

## Лекція 7

### 10.6 Механічні редуктори

*Механічний редуктор* (від лат. *reductor* — той що відтворює рух) - механізм, що складається зі змонтованих у окремому закритому корпусі передач зачепленням і призначений для зміни параметрів обертового руху — зменшення швидкості обертання й відповідно підвищення обертового моменту.

Редуктор – самостійний вузол, що встановлюється між електродвигуном і машиною (механізмом). З їх валами редуктор з'єднується за допомогою муфт.

Пристрій, який перетворює малу кутову швидкість у вищу називають *мультиплікатором*.

Редуктор зі ступінчастою зміною кутової швидкості називається *коробкою передач*, із безступінчастою - *варіатор*.

Редуктори проектують або спеціально для певної машини, або використовують серійні, які призначені для встановлення на різних машинах.

Серійні редуктори добирають за каталогами заводів-виготовлювачів відповідно до необхідного моменту і передаточного числа.

#### 10.6.1 Класифікація редукторів

Класифікацію редукторів загальномашинобудівного застосування встановлює ГОСТ 29067-91 «Редукторы и мотор-редукторы. Классификация». Терміни і визначення основних параметрів регламентує ГОСТ Р 50370-92. «Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения. Термины и определения»; технічні вимоги - ГОСТ Р 50891-96 «Редукторы общемашиностроительного применения. Общие технические условия».

