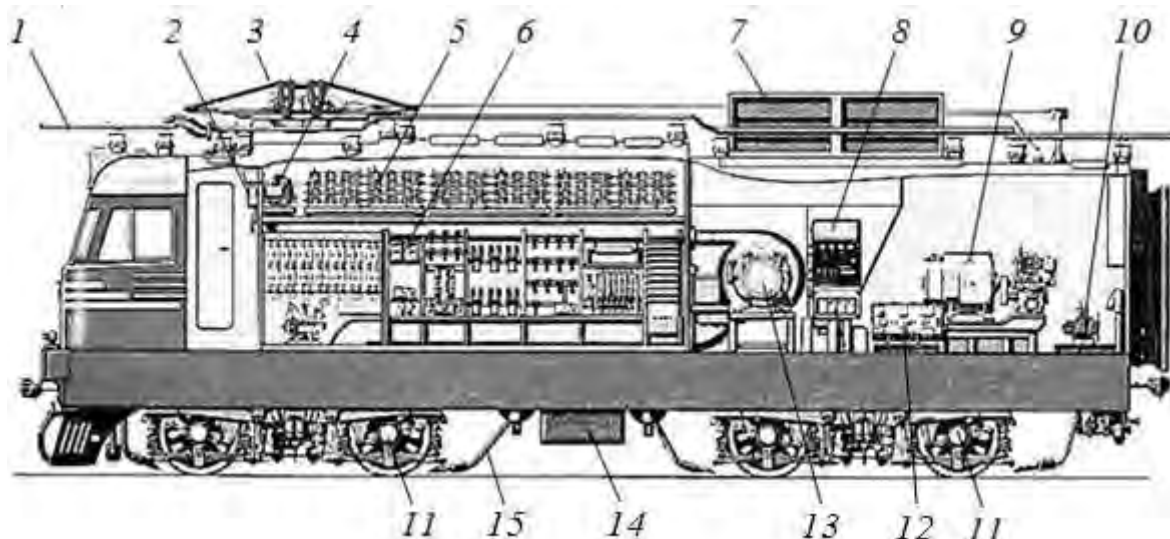


Рис. 5.8. Схема розміщення обладнання у електровозі постійного струму:

- 1 - струмопровідний косинець; 2 - роз'єднувач високовольтний;  
 3 - струмоприймач; 4 - блок індуктивних шунтів; 5 - блок пускових резисторів;  
 6 - блок апаратів; 7 – жалюзі всмоктування повітря системи охолодження;  
 8 - панель управління; 9 - мотор-компресор; 10 – мотор-компресор підйому  
 струмоприймача; 11 - візки; 12 – перетворювач напруги;  
 13 – відцентровий вентилятор системи охолодження; 14 – акумуляторна  
 батарея; 15 – трубка пісочної системи

Перемикання ступенів регулювання здійснюється або вручну, шляхом повороту ручки контролера машиніста, або автоматично у сучасних моделях з мікропроцесорною системою управління (на основі заданих машиністом швидкості руху та максимального струму тягових двигунів). Для збільшення зчеплення коліс з рейками під час початку руху та при підвищених навантаженнях призначена пісочна система 15. Вона пневматично подає пісок під колеса локомотива.

На рис. 5.9 показана спрощена схема електровозів змінного струму. Тяговий трансформатор служить для зниження напруги контактної мережі  $U_m = 25 \text{ кВ}$  до значення, необхідного для роботи тягових електродвигунів. У випрямлячі змінний струм перетворюється у постійний пульсуючий струм. Зменшення пульсації магнітного потоку у обмотках тягових двигунів здійснюється за допомогою згладжуючого реактора, який встановлюється паралельно до тягових двигунів.

Крім того, паралельно обмотці збудження, установлюють резистор, який має незначний індуктивний і великий активний опір. Внаслідок змінна складова замикається в основному через шунтувальний резистор, який має значно менший індуктивний опір, ніж обмотка збудження. Постійна складова проходить в основному через обмотку збудження, яка має активний опір значно менше, ніж шунтувальний резистор. Таким чином, резистор відіграє роль фільтра, внаслідок чого знижуються пульсації струму та магнітного потоку.

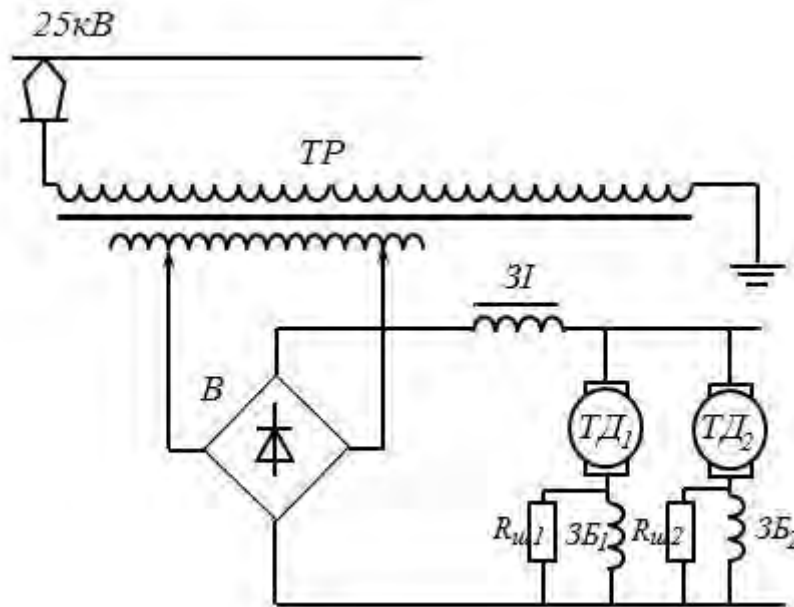


Рис. 5.9. Спрощена схема електровозів змінного струму:

*TP* – трансформатор; *B* – випрямна установка; *3I* – згладжуючий реактор;  
*TD<sub>1</sub>*, *TD<sub>2</sub>* – тягові двигуни; *3B<sub>1</sub>*, *3B<sub>2</sub>* – обмотки збудження відповідних двигунів;  
*R<sub>ш1</sub>*, *R<sub>ш2</sub>* – резистори шунтувальних контурів

Напругу на електродвигунах регулюють, змінюючи коефіцієнт трансформації трансформатора. Для цього ступінчасто змінюють число витків його обмоток. Такі ступені регулювання напруги на електродвигунах називають позиціями головного перемикача. На вантажних електровозах і моторних вагонах електропоїздів використовують регулювання на стороні нижчої напруги трансформатора (система низьковольтного регулювання). При такому способі регулювання вторинна обмотка трансформатора поділена на секції. На пасажирських електровозах застосовується регулювання на первинній стороні тягового трансформатора (система високовольтного регулювання).

На електровозах з асинхронним тяговим приводом використовують частотно-регульований привід. Він складається з інверторів, що модулюють для тягових двигунів змінний струм та регулюють потужність за рахунок зміни частоти і тривалості імпульсів при формуванні апроксимації синусоїди. При роботі електровоза на змінному струмі інвертори одержують живлення від випрямляча або випрямно-інверторних перетворювачів. Ця схема може застосовуватися на електровозах як змінного, так і постійного струму. При роботі на постійному струмі інвертори отримують струм від вхідного фільтру.

На рисунку 5.10 наведений приклад схеми розміщення обладнання електровозу змінного струму. На відміну від електровозів постійного струму у таких електровозах наявні силовий трансформатор *13* та випрямні установки *15*, також більш розвинута система вентиляції. Вона має два контури: охолодження силового обладнання *8* та охолодження тягових двигунів *11*.

Перемикання ступенів потужності здійснюється колектором 5, який підключає різні обмотки силового трансформатора до силової мережі електровоза.

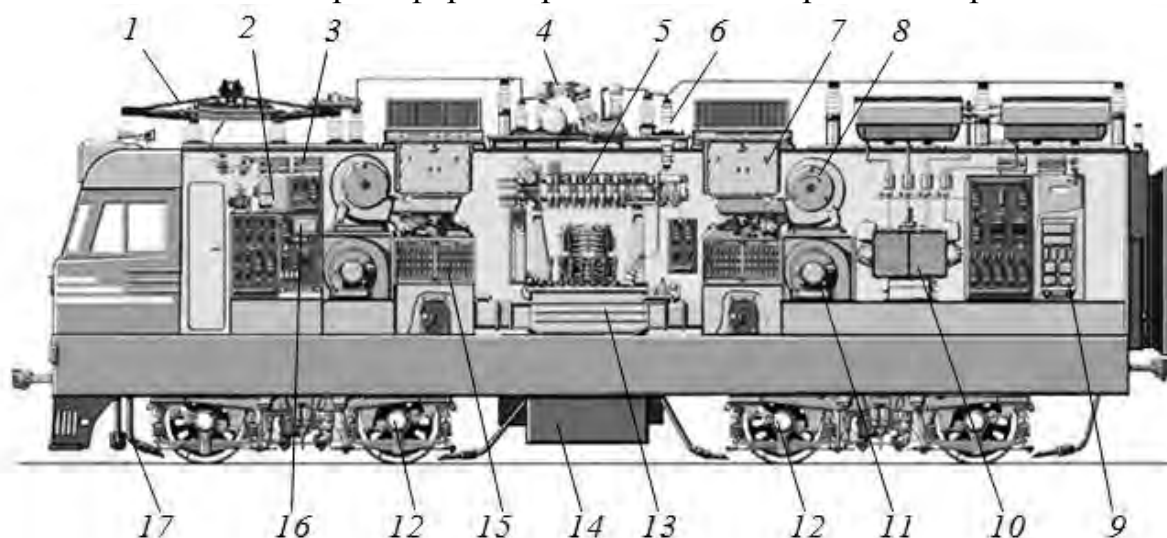


Рис. 5.10. Схема розміщення обладнання у електровозі змінного струму:  
 1 - струмоприймач; 2 - фазорозщеплювач; 3 - резистори послаблення поля тягових двигунів; 4 - головний вимикач; 5 - головний електричний контролер; 6 - ввідний ізолятор; 7 - блок гальмівних резисторів; 8 - вентилятор охолодження силового обладнання; 9 - блок управління реостатним гальмуванням; 10 - компресор; 11 - вентилятор охолодження тягових двигунів; 12 - візок; 13 - тяговий трансформатор; 14 - акумуляторна батарея; 15 - випрямні установки; 16 - розподільний щит; 17 - трубка пісочної системи

Для отримання трьохфазного струму, що живить асинхронні двигуни допоміжного обладнання, призначений фазорозщеплювач 2. На схемі показані елементи електричної гальмівної системи: блоки гальмівних резисторів 7 та управління реостатним гальмуванням 9. Пневматичні системи локомотива живляться стиснутим повітрям від компресора 10. Візки електровоза 12 аналогічні візкам локомотивів іншого типу, але можуть відрізнятися конструкцією підвіски та механізмом приводу гальм.

У рухомому складі використовують такі системи гальмування:

- механічні (фрикційні), яка встановлюється на усіх елементах рухомого складу;
- електричну - на локомотивах.