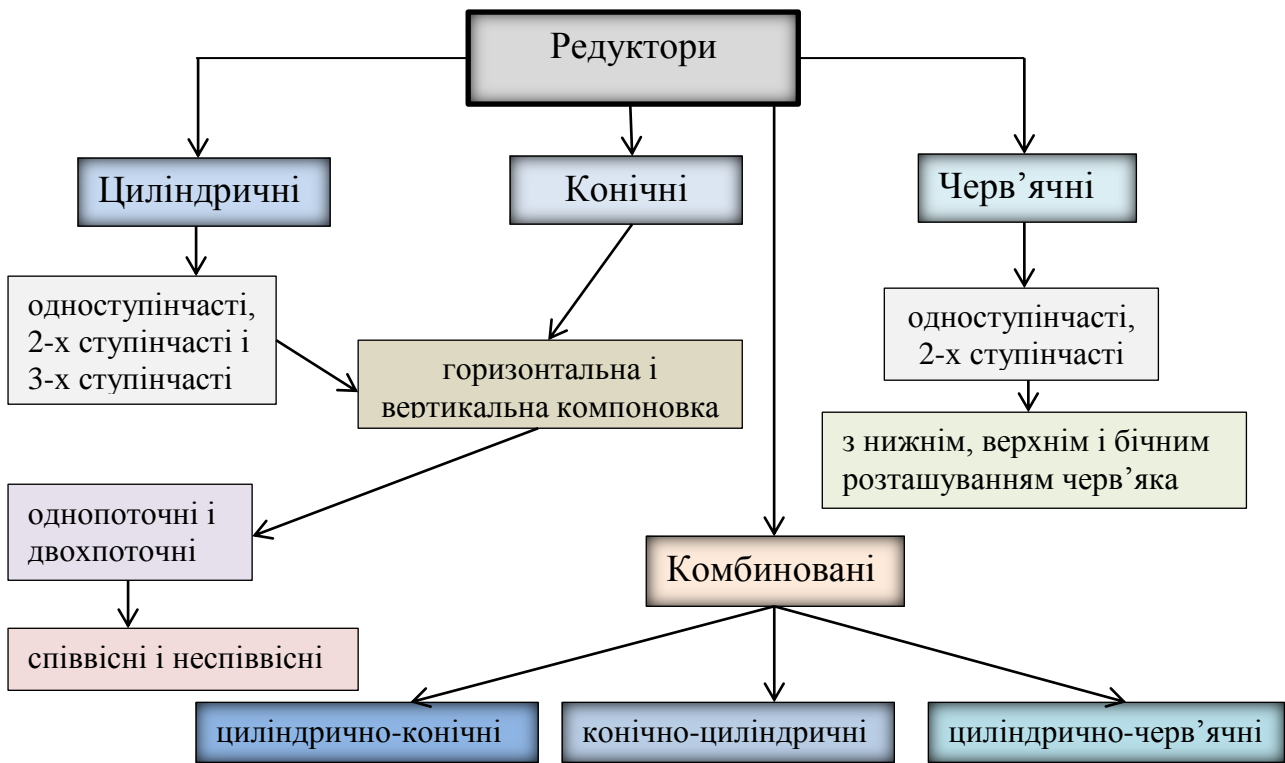

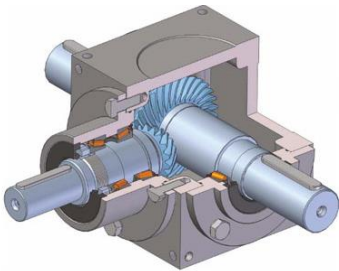

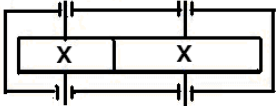
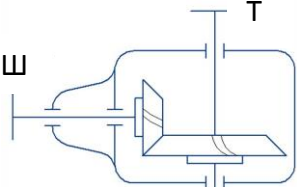
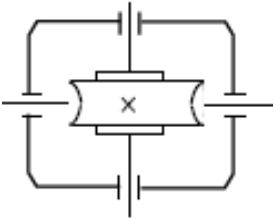


Рисунок 4.31 - Класифікація редукторів за ГОСТ 29076-91



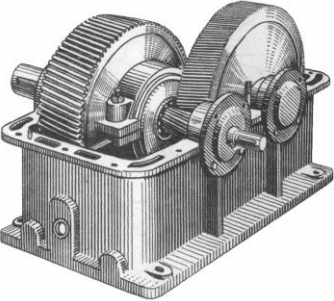
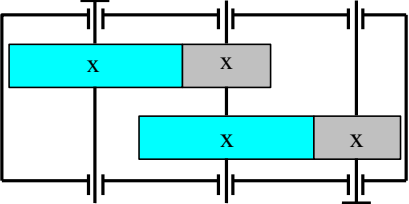
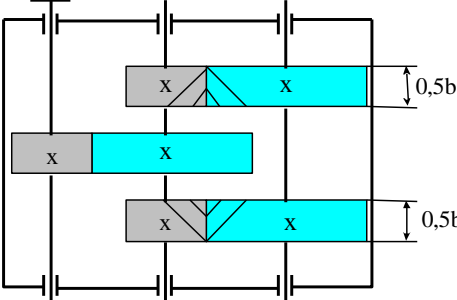
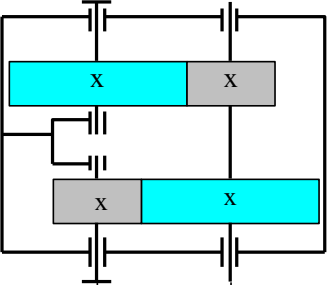
Таблиця 4.3 – Типи одноступінчастих редукторів

| <i>Циліндричний</i>   | <i>Конічний</i>   | <i>Черв'ячний</i>   |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |
| $i = 1,6...8,0$   | $i = 2...6,3$   | $i = 8...80,$<br>$M = 850000 \text{ Нм}$  |

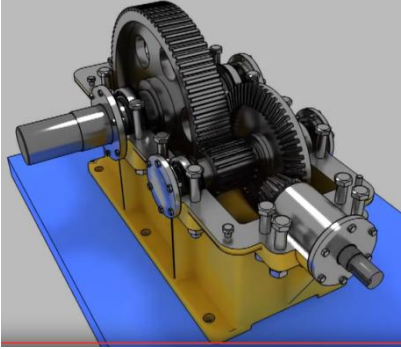

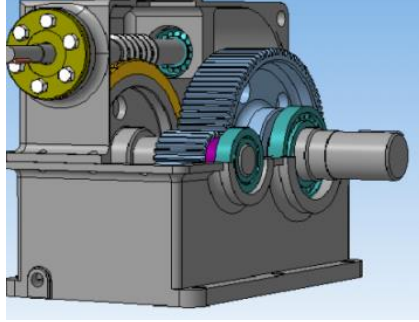
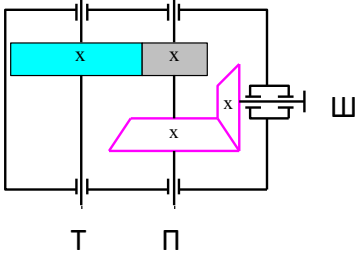
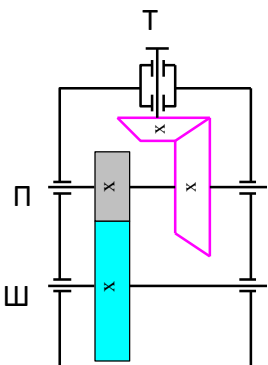
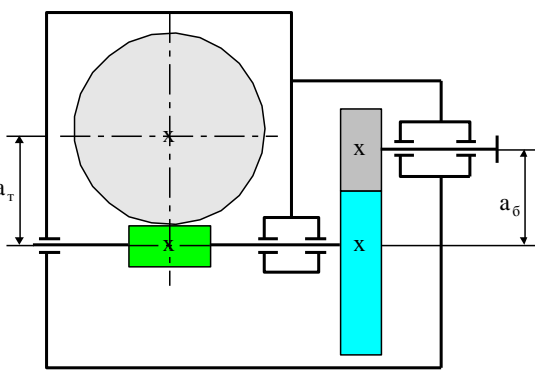
У відповідності до ГОСТ до редукторів загальномашинобудівного застосування відносять: циліндричні одно-, двох і триступінчасті; циліндричні

планетарні одно і двоступінчасті; конічні одноступінчасті; конічно-циліндричні двох і трьохступінчасті; черв'ячні і глобoidні одно і двоступінчасті; черв'ячно-циліндричні двоступінчасті.

Таблиця 4.4 – Типи двоступінчастих циліндричних редукторів

| <i>Розгорнута схема</i>   | <i>Роздвоєна схема</i>   | <i>Співвісний</i>   |
|---|--|---|
|    |    |    |
|   |   |   |
| <p>Недоліки:<br/>несиметричне розміщення зубчастих коліс відносно опор призводить при деформаціях валів до нерівномірного розподілу навантаження по довжині зуба.<br/>Варто застосовувати до <math>a_{\omega T} = 630 \dots 800</math> мм</p> | <p>У схемі з роздвоєним ступенем більш навантажене тихохідне колесо розміщене відносно опор симетрично. Для рівномірного розподілу навантаження між колесами тихохідного ступеня, які працюють паралельно, нахил лінії зубів коліс, установлених на одному валу, роблять протилежного напрямку.<br/>Більш раціональна схема з роздвоєною швидкохідною ступеню.</p> | <p>Перевага - менша довжина порівняно з редукторами, виготовленими за іншими схемами.<br/>Недоліки: недовантаженість швидкохідного ступеня.</p> |
| <p><math>i_{ред} = 12,5 - 25,0</math> - рекомендовані; <math>i_{ред} = 7,1 - 40,0</math> - граничні</p>   |  |   |

Таблиця 4.5 – Види 2-х ступеневих комбінованих редукторів

| Конічно-циліндричний   | Циліндрично-конічний   | Циліндрично-черв'ячні  |
|--|--|--|
|   |   |   |
|  <p data-bbox="240 1111 416 1144"><math>u = 6,3 \dots 40</math></p> |  <p data-bbox="671 1111 874 1144"><math>u = 7,8 - 180</math></p> |  <p data-bbox="1070 1111 1257 1144"><math>u = 50 \dots 150</math></p> |

Редуктори, які мають більш як три ступені, трапляються рідко. Для великих передаточних чисел застосовують черв'ячні, циліндрично-черв'ячні або черв'ячно-циліндричні, двоступінчасті черв'ячні і планетарні редуктори.

Перевагу слід надавати редукторам з меншим числом ступенів.

Усі стандартизовані редуктори розраховані на тривалий постійний режим навантаження і можуть працювати з довільним напрямом обертання валів.

90%-й ресурс зубчастих передач редукторів становить 36 000 годин, черв'ячних передач - 20000 годин, а підшипників кочення опор валів - 10 000 годин.

Вихідні вали стандартизованих редукторів для з'єднання з іншими органами машини можуть мати різне виконання. Для переважної більшості редукторів передбачаються вихідні вали такої форми виконання: циліндричні; конічні; у вигляді зубчастої півмуфти; з формою, придатною для приєднання приладів керування; порожнисті вали.

Для зменшення маси і габаритів приводних пристроїв мають широке застосування *мотор-редуктори* - механізми, в яких електродвигун і редуктор виконуються як один агрегат. Використання мотор-редукторів досить

раціональне і перспективне, оскільки тут електродвигун безпосередньо з'єднується з корпусом редуктора і його вал несе на собі одне із зубчастих коліс редуктора. Використанням мотор-редукторів можна зменшити кількість муфт у приводі машини. Промисловість випускає стандартизовані редуктори і мотор-редуктори загальномашинобудівного застосування, тобто такі, що відповідають технічним вимогам, спільним для більшості випадків їхнього конкретного використання в приводах різних машин.




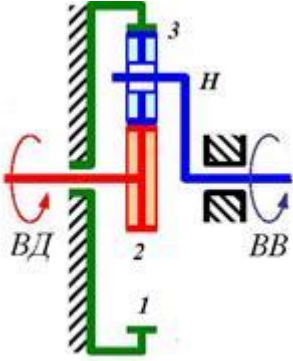
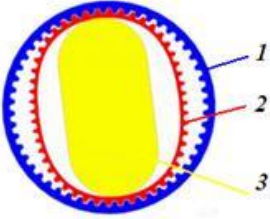

Можливості отримання великих передаточних відношень при малих габаритах забезпечують *планетарні* і *хвильові* редуктори.