Механічна створює гальмівне зусилля притисканням гальмівних колодок до коліс. Основний привід такої системи пневматичний, але майже до кожної одиниці рухомого складу передбачене ручне дублювання.

Електричне гальмування здійснюється перемиканням тягових двигунів у режим роботи генератора з подальшим спрацюванням отриманої енергії у реостатах (реостатне гальмування) або віддачею енергії у контактну мережу (рекуперативне гальмування). Електричне гальмування дозволяє плавно зменшувати швидкість, підтримувати задану швидкість на затяжних спусках, а при рекуперативному гальмуванні – економити електричну енергію. Такий вид



гальмування використовується для зменшення швидкості до 35 – 40 км/год. Для подальшого зменшення швидкості, а також екстреного гальмування використовують механічну систему.

Основною системою гальмування потягу є пневматична механічна система. Вона дозволяє практично одночасно створювати гальмівні зусилля на колесах локомотиву та всіх вагонів. Ця система складається з таких основних елементів:

- прилади живлення;
- прилади управління і контролю;
- повітропроводи (живильна магістраль, гальмівна, магістраль допоміжного гальма, магістраль гальмівних циліндрів, з'єднувальні трубопроводи) і запірна арматура;
- пневматичні прилади, які безпосередньо беруть участь у гальмуванні;
- механічна частина – важільна передача з фрикційними гальмівними колодками.

Прилади живлення знаходяться у локомотиві (рис. 5.11). Основою системи є компресор. До приладів живлення належать також маслоочисники, головні резервуари (вирівнюють тиск та створюють запас стиснутого повітря), регулятори тиску та інша апаратура. Стиснуте повітря подається у головну гальмівну магістраль, яка проходить через усі вагони потягу. У кожному вагоні встановлені повітророзподільники, гальмівні циліндри і запасні резервуари.

Для керування системою до головної магістралі під'єднані кран машиніста, стоп-крани у вагонах. Для контролю тиску передбачені манометри, а для захисту мережі запобіжні клапани. На кожному візку розміщується гальмівний циліндр, шток якого шарнірно з'єднаний з важільним механізмом.

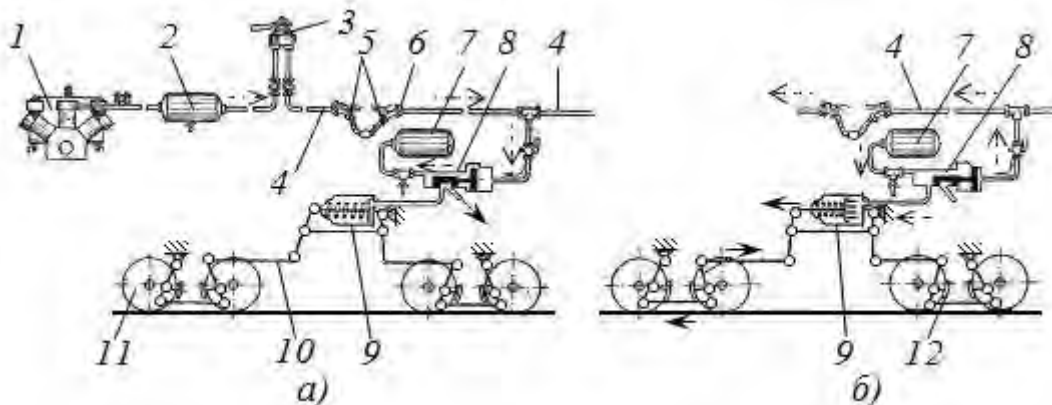


Рис. 5.11. Схема пневматичної гальмівної системи потягу при зарядженні системи (а) та під час гальмування (б):

- 1 – компресор локомотива; 2 – головний повітряний резервуар; 3 – гальмівний кран; 4 – головна гальмівна магістраль; 5 – гумотканеві рукави, що з'єднують магістралі окремих вагонів та локомотива; 6 – кінцевий кран (клапанного типу); 7 – запасний резервуар повітря вагону; 8 – розподільник повітря; 9 – гальмівний циліндр; 10 – гальмівна важільна передача; 11 – колеса візка; 12 – гальмівна колодка

У неробочому стані в запасних циліндрах відсутній надлишковий тиск, а гальмівні циліндри 9 через розподільник 8 з'єднані з атмосферою. При створенні у мережі робочого тиску клапан розподільника спрямовує стиснуте повітря у запасний резервуар 7.

Керування пневматичними автоматичними гальмами проводиться зміною тиску в гальмівній магістралі. За допомогою крану 3 машиніст з'єднує систему з атмосферою, внаслідок тиск у систем падає. У розподільниках клапан відключає запасний резервуар від мережі та з'єднує його з гальмівним циліндром 9. Гальмівний циліндр із запасного резервуара наповнюється повітрям до тиску, що відповідає зниженню його в магістралі. Поршень циліндра переміщується і приводить у рух важільну систему гальмування 10 на візках вагонів та локомотива. Витримкою зниженого тиску (положення перекриття) зберігається встановлений тиск у гальмівних циліндрах. Гальмівний кран машиніста 3 має кілька позицій, які відповідають різним значенням зменшення тиску у магістралі, що забезпечує різний темп зниження швидкості.

Відпуск гальм забезпечується підвищенням тиску в гальмівній магістралі. При цьому розподільник повітря з'єднує гальмівний циліндр з атмосферою. Під дією пружин шток гідроциліндра повертається у початкове положення. Важільна система відводить гальмівні колодки від коліс

Для гальмування локомотива, коли він рухається без вагонів, передбачається допоміжна гальмівна система, яка керується окремими кранами.

Механічна частина гальма складається з гальмівної важільної передачі і фрикційних вузлів, зазвичай, колодкового типу. Важільні передачі сучасних вагонів пристосовані до використання як чавунних так і композиційних колодок. Швидкісний рухомий склад і дизель-поїзди обладнують дисковими гальмами.

Вагони є найбільш чисельним елементом рухомого складу залізничного транспорту. Будова вагона складається з кузова, візків, ударно-тягових пристроїв та гальмівного обладнання (рис. 5.12). Конструкція кузовів визначається призначенням: вантажні, пасажирські, спеціальні (лабораторії, майстерні, вагони-ресторани тощо).

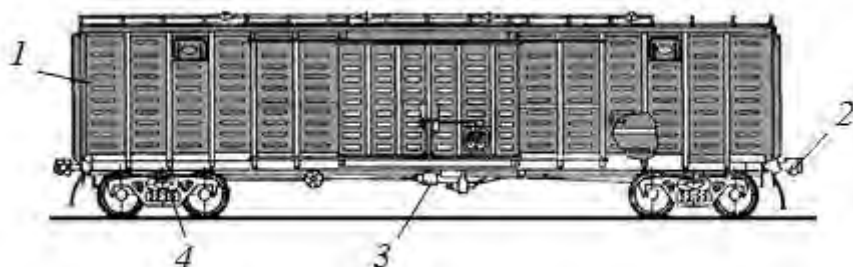


Рис.5.12. Загальний вигляд відкритого вантажного вагона:  
 1 - кузов; 2 - ударно-тяговий пристрій; 3 - гальмівне обладнання;  
 4 – візок( ходова частина)

Основними технічними характеристиками вантажного вагона є: тара (власна маса порожнього вагона), вантажопідйомність (найбільша маса вантажу, яку можна у ньому перевозити), об'єм кузова, площа, довжина та інші лінійні розміри.

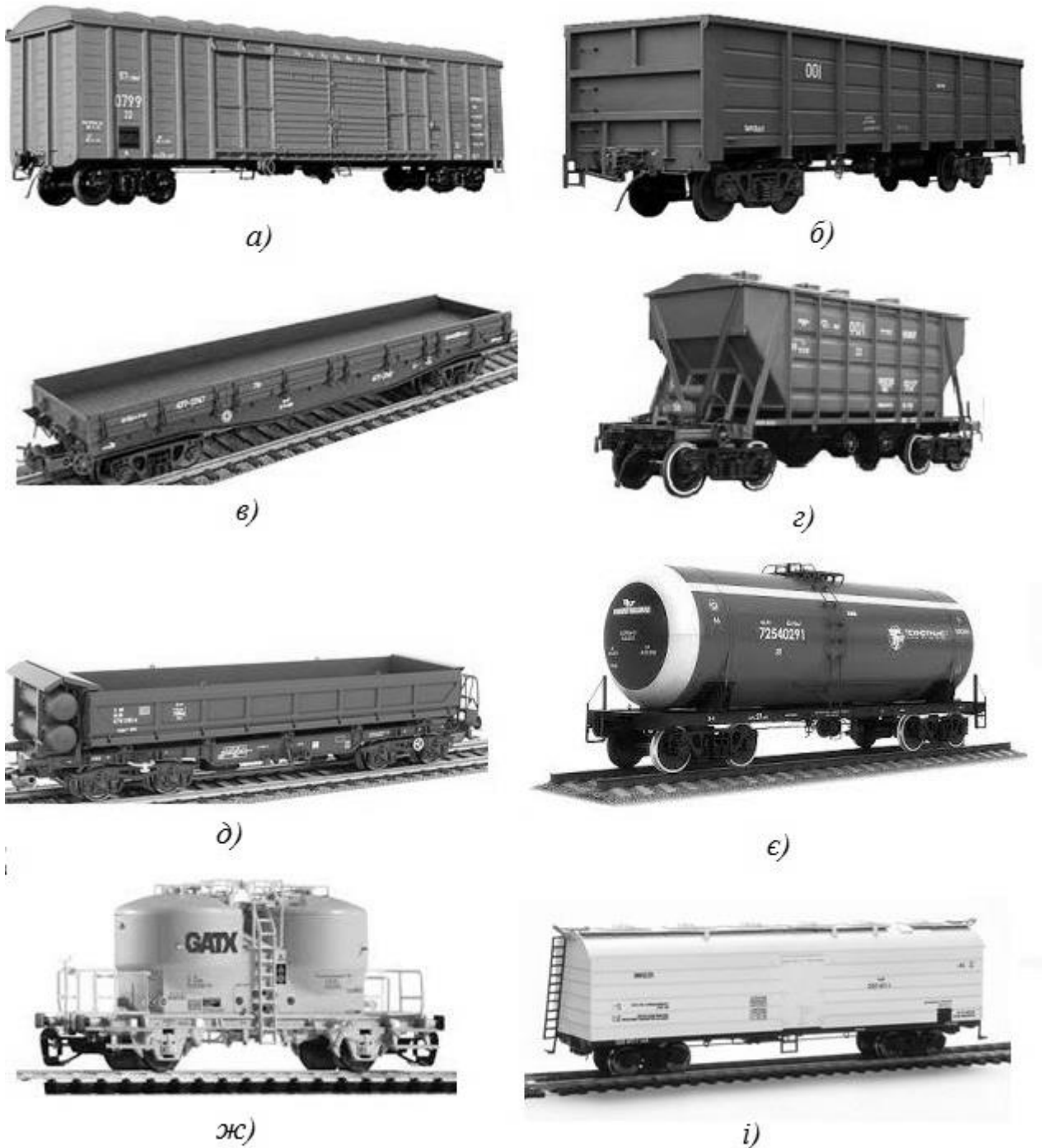


Рис. 5.13. Основні види вантажних вагонів: закритий вантажний вагон (а), напіввагон (б), вагон платформа (в), хопер (г), дупкар (д), цистерна (е), вагон бункерного типу (ж), вагон - рефрижератор (і)

Кузови вантажних вагонів мають різнобічну конструкцію (рис. 5.13). Наприклад, для перевезення вантажів, що потребують захисту від атмосферних опадів, призначені закриті вагони(рис. 5.13,а). Сипучі вантажі перевозять у на

піввагонах (рис. 5.13,б), вагонах хоперах (рис. 5.13,з). Масивні та великогабаритні вантажі – на відкритих платформах (рис. 5.13,в). Контейнерні платформи не мають бортів та обладнані спеціальними замками для закріплення універсальних контейнерів будь-яких типів. Платформи для перевезення лісу мають торцеві стіни та додаткові спеціальні стійки, що запобігають зміщенню вантажу.

Вагони бункерного типу (рис. 5.13,ж) - закриті вагони або закриті хопери з тією лише різницею, що на одній рамі змонтовано кілька ємностей, призначених для перевезення специфічних сипучих вантажів (борошно, нафтобітум, гранульовані матеріали). Рідкі продукти та скраплені гази транспортують у цистернах (рис. 5.13,є). Для перевезення та механізованого розвантаження сипких та великокускових вантажів використовується думпкар (вагон-самоскид) (рис.4.13,д). Охолоджені продукти перевозять у вагонах-рефрижераторах (рис.4.13,і), які оснащують холодильними установками.

Конструкція кузовів пасажирських вагонів залежить від рівня комфортності (класу вагонів). До складу пасажирських вагонів (рис.5.14) додається електрогенератор для живлення систем вагону під час руху та зарядки акумуляторної батареї. Сучасні вагони обладнують системою кондиціонування. Кожен вагон, порід з автоматичної пневматичної системою гальмування, обладнаний ручним приводом гальм.

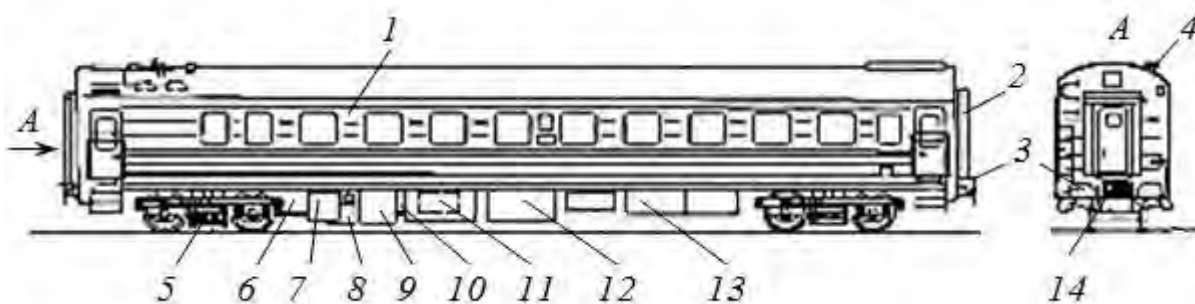


Рис. 5.14. Загальний вигляд пасажирського (купейного) вагона:

- 1 – кузов з термоізоляцією; 2 – суфле перехідних площадок; 3 – буфера;
- 4 – дефлектор системи вентиляції; 5 – візок; 6 – привід генератора;
- 7 – прилади високої напруги; 8 – генератор; 9 – трансформатор;
- 10 – випрямляч; 11 – прилади низької напруги; 12 – компресорний агрегат установки кондиціонування повітря; 13 – акумуляторна батарея; 14 – ударно-тяговий пристрій

Вагони встановлюють на два візки. Візки за конструкцією аналогічні візкам локомотивів, але у них відсутні тягові двигуни.

Візки вантажних вагонів (рис. 5.11,а) мають одинарну буксову підвіску та раму з щелепним напрямлячем для букс (щелепний візок). У підвісках використовують фрикційні гасники коливань 5. Гальмівні колодки 6 розміщують з одного боку коліс.

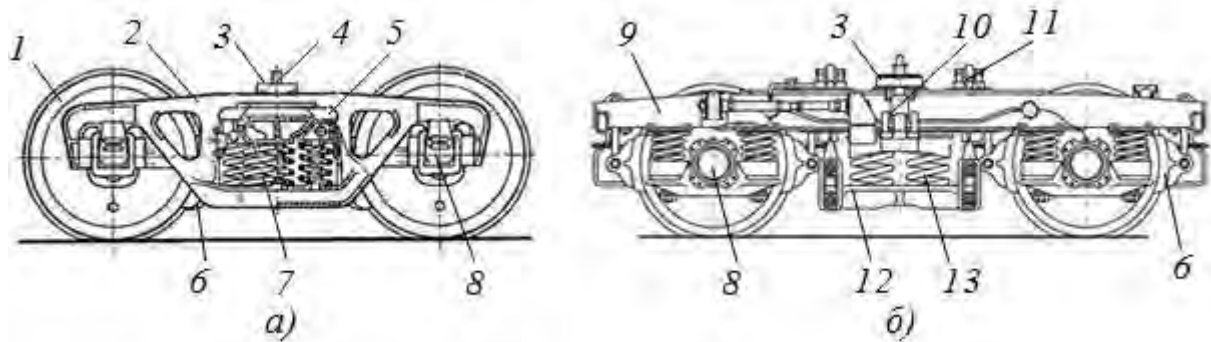


Рис. 5.11. Приклади візків вантажних (а) та пасажирських (б) вагонів:  
 1 – колісна пара; 2 – бокова рама візка; 3 – підп'ятник; 4 – шворінь;  
 5 – клиновий фрикційний гасник коливань; 6 – гальмівні колодки;  
 7 – пружні ресори; 8 – букса; 9 – рама візка; 10 – гідравлічний гасник коливань;  
 11 – ковзун; 12 – піддон центральної підвіски (люлька);  
 13 – пружна підвіска надресорного бруса

Візки пасажирських вагонів ( рис. 5.11,б) мають більш досконалу підвіску – подвійну: пружну підвіску букс 8 та пружну підвіску центральної частини балки (люльки) 13. Букси з'єднують з рамою важелями (безщелепні візки). У якості гасників коливань використовують гідравлічні амортизатори 10. Гальмівні колодки 6 розміщують з обох боків кожного колеса. Вагони швидкісних потягів мають певні особливості: суміжні вагони встановлюють на один візок (для запобігання ефекту складування у аварійної ситуації); більш досконалу систему підвіски (може використовуватися пневматична підвіска).

### Питання для самоконтролю

1. Назвіть причини за якими найбільше розповсюдження у світі мають електрифіковані залізниці.
2. Поясніть структурну схему передачі потужності у електровозі.
3. Як регулюється частота обертання та потужність тягових двигунів у електровозах постійного струму?
4. Поясніть схему будови електровозу постійного струму з вказівкою призначення його основних елементів.
5. Поясніть спрощену схему електровозів змінного струму.
6. Які переваги мають електровози змінного струму від електровозів постійного струму?
7. Охарактеризуйте особливості будови електровозу змінного струму.
8. Поясніть будову автоматичної пневматичної системи гальмування потягу.
9. Як здійснюється електричне гальмування локомотивів.
10. Поясніть принцип реостатного та рекуперативного гальмування.
11. Охарактеризуйте види вантажних вагонів.
12. Поясніть різницю у будові візків вантажних та пасажирських вагонів.

## 6. Повітряний транспорт

Повітряний транспорт для перевезення пасажирів, пошти і вантажів використовує транспортні засоби важчі за повітря (літаки, гвинтокрили та ін.) або апарати легші за повітря (повітряні кулі, аеростати, дирижаблі). Останні як засіб транспорту відтепер не використовують.

Повітряний транспорт найбільш швидкий, не потребує будівництва шляхів, має можливість пересуватися на великі відстані. Інфраструктура його включає аеродроми, систему стеження та керування польотами, а також систему технічного обслуговування.

Слід відзначити, що собівартість перевезень повітрям найбільша у порівнянні з іншими видами транспорту, існує обмеження по вантажомісткості та габаритах вантажів, має місце залежність від метеорологічних умов.

Повітряний транспорт поділяється на цивільний та військовий. За типом двигунів розрізняють гвинтомоторні (з двигунами внутрішнього згорання), турбогвинтові та турбореактивні літаки. На сучасних цивільних турбореактивних літаках, зазвичай, використовують турбовентиляторні реактивні двигуни. За швидкістю літаки поділяють на дозвукові та надзвукові. Літаки цивільного транспорту, що відтепер використовуються, дозвукові.

За призначенням відрізняють пасажирські, вантажні, та спеціальні літальні апарати. До спеціальних відносяться санітарна, пожежна авіація та інші.

Пасажирські літаки поділяють за розмірами на широкофюзеляжні авіалайнери (аеробуси), вузькофюзеляжні, регіональні та місцеві.

Широкофюзеляжні мають найбільші габарити серед пасажирських літаків. Довжина фюзеляжу у найбільших машин перевищує 70 м, а діаметр від 5 до 6 м., що дозволяє розмістити у ряду 6-10 крісел. Існують двопалубні широкофюзеляжні літаки, такі як Boeing 747 і A380. Широкофюзеляжні літаки призначені для перевезення великої кількості пасажирів на, як правило, середні та великі відстані від 400 до 800 пасажирів.

Вузькофюзеляжні літаки набагато поширеніші. Вони використовуються як правило на авіалініях середньої та малої протяжності та мають меншу у порівнянні з широкофюзеляжними літаками пасажиромісткість (до 300 пасажирів). Діаметр фюзеляжу на цих повітряних суднах не перевищує 4 м. Найпоширеніші представники цього класу – американські Boeing 737 і 757, європейський A320.

До регіональних літаків відносять ще дрібніші за габаритами повітряні судна. Вони перевозять до 100 пасажирів на відстані до 2-3 тисяч кілометрів. На цих літаках можуть встановлюватися як турбогвинтові, так і турбореактивні двигуни. До таких відносяться літаки родини ERJ, CRJ, ATR, Dash-8 і SAAB, Ан-24.

Найдрібніший клас пасажирських літаків складають літаки, призначені для перевезення малої кількості пасажирів (від 20) на відстані до 1000 км. Вони найчастіше оснащені турбогвинтовими або поршневіми двигунами. Найпоширеніші літаки такого класу випускають Сесна та Beechcraft.

### 6.1. Загальна будова літаків

Літак - найбільш поширений літальний апарат важчий за повітря, для польотів в атмосфері. Всі літаки мають у своїй конструкції одні й ті самі основні частини: фюзеляж, двигуни, крила, хвостове оперення.

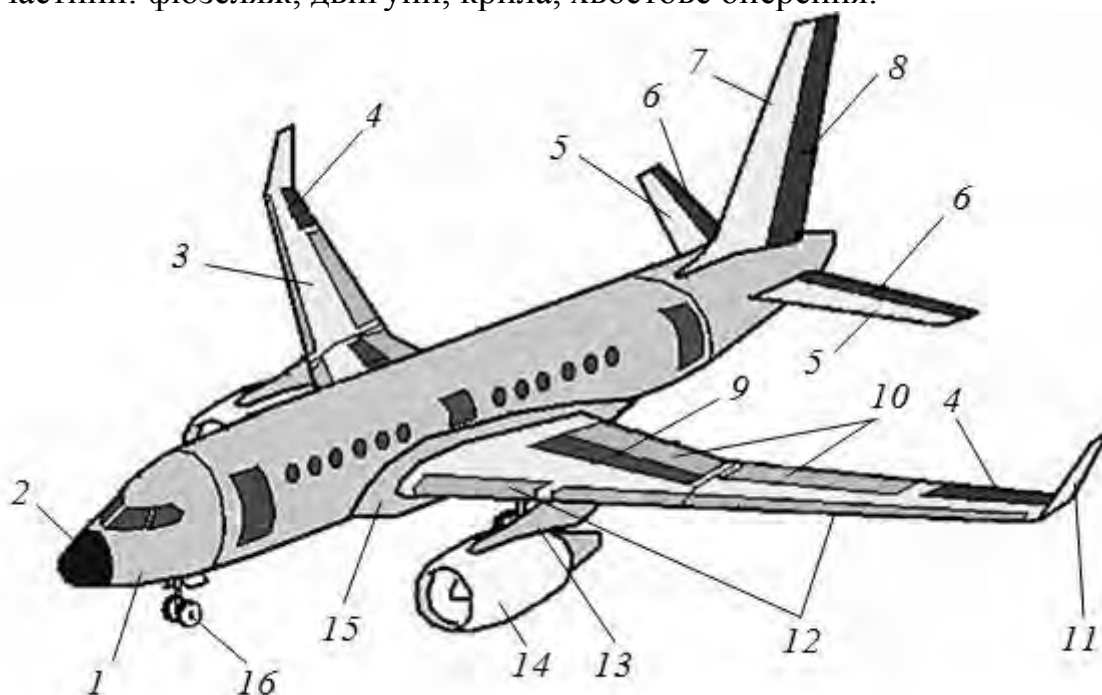


Рис.5.1. Загальний вигляд сучасного лайнера:

1 – фюзеляж, 2 – кок (обтічник радіолокатора); 3 – крило; 4 – елерони, 5 – стабілізатор горизонтального руху; 6 – кермо висоти; 7 – киль; 8 – кермо напрямку; 9 – інтерцептори (спойлери); 10 – закрилки; 11 – вінглети; 12 – передкрилки; 13 – пілон; 14 – мотогондола; 15 – центроплан; 16 – носова (передня) стійка шасі

Розглянемо загальну будову Будова сучасного лайнера (рис.5.1) складається з наступних конструктивних груп: фюзеляжу 1, крила 2, оперення, шасі 16 та іншого обладнання. Крила зазвичай кріпляться до фюзеляжу - корпусу літака. У фюзеляжі розміщуються кабіна, салон пасажирів, вантажні відсіки, устаткування. Хвостове оперення літака включає киль 7, що закінчується кермом напрямку 8 і стабілізатор 5, на якому розташовані керма висоти 6. Якщо опустити керма висоти вниз, на них знизу починає сильніше давити потік повітря, хвіст літака піднімається догори і літак знижується.

При повороті, наприклад, вліво потрібно повернути у цей бік кермо напрямку. Тиск повітряного потоку на кермо створює момент, який розгортає літак вліво. Щоб при цьому літак не втратив стійкості, його нахилиють за допомогою керма крену, що встановлюються на крилах, – елеронів 4.

Інтерцептори (спойлери) 9, закрилки 10, передкрилки 12 є частинами механізації крила, що призначені для регулювання його підйомною силою. Вінглети (закінцівка крила) 11 знижують аеродинамічний опір, що

створюється вихором, який зривається з кінця крила. Внаслідок отримується економія палива.

Для зльоту та посадки на землю літак має спеціальний пристрій – шасі 16. Двигуни літака розміщуються у мотогондолах 14, які пілонами 13 з'єднуються з крилами.

Системи керування літаком включають керування повітряними кермами, двигунами, шасі, гальмами тощо. Для полегшення пілотування та безпеки польоту використовуються автопілоти та автоматичні бортові комп'ютери.

Літак підтримує у повітрі підйомна сила крила. При його русі потік повітря, що набігає, нерівномірно обтікає верхню і нижню поверхні крила: зверху утворюється деяке розрідження, знизу – підвищений тиск. Це досягається особливою формою профілю крил і постановкою площини крила під кутом до повітряного потоку (рис.5.2). У польоті літак ніби спирається крилом об повітря.

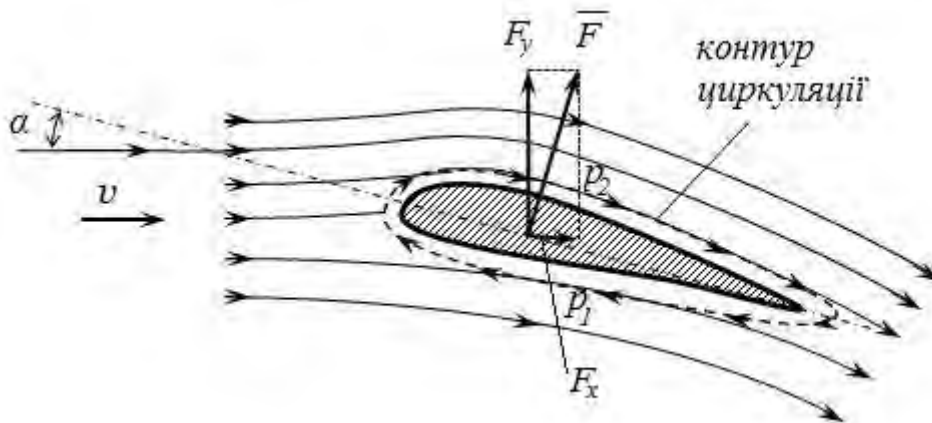


Рис. 5.2. Схема взаємодії крила та потоку повітря:

$F$  – сила взаємодії потоку та крила;  $F_y$  - підйомна сила,  $F_x$  - сила опору середовища;  $p_1, p_2$  – тиски під крилом та над ним,  $p_1 > p_2$

Фізичне пояснення цього явище складне. Одним з популярних пояснень принципу дії крила є ударна модель Ньютона: частки повітря, стикаючись з нижньою поверхнею крила, що стоїть під кутом до потоку, пружно відскакують вниз («скіс потоку»), згідно з третім законом Ньютона штовхаючи крило вгору. Ця модель враховує закон збереження імпульсу, але повністю ігнорує обтікання верхньої поверхні крила, внаслідок чого вона дає занижену величину підйомної сили.

У іншій популярній моделі виникнення підйомної сили пояснюється різницею тисків на верхній і нижній сторонах профілю, що виникає згідно із законом Бернуллі. Зазвичай, розглядається крило з плоско-опуклим профілем: нижня поверхня плоска, верхня, – опукла. Потік, що набігає, розділяється крилом на дві частини – верхню і нижню. Внаслідок опуклості крила, верхня частина потоку повинна пройти більший шлях, ніж нижня. Для забезпечення нерозривності потоку швидкість повітря над крилом має бути більша, ніж під ним, з чого виходить, що тиск на верхній стороні профілю крила нижчий, ніж



на нижній; цією різницею тисків обумовлюється підйомна сила. Проте ця модель не пояснює виникнення підйомної сили на двоопуклих симетричних або на угнутоопуклих профілях, коли потоки згори і знизу проходять однакову відстань.

Для усунення цих недоліків М. Є. Жуковський ввів поняття циркуляції швидкості потоку; у 1904 році ним була сформульована теорема Жуковського. Циркуляція швидкості дозволяє врахувати скіс потоку і отримувати значно точніші результати при розрахунках.

Однією з головних проблем наведених вище пояснень є те, що вони не враховують в'язкість повітря, тобто перенесення енергії і імпульсу між окремими шарами потоку, що і є причиною циркуляції. Істотний вплив на крило може зробити поверхня землі, що «відбиває» завихрення потоку, викликані крилом і повертає частину імпульсу назад – екранний ефект. Також у наведених поясненнях не розкривається детальний механізм передачі енергії від крила до потоку, тобто здійснення роботи самим крилом.

Верхня частина повітряного потоку дійсно має підвищену швидкість, але це викликано взаємодією шарів нерухомого і рухливого повітря і верхньої поверхні крила. Потік повітря, що потрапляє на верхню поверхню крила, внаслідок в'язкості наче «прилипає» до поверхні і намагається прямувати уздовж її навіть після точки перегину профілю (ефект Коанди). Завдяки поступальному руху крило здійснює роботу по прискоренню цієї частини потоку. Таким чином цьому потоку надається додаткова швидкість.

У реальності обтікання крила є дуже складним тривимірним нелінійним і частенько нестационарним процесом. Підйомна сила крила залежить від його швидкості, площі, профілю, форми у плані, а також від кута атаки і щільності потоку та від цілого ряду інших чинників.

Будова крила показана на рисунку 5.3.

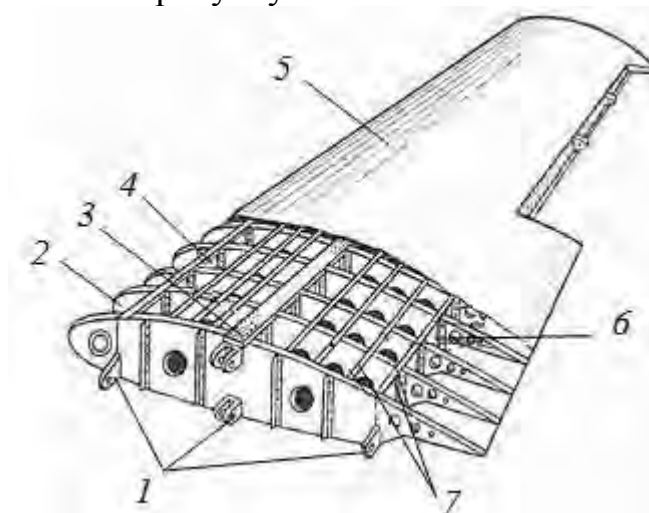


Рис. 5.3. Будова крила літака:

*1 - стиковальні вузли; 2 - нервюри; 3 – лонжерон; 4 - передня стінка;  
5 - обшивка; 6 - задня стінка; 7 – стрингери*

Крило складається з набору нервюр 2, форма яких відповідає профілю крила у відповідному перерізі. Нервюри кріпляться до повздовжньої балки – лонжерону 3. Для надання конструкції жорсткості нервюри вздовж крила перев'язані стрингерами 7. Зовні каркас крила покривається обшивкою 5. До фюзеляжу крило кріплять стикувальними вузлами 1.

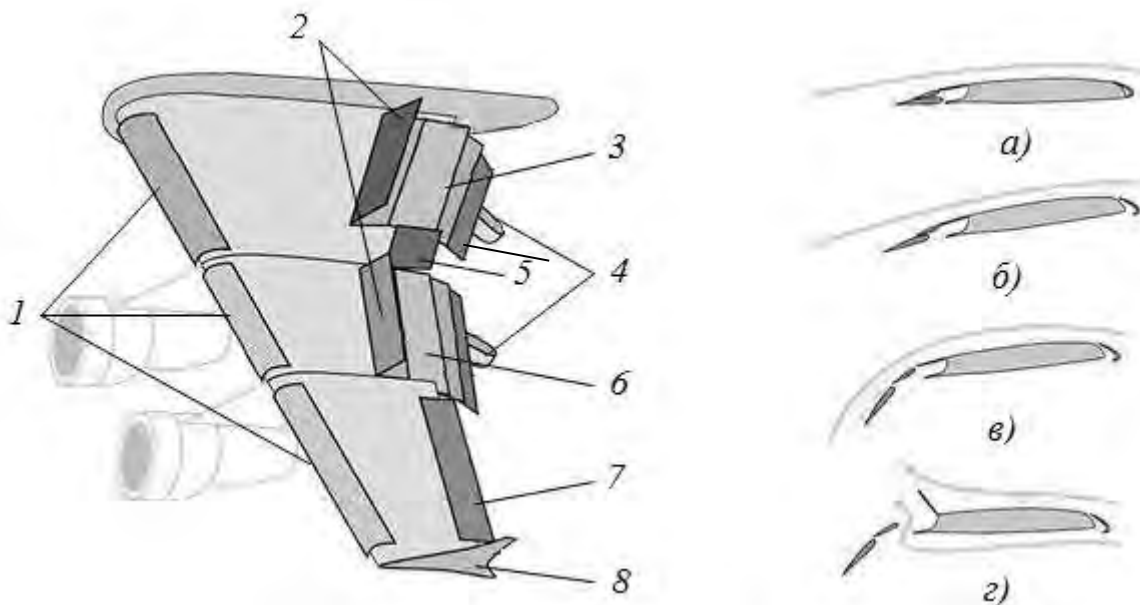


Рис. 5.4. Механізація крила:

1 – передкрилки; 2 – інтерцептори/спойлер; 3, 6 – кореневий та зовнішній трьохщільовий закрилки; 4 – обтічники механізму приводу закрилків; 5 – кореневий елерон; 7 – кінцевий елерон; 8 – закінцівка крила;

положення закрилків :

а) найбільша ефективність (набір висоти, горизонтальний політ, зниження); б) найбільша площа крила (зліт); в) найбільша підйомна сила, високий опір (захід на посадку); г) максимальний опір, зменшена підйомна сила (після посадки)

На крилі встановлюються механізми для керування креном літака – елерони 5, 6, а також пристрої, що дозволяються змінювати підйомну силу – передкрилки, закрилки та інтерцептори (спойлери). Найбільша ефективність роботи крила досягається при умові, що всі пристрої знаходяться у початковому положенні (рис. 5.4,а). При цьому досягається потрібна підйомна сила на крейсерській швидкості руху і мінімальний аеродинамічний опір. Якщо висунути передкрилки та закрилки, то збільшується площа крила (рис. 5.4,б), а відповідно підйомна сила. Це необхідно під час зльоту, коли літак не досяг високих швидкостей, що дозволяє зменшити довжину розбігу.

Механізм керування закрилками дозволяє нахилити їх у середину крила (рис.5.4,в). Таке положення змінює профіль крила. Внаслідок досягається найбільша підйомна сила, але при високому аеродинамічному опорі. Відбувається повітряне гальмування літака. Таке положення закрилок

призначено для збереження підйомної сили при прямуванні на посадку. Якщо у такому положенні підняти інтерцептори (рис.5.4,з) порушується циркуляція повітря навколо крила, значно падає величина підйомної сили та одночасно збільшується опір. Такий варіант роботи механізмів крила використовується після торкання шасі злітної смуги.

Фюзеляж літака повинен мати обтічну форму при меншій масі, а також сприймати різні види навантажень (стиск - розтяг, кручення, згин тощо), які мають динамічний характер та супроводжуються вібрацією від роботи двигунів та аеродинамічних явищ. Найбільш раціональною конструкцією, є тонкостінна просторова оболонка веретеноподібної або крапельної форми, підкріплена зсередини силовим каркасом. Така конструкція найкраще задовольняє вимогам міцності, зручності компонування, забезпечення технологічної простоти, а також надійності та експлуатаційної технологічності. Вона отримала назву балочної і є найбільш поширеною у конструкціях літальних апаратів.

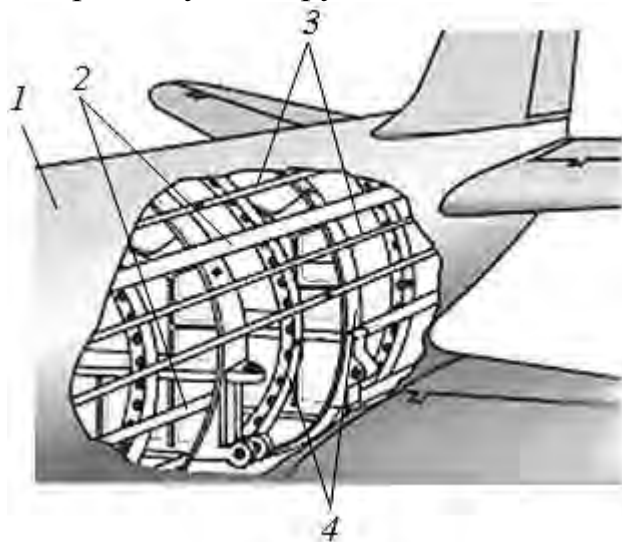


Рис. 5.5. Елементи балочного фюзеляжу літака:  
1 – обшивка; 2 – лонжерони; 3 – стрингери; 4 – шпангоути

Балочний фюзеляж (рис.5.5) складається з набору шпангоутів 4 округлої, замкненої форми, які з'єднані повздовжніми в'язями: стрингерами 3 та лонжеронами 2. Лонжерони відрізняються від стрингерів більшою площею поперечного перерізу, формою. У місцях прикладання до фюзеляжу великих зосереджених сил встановлюються посилені шпангоути. Каркас зовні накривається обшивкою 1.

З метою зменшення маси для виготовлення конструктивних елементів літаків використовують легкосплавні матеріали на основі алюмінію (дюралюміній тощо) та титану. З цією метою шпангоутам, лонжеронам, стрингерам надають раціональну (відповідну до навантажень) форму поперечних перерізів, зазвичай, - це таврова або двотаврова. Широко використовують ребра жорсткості, а для полегшення елементів каркасу - вирізи різної форми. Деталі фюзеляжу, крил з'єднують між собою переважно заклепковим з'єднанням, яке є найбільш стійким до дії вібрації.

Шасі літака призначено для пересування аеродромом або воді, забезпечує м'яку посадку та зліт. Найбільш широке застосування у літаках різних типів одержало колісне трьохопорне компонування шасі з носовою опорою (передньою стойкою). У такій системі основні опори, що розміщуються по боках фюзеляжу, розташовані позаду від центру мас літака. Передня опора винесена далеко вперед по відношенню до центра мас літака. При посадці на основні опори, навіть на підвищеній швидкості, літак має тенденцію до опускання носа (центр мас знаходиться попереду основних опор) і відповідно до зменшення кута атаки і підйомної сили. Це зводить до мінімуму можливість підкидання літака.

Шасі літака обладнується системами: прибирання - випуску; гальмування коліс; амортизації посадки та руху; охолодження коліс; керування рульовим пристроєм; сигналізації положення шасі.

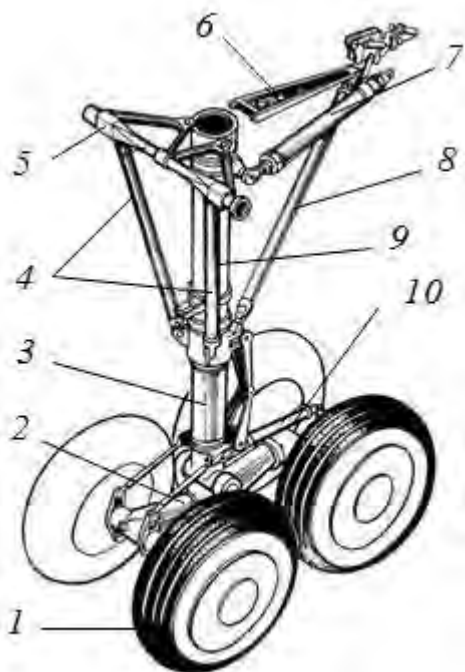


Рис. 5.6. Будова шасі літака:

- 1 – колесо; 2 – візок шасі;
- 3 – амортизатор; 4 – бічні підкоси;
- 5 – траверса; 6 – штанга;
- 7 – гідроциліндр системи прибирання – випуску шасі; 8 – задній підкіс;
- 9 – стойка шасі; 10 – стабілізуючий демпфер

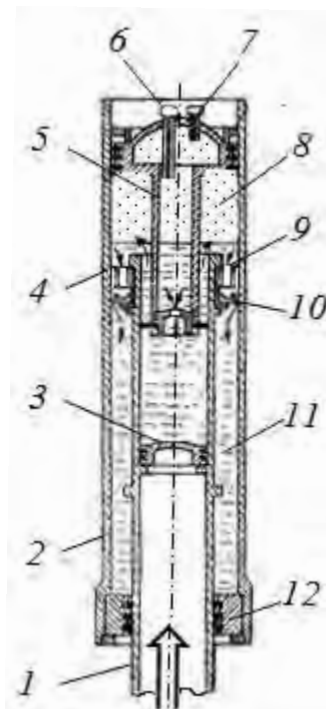


Рис. 5.7. Схема будови рідинно-газового амортизатора:

- 1 – шток; 4, 12 – верхня та нижня букси; 2 – корпус; 3 – дно;
- 5 – трубка з дифуззором; 6 – трубки заливки рідини; 7 – зарядний штуцер;
- 8 – газ; 9 – перепускний калібрований канал; 10 – гальмівний клапан;
- 11 – рідина

Шасі являє собою кілька опор, що обладнані колесами, іноді використовуються лижі або поплавці. Вони отримують навантаження при зльоті, посадці, русі та стоянці літака. Конструкція шасі (рис.5.6) складається із опорних елементів – коліс 1, або інших пристроїв, за допомогою яких літак торкається до посадкової поверхні, та силових елементів конструкції – стоек

9, траверс 5, підкосів 4, 8, які з'єднують опорні елементи з фюзеляжем чи крилом. У конструкцію шасі входить амортизаційна система 3 та гальмівні пристрої. Вони розсіюють енергію ударів літака при посадці і русі на нерівній поверхні та після його приземлення, поглинають значну частину кінетичної енергії поступального руху літака після його приземлення для скорочення довжини пробігу.

Головна функція амортизаційної системи - поглинання й розсіювання основної частини енергії вертикального руху при посадці літака, а також демпфірування навантажень, обумовлених кривизною при зльоті, посадці та русі аеродромом.

Відтепер найбільше поширення одержали рідинно-газові амортизатори (рис. 5.7). У них робочим середовищем служать газ і амортизаційна рідина (спеціальне масло). Газ являється пружним елементом амортизатора. Рідина використовується для поглинання енергії за рахунок втрат напору у гідравлічних опорах. Під час приземлення при доторканні до поверхні коліс шток амортизатора рухається вгору. Внаслідок рідина денцем 3 витісняється у простір заповнений газом під тиском, проходить через калібровані канали 9 у простір між корпусом та штоком. Тиск газу над поверхнею рідини збільшується. Газ поглинає певну частку енергії руху штоку. Інша велика частка енергії витрачається на подолання гідравлічного опору руху рідини через калібровані отвори і розсіюється у вигляді тепла. Рух штока вгору гальмується і припиняється тоді коли тиск газу в амортизаторі зрівнюється з тиском, що утворюється у рідині. При зворотному ході (віддачі) дія сили, що піднімає шток вгору, відсутня, тиск у рідині падає. Внаслідок тиск стиснутого газу передається на денце 3, шток рухатися вниз. Одночасно рідина починає перетікати у зворотному напрямку. Для гальмування руху віддачі призначений клапан 10. Він через деякий час після початку віддачі створює додатковий гідравлічний опір перетіканню рідини.

Система гальмування коліс забезпечує основне, резервне і стояночне гальмування, автоматичне післяполітне гальмування коліс, захист від юзу і блокування гальмування від розкрутки коліс. У шасі сучасних літаків використовують колодкові або дискові (на великих літаках багатодискові) гальмівні механізми з гідравлічним приводом. Для охолодження гальм може використовуватися примусове охолодження за допомогою потоку повітря від вентилятора.

Система керування рульовим пристроєм забезпечує керування літаком при його пересуванні аеродромом та льотній смузі. Рульовий пристрій має гідравлічний привід.

На сучасних літаках використовується комбінована система приводу органів керування польотом. Привід у рух пристроїв керування здійснюється в основному гідросистемами, а керує гідравлікою електрична система, до складу якої входить бортовий комп'ютер. На легкомоторних літаках може використовуватися дротова система приводу та керування літаком.

### Питання для самоконтролю

1. Подайте загальну характеристику повітряного транспорту.
2. За якими ознаками класифікують літальні апарати?
3. Які літальні апарати складають основу повітряного транспорту?
4. Які типи двигунів найбільш поширені у цивільних літаках?
5. Поясніть фізичні основи утворення підйомної сили крила.
6. Від яких факторів залежить величина підйомної сили крила?
7. Опишіть загальну будову літака та вкажіть призначення його основних елементів.
8. Поясніть, з яких основних елементів складається фюзеляж літаків.
9. Чим відрізняються лонжерони та стрингери?
10. Опишіть загальну будову крила літака та вкажіть призначення основних деталей.
11. Які елементи механізації крила сучасного авіалайнера беруть участь у регулюванні підйомної сили крила?
12. Яким чином відбувається повітряне гальмування літака?
13. Поясніть призначення та принцип дії інтерцепторів.
14. Опишіть загальну будову шасі літака. Поясніть принцип дії рідинно-газового амортизатора.

### 6.2. Будова гелікоптера

Гелікоптер (вертоліт) – літальний апарат, що використовує для підйому та поступового руху несучий гвинт з вертикальною віссю обертання. З точки зору аеродинаміки немає принципів відмінностей між крилом літака та лопатями несучого гвинта. Вони мають несиметричний профіль і у результаті їх руху відносно повітря створюється підйомна сила. При цьому фюзеляж вертольоту залишається на місці.

Головна перевага гелікоптерів над іншими літальними апаратами – це здатність до вертикального зльоту, можливість зависати у повітрі і надзвичайно широкий спектр застосування. Для гелікоптера не потрібні злітні смуги зі спеціальним покриттям.

У даний час найбільшого поширення у нас в країні і в усьому світі отримали гелікоптери, виконані за одnogвинтовою схемою з рульовим гвинтом (рис.5.8). Основною частиною гелікоптера є фюзеляж 13, у якому розміщуються вантажі, екіпаж, двигун, обладнання, паливо тощо. Крім того, він є силовою базою, до якої кріпляться всі інші частини гелікоптера і передаються навантаження від них. Фюзеляж є тонкостінною каркасною конструкцією.

Хвостова 9 і кінцева 7 балки є продовженням фюзеляжу і призначені для розміщення рульового гвинта його приводу та оперення гелікоптера.

На верхній панелі центральної частини фюзеляжу встановлюються двигуни 1 (наприклад, два газотурбінних двигуни), вихідні вали яких з'єднуються з головним редуктором 12.

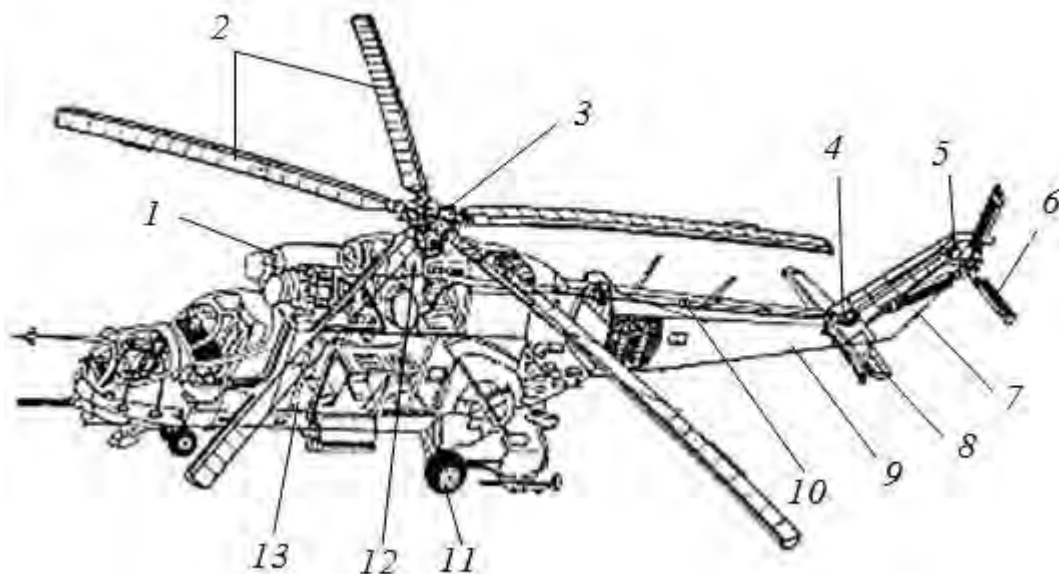


Рис. 5.8. Будова одногвинтового гелікоптера:

- 1 - двигун; 2-лопаті несучого гвинта; 3 – втулка гвинта з механізмом перекоосу;  
4 – проміжний редуктор; 5 – хвостовий редуктор; 6 – рульовий гвинт;  
7 – кінцева балка; 8 – стабілізатор; 9 - хвостова балка; 10 – вал;  
11 – шасі; 12 – головний редуктор; 13 -фюзеляж*

Головний редуктор розподіляє потужність, що надходить від двигунів, між агрегатами гелікоптера. Основним споживачем потужності двигунів є несучий гвинт 2, встановлений на валу головного редуктора. Він створює підйомну та сушильні сили тяги, а також має механізм для поздовжнього і поперечного керування. Основними частинами несучого гвинта є: втулка 3 і прикріплені до неї лопаті 2, які безпосередньо створюють силу тяги.

При обертанні несучого гвинта виникає реактивний момент, який прагне розгорнути фюзеляж у протилежному напрямку. Для зрівноваження цього моменту призначений рульовий гвинт 6. Його привод здійснюється від головного редуктора через систему валів 10 і редукторів 4, 5. Крім цього, рульовий гвинт використовується для шляхового керування гелікоптером. Якщо рульовий гвинт виконаний в вигляді пропелера, вбудованого в хвостове оперення, то його називають фенестроном (рис.5.9,а).

Шасі 11 забезпечує обпирання вертольота при стоянці і пересуванні по поверхні землі, а також зниження навантажень при посадці. На швидкісних вертольотах шасі може забиратися в польоті.

Оперення призначене для підвищення стійкості гелікоптера. Воно складається зі стабілізатора 8 і кіля, роль якого грає, зазвичай, спеціально спрофільована кінцева балка.

Для зрівноваження реактивного моменту використовують також схеми гелікоптерів з двома несучими гвинтами (рис. 5.9). Розмістити несучі гвинти на фюзеляжі можна по різному. Розрізняють співвісну схему (рис. 5.9, а), коли обидва гвинти надіті на одну вісь обертання; повздовжню схему (рис. 5.9, б), коли гвинти знаходяться на лінії, що розміщена вздовж фюзеляжу і поперечну

схему (рис. 5.9, в), коли два гвинти розташовані на лінії, що знаходиться впоперек фюзеляжу.

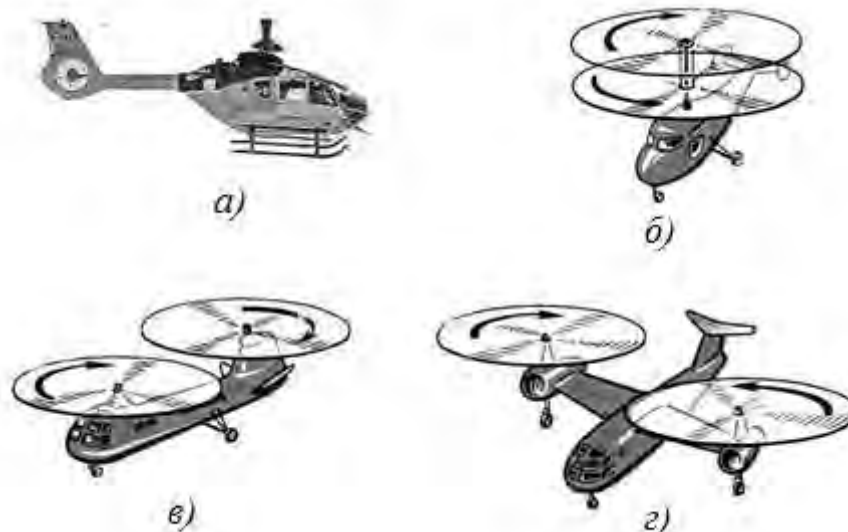


Рис. 5.9. Деякі схеми компоновки гелікоптерів:  
 одногвинтова з фенестроном (а), співвісна(б), повздовжня (в),поперечна(з)

Переважають використовують, крім класичної, співвісну схему, коли два горизонтальні співвісні гвинти однакового розміру обертаються у протилежних напрямках. Перевагою цієї схеми є можливість злітати у доволі тісному просторі, а недоліком – можливість зіткнення гвинтів при різкому маневруванні.

Швидкість польоту гелікоптерів будь-яких схем обмежена умовами обтікання несучого гвинта. При збільшенні швидкості польоту кінцеві ділянки лопатей зазнають впливу стиснутого повітря і потрапляють у режим зриву потоку, що призводить до сильної вібрації і різкого збільшення споживаної потужності. Тому максимальна швидкість горизонтального польоту звичайних гелікоптерів не перевищує 320-340 км/год.

Для подальшого збільшення швидкості польоту необхідно розвантажити несучий гвинт. З цією метою на гелікоптер встановлюється крило. Додаткова тяга в напрямку польоту гелікоптера може створюватися повітряним гвинтом (що тягне або штовхає) або турбореактивним двигуном. Швидкість таких комбінованих літальних апаратів може досягати 500 км/год. і вище. Незважаючи на складність конструкції, вертольоти комбінованої схеми є перспективними.

Процес керування гелікоптером дещо складніший, ніж у літаках. Так як, майже всі регулювання польоту виконуються за допомогою лише одного пристрою – несучого гвинта.

Несучий гвинт вертольота призначений для створення підйомної та рушійної сили. Він складається з втулки та лопатей (від 2 до 8). Лопать може бути суцільнометалевою, або складатися з лонжерону та різних обшивок і



заповнювачів. Відтепер поширюється використання лопатей зі склопластиків та композитних матеріалів.

Ділянки лопаті, що розташовані ближче до осі обертання мають меншу лінійну швидкість відносно повітря. Внаслідок на цих ділянках створюється менша підйомна сила. Для зменшення цього ефекту кут установки профілю лопаті плавно збільшують до осі обертання. Різниця між кутом установки ділянок в корені та на кінці лопаті може складати 6–12°

Як правило, лопаті несучого гвинта прикріплюються до втулки за допомогою шарнірів або гнучких елементів (торсіонів). Класичний тришарнірний гвинт, має горизонтальний, вертикальний та осьовий шарніри. Це дозволяє лопатям здійснювати при польоті вертольота складний рух: обертатися навколо осі гвинта, змінювати своє кутове положення та повертатися у шарнірах при кожному обороті гвинта.

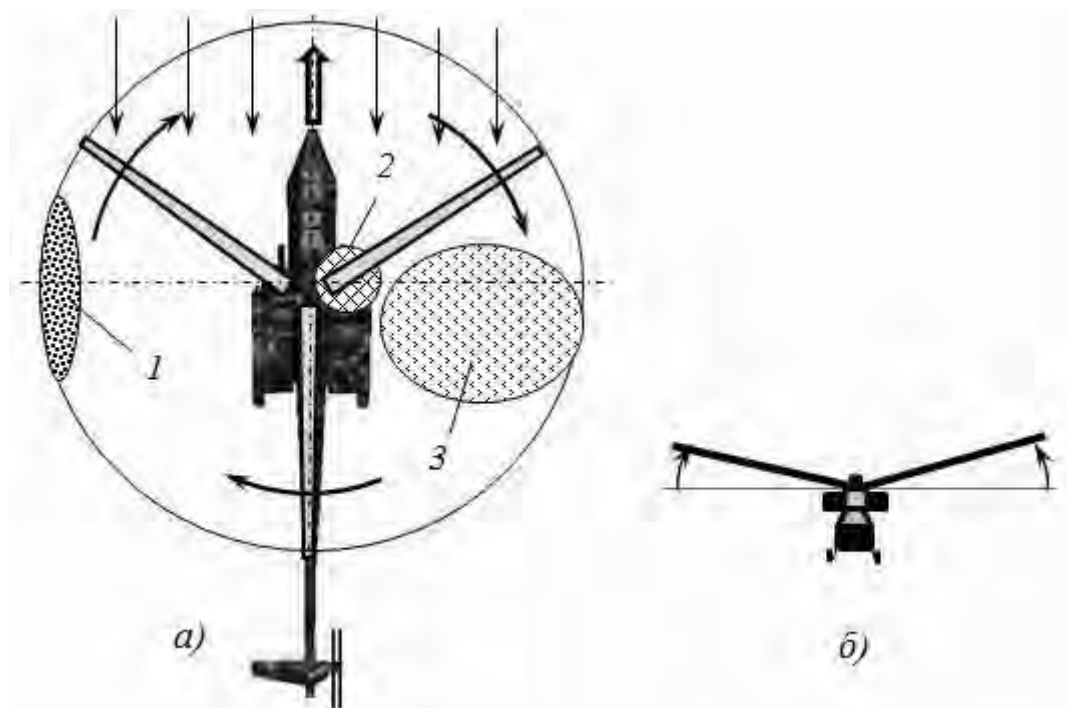


Рис.5.10. Схема руху лопатей несучого гвинта гелікоптера у потоці повітря (а) та утворення конуса лопатей (б): 1 – зона хвильової кризи; 2 – зона зворотного обтікання; 3 – зона зриву потоку

Розглянемо деякі особливості роботи лопатей несучого гвинта. У режимі горизонтального польоту гвинт обтікається повітряним потоком під кутом близько 90° до своєї осі. На лівому боці поверхні, яку описують лопати несучого гвинта (при обертанні гвинта за годинниковою стрілкою, рис.5.10), лопать рухається у напрямку польоту і долає значний опір повітря. На правому боці опір повітря значно менше, тому що у цьому випадку лопать рухається повітряним потоком. Крім цього, на правій стороні поверхні, яку описують лопати несучого гвинта, кінцеві ділянки лопатей потрапляють у зону зриву потоку, що викликає зменшення підйомної сили щодо лівого боку поверхні.

Крім цього, у з правого боку кореневі, близькі до втулки гвинта ділянки лопатей потрапляють у зону зворотного обтікання (виникає зворотна підйомна сила).

На лівому боці поверхні, що обмітається, кінцеві ділянки лопатей потрапляють у зону хвильової кризи (оскільки рухаються з максимальною швидкістю проти потоку повітря). Виникає різниця в підйомній силі на різних радіусах площини обертання гвинта, і, як наслідок, значні згинальні моменти у місці кріплення лопаті до втулки і тенденція до перекидання вертольота по крену. Саме тому лопаті несучого гвинта прикріплюються до втулки за допомогою шарнірів або пружних елементів (торсіонів).

Оскільки лопаті на працюючому несучому гвинті обертаються з позитивним кутом атаки і прикріплюються шарнірно, кожна лопать здійснює махові рухи у вертикальній площині (площині тяги) і хитання в площині обертання. У результаті зовні площина обертання лопаті набуває форми конуса (рис.2). Цей ефект називається конус лопаті несучого гвинта. Шарнірно закріплені лопаті не передають на втулку гвинта та конструкцію вертольота суттєвих згинальних моментів.

Управління гелікоптером у просторі здійснюється зміною напрямку та величини вектора тяги несучого гвинта (осі конуса гвинта), а також зміною сили тяги рульового гвинта (рис. 5.11).

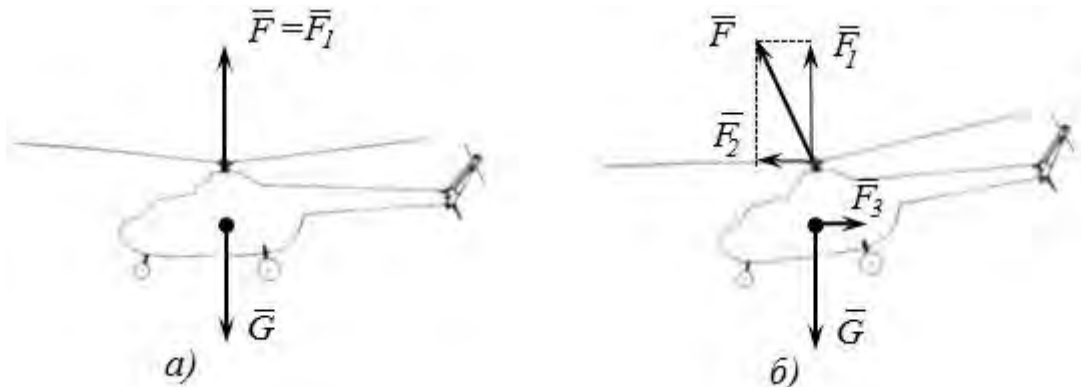


Рис. 5.11. Схема сил , що діють на гелікоптер у режимі зависання (а) та горизонтального польоту (б):  $F$  – вектор тяги несучого гвинта;  $F_1$  – підйомна сила;  $G$  – сила ваги;  $F_2$  – рушійна складова сили тяги;  $F_3$  – сила опору повітря

Управляють напрямом і силою тяги несучого гвинта автоматом перекоосу. Автомат перекоосу - це пристрій керування загальним (змінює силу тяги) і циклічним (змінює напрям тяги) кроком несучого гвинта. Основне призначення автомата перекоосу - передача руху з нерухомих елементів системи управління на лопаті гвинта, що обертаються.

Автомат перекоосу влаштований у такий спосіб (рис. 5.12). Вал гвинта проходить усередині напрямної повзуна загального кроку. По направляючій переміщається повзун 7 з шарнірно приєднаним до нього внутрішнім кільцем, що не обертається 8, а також гойдалками поздовжнього і поперечного управління.

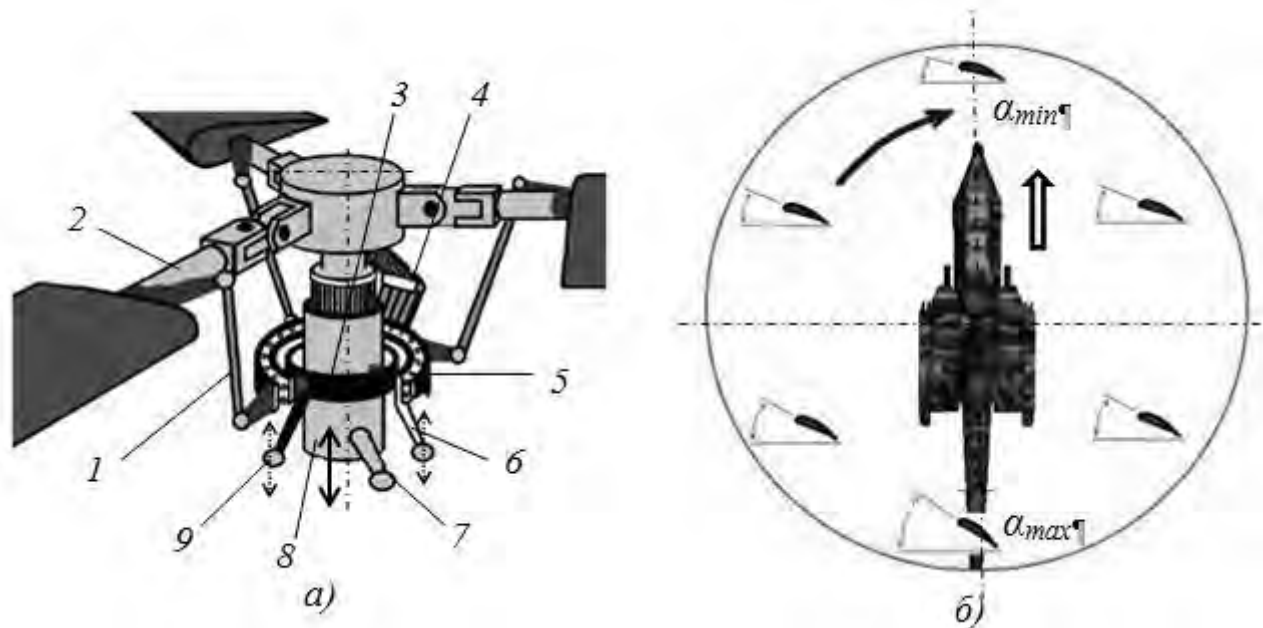


Рис. 5.12. Схема будови автомата перекоосу (а) та циклічної зміни кута атаки лопаті при горизонтальному русі (б):

1 – тяга повороту лопаті; 2 – важіль повороту лопаті; 3 – внутрішнє кільце; 4 – повідець; 5 – зовнішнє кільце (тарілка); 6 – тяга поперечного керування; 7 – тяга важеля керування загальним кроком; 8 – повзун; 9 – тяга повздовжнього керування

Внутрішнє кільце пов'язане вальницею із зовнішнім кільцем, що обертається 3, яке може відхилятися в двох площинах. Зовнішнє кільце (тарілка) автомата перекоосу приводиться в обертання повідцем 2, з'єднаним з валом гвинта. Кінцеві шарніри тарілки, що обертається, з'єднані тягами 1 з важелями 4 повороту лопатей.

Автомат перекоосу керується гідропідсилювачами, що діють на тяги поперечного 5 і поздовжнього керування 9, а також на важіль управління загальним кроком 6. При відхиленні важеля загального кроку повзун автомата перекоосу рухається вгору або вниз по направляючій, при цьому всі вертикальні тяги переміщуються на однакові відстані. За допомогою важелів всі лопаті гвинта повертаються на однаковий кут. Управління загальним кроком лопатей гвинта супроводжується синхронною зміною потужності двигунів, а частота обертання майже не змінюється.

При відхиленні тяги поздовжнього управління внутрішнє кільце автомата перекоосу, що не обертається, повертається на певний кут, що викликає поворот зовнішнього кільця у тому ж напрямку на той же кут. Завдяки цьому при обертанні гвинта вертикальні тяги переміщуються вгору – вниз на різні відстані і повертають за допомогою важелів лопаті на різний кут у кожному азимутальному напрямку.

Цикл зміни кута установки лопаті, що відповідає обороту гвинта, називають циклічним кроком несучого гвинта. У динаміці циклічний крок

виглядає так (рис.5.12,б). У деякому азимутальному положенні кут установки лопаті мінімальний, потім у міру її обертання цей кут зростає, досягаючи через півоберта гвинта максимального значення. Протягом наступної половини оберту кут зменшується до мінімального вихідного значення. У результаті значення сили тяги стає неоднаковою у протилежних азимутах площини обертання гвинта. Завдяки цьому змінюється положення у просторі площини обертання гвинта, а відповідно змінюється напрям вектора тяги гвинта, що у свою чергу змушує вертоліт рухатися в горизонтальній площині. Аналогічним чином змінюється кут установки лопатей при відхиленні тяги поперечного управління, що веде до надання гелікоптеру крену.

Рульовий гвинт більшості типів вертольотів - штовхаючий, установлений на кінцевій балці. При такому компонуванні підвищується аеродинамічна ефективність гвинта і обмежується додаткове динамічне навантаження кінцевої (кільової) балки повітряним потоком, що відкидається рульовим гвинтом.

Обертання рульового гвинта синхронізовано з несучим гвинтом - при зміні швидкості обертання несучого гвинта відповідно змінюється швидкість обертання рульового. Керують силою тяги рульового гвинта шляхом зміни кута установки лопатей. Збільшення кута атаки веде до збільшення сили тяги, а зменшення навпаки. Внаслідок гелікоптер повертається у той, чи інший бік.

#### **Питання для самоконтролю**

1. *Опишіть загальну будову одногвинтового гелікоптера.*
2. *Охарактеризуйте найбільш поширені схеми компоновки гелікоптері.*
3. *Поясніть, яким чином несучий гвинт гелікоптера створює підйомну та рушійну сили.*
4. *З якою метою лопаті несучого гвинта прикріплюють до втулки за допомогою шарнірів?*
5. *Поясніть призначення та принцип дії автомату перекоосу гвинта.*
6. *Опишіть, яким чином циклічний крок гвинта впливає на рух гелікоптера.*

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>1. Основи будови автомобіля</b> .....	7
1.1. Загальна будова автомобіля .....	7
1.2. Механізми ДВЗ.....	12
1.3. Системи ДВЗ .....	20
1.4. Джерела електричної енергії автомобіля .....	40
1.5. Шасі автомобіля .....	45
1.6. Будова електромобіля .....	68
<b>2. Технологічні машини сільського господарства</b> .....	73
2.1. Трактори .....	73
2.2. Машини для обробки ґрунту .....	81
2.3. Посівні машини .....	86
2.4. Зернозбиральні комбайни .....	90
<b>3. Підйомно-транспортні машини</b> .....	98
3.1. Вантажопідйомні машини.....	98
3.2. Транспортуючі машини.....	111
<b>4. Водний транспорт</b> .....	118
4.1. Класифікація та характеристики суден.....	118
4.2. Загальна будова суден .....	124
<b>5. Залізничний транспорт</b> .....	133
5.1. Будова тепловоза.....	133
5.2. Будова електровоза .....	139
<b>6. Повітряний транспорт</b> .....	150
6.1. Загальна будова літака.....	151
6.2. Будова гелікоптера.....	158
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	166

---

## Література

1. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С., Мартишко В. М. та ін. Київ : «Агроосвіта», 2017. 180 с.
2. Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота. Частина I. Аеродинаміка вертольота : навч. посіб. / А. Г. Зінченко, О. О. Бурсала, О. Л. Бурсала та ін.; за ред. А. Г. Зінченка. Харків : ХНУПС, 2016. 402 с.
3. Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота. Частина II. Динаміка польоту вертольота : навч. посіб. / А. Г. Зінченко, І. Б. Ковтонюк, В. М. Костенко та ін.; за ред. В. М. Костенка та І. Б. Ковтонюка. Харків : ХУПС, 2010. 272 с.
4. Аеродинаміка літальних апаратів: навч. посіб. / О. О. Бурсала, А. Г. Зінченко, Є. Ю. Іленко, І. Б. Ковтонюк, А. Л. Сушко. Харків : ХУПС, 2015. 333 с.
5. Бакум М. В. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2008. 284 с.
6. Баладінський В. Л., Русан І. В., Гаркавенко О. М., Вольтерс О. Ю. Пристрої та механізми вантажопідйомних машин : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2005. 132 с.
7. Білоконь Я. Ю., Окоча А. І., Войцехівський С. О. Трактори та автомобілі: підручник. Київ : Вища освіта, 2003. 324 с.
8. Боднар, Б. Є. Теорія та конструкція локомотивів. Екіпажна частина : підручник. Дніпро : ПП Ліра ЛТД, 2009. 284 с.
9. Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин : навч. посіб. Київ : Вид-во "Вища шк.", 2009. 734 с.
10. Водчиць О. Г., Єгоров С. Н., Павільч В. М. Загальні відомості про військову авіаційну техніку та бортові авіаційні комплекси: навч. посіб. Вінниця: Консоль, 2008. 128 с.
11. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ : Каравела, 2015. 552 с.
12. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: навч. посіб.. Харків : НТУ «ХП», 2005. 304 с.
13. Донцов С. В. Основы теории судна: уч. пособ. Одесса: Феникс, 2007. 142 с.
14. Желібо Є. П., Онопко Д. В. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства: навч. посіб. Київ : Кондор, 2005. 716 с.
15. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: навч. посіб. Ніжин, 2020. 150 с.
16. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини. Київ : Вища школа, 2008. 413 с.
17. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: підручник / В. С. Кривцов та ін. Харків : ХАІ, 2002. 714 с.

18. Кисляков В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. Київ : Либідь 2018. 400 с.
19. Конструкція та динаміка електричного рухомого складу: підручник / С. В. Панченко, М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч. 1. 280 с.
20. Корець М. С., Тарара А. М., Трегуб І. Г. Основи машинознавства: навч. посіб. Київ : НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2001. 144 с.
21. Корнійчук, М. П., Липовець Н. В., Шамрай Д. О. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту Ч. 1: підручник. Київ : Дельта, 2008 504 с.
22. Корнійчук, М. П., Липовець Н. В., Шамрай Д. О. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту. Ч. 2 : підручник. Київ : Дельта, 2007. 424 с.
23. Кубіч В.І. Складові частини колісних та гусеничних тракторів: навч. посіб.. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. 324 с.
24. Мельничук С. В. Гідравлічні системи автомобіля : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2004. 294 с.
25. Основи електричної тяги: навч. посіб. / В. Х. Далека, П. М. Пушков, В. П. Андрійченко, Ю. В. Мінеєва. Харків : ХНАМГ, 2012. 312 с.
26. Особенности проекта морских транспортных судов. Ч. 2 : навч. посіб. / О. В. Бондаренко, О. І. Кротов, Л. О. Матвеев, С. О. Прокудин. Миколаєв : НУК, 2004. 80 с .
27. Особливості проектування морських транспортних суден. Ч. 1: навч. посіб. / О. В. Бондаренко, О. І. Кротов, Л. О. Матвеев, С. О. Прокудин. Миколаїв : УДМТУ, 2003. 72 с.
28. Радкевич В. О., Юрженко В. В., Кононенко А. Г. Будова автомобіля : електронний підручник для ПТНЗ [Електронний ресурс]. Київ : Інститут професійно-технічної освіти, 2016. URL: <http://mechanic.pto.org.ua>
29. Ріпка І. І., Семен Я. В., Крупич О. М., Бендера І. М., Рудь А. В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. Львів : ЛНАУ, 2013. 224 с.
30. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Мачок Ю. В., Богатирьов Д. В. Машина для обробітку ґрунту та внесення добрив: навч. посіб. Харків : Мачулін, 2016. 244 с.
31. Сидоренко В. К., Терещук Г. В., Юрженко В. В. Основи техніки і технології: навч. посіб. Київ : НПУ, 2001. 163 с.
32. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів: навч. посіб. Київ : Арістей, 2005. 280 с.
33. Сільськогосподарські машини: підручник / Войтюк Д. Г.,.. Аніскевич Л. В. та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ : «Агроосвіта», 2015. 679 с.
34. Хмара, Л. А., Колісник М. П., Голубченко О. І. Будівельні крани: Конструкції та експлуатація : навч. посіб. Київ : Техніка, 2001. 296 с.
35. Яцківський Л. Ю., Зеркалов Д. В. Загальний курс транспорту: навч. посіб. Кн. 1. Київ : Арістей, 2007. 544 с.

КАЛЯЗІН Юрій Володимирович  
ТИТАРЕНКО Валерій Миколайович

МАШИНОЗНАВСТВО

Частина III

РОБОЧІ МАШИНИ

Навчальний посібник

Технічний редактор – Нагорна Н. О.

Коректура – авторська

Здано до друку . 8. 08. 2022 р.

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Друк різнографічний.

Ум.–друк. арк..

Наклад 200 прим. Зам. № 2021–51.

Видавництво ПП «Астрая»,

вул. Шведська 20, кв. 4, м. Полтава, 36014

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру  
серія ДК № 5599 від 19.09.2017 р.