У планетарних редукторах використовуються планетарні передачі, у яких осі певних коліс (сателітів) закріплені на рухомій деталі. Їх ККД досить високий (0,9...0,95). Такі редуктори мають різне конструктивне виконання у залежності від того, який тип передачі використовується (зубчасті циліндричні зовнішнього зачеплення, зубчасті циліндричні внутрішнього зачеплення, конічні зубчасті), яке з центральних коліс є нерухомим та ін. Перевагою планетарних редукторів є мала питома матеріаломісткість при достатній навантажувальній здатності і довговічності у зв'язку багатопарним зачепленням (потужність передається у декілька потоків).

Редуктори на основі хвильової передачі можна розглядати як різновид планетарного редуктора на основі гнучкого проміжного колеса (винайдена в 1959 році американським інженером У. Массером). Передаточні числа хвильових редукторів складають  $i = 80...300$  і більше. Такі редуктори мають високу навантажувальну здатність у зв'язку багатопарністю зачеплення.

Серійно випускаються мотор-редуктори:

- циліндричні двоступінчасті співвісні типу МЦ2С (крутний момент на тихохідному валу  $M = 125...1000$  Н·м, частота обертання тихохідного валу  $n = 28...180$  об/хв);
- планетарно-зубчасті, двоступінчасті типу МП<sub>3</sub>2 ( $M = 125...1000$  Н·м,  $n = 18...90$  об/хв);
- хвильові горизонтальні типу МВ<sub>3</sub> ( $M = 90...1000$  Н·м,  $n = 5,8...18$  об/хв).

| <i>Планетарний редуктор</i>  | <i>Хвильовий редуктор</i>   | <i>Мотор-редуктор</i>   |
|--|---|---|
|   |    |  |
|  |  <p data-bbox="528 920 1018 1171"> 1 – нерухоме зубчасте колесо,<br/> 2 – гнучкий елемент (тонкостінне пружне зубчасте колесо),<br/> 3 – генератор хвиль (кулачок або ексцентрик, який розтягує гнучке колесо до його контакту з нерухомим колесом) </p> |  |

Сучасні стандарти передбачають випуск ряду редукторів визначених типорозмірів.

### 10.6.2 Основні параметри редукторів

Споживчі характеристики редукторів визначаються наступними параметрами:

- *кінематичними*: передатне відношення  $u$ ; частота обертання вихідного вала  $n$ ;
- *динамічними*: крутний момент та консольне навантаження на вихідному валу;
- коефіцієнтом корисної дії  $\eta$  (ККД).

#### 10.6.2.1 Структура позначення редукторів загального призначення

Позначення редуктора має містити типорозмір редуктора (включає позначення передач), значення головного параметра, передаточного числа, позначення варіанту складання.

|                      |   |                   |   |                        |   |                         |   |                 |   |                      |
|----------------------|---|-------------------|---|------------------------|---|-------------------------|---|-----------------|---|----------------------|
| Типорозмір редуктора | - | Головний параметр | - | Передаточне відношення | - | Конструктивне виконання | - | Схема складання | - | Кліматичне виконання |
|----------------------|---|-------------------|---|------------------------|---|-------------------------|---|-----------------|---|----------------------|

- Типорозмір редуктора.

Передачі позначаються літерами: *Ц* - циліндрична, *П* - планетарна, *К* - конічна, *Ч* - черв'ячна, *Р* - глобоїдна, *У* - хвильова.

- Цифра, використовується на позначення типорозміру, позначає число ступенів. У деяких випадках, число ступенів позначається не цифрами, а літерами:

*О, Д, Т* — 1, 2, 3 ступені відповідно.

Також, часто вказується розташування редуктора: *В* - вертикальний, *Д* - горизонтальний.

- Буква «С» використовується для позначення співвісного редуктора.

Буква «У» — «вузький» редуктор при коефіцієнті перекриття зубчастих передач  $\leq 1,6$ . Іноді буква У означає «універсальний» чи «посилений».

Буква «Н» в позначенні вказує на використання зубчастого зачеплення Новікова, а евольвентне зачеплення, як часто зустрічається, позначення не має.

Буква «М» вказує на модернізовану конструкцію редуктора.

Наприклад:

|               |   |                    |   |                   |   |                   |   |                      |
|---------------|---|--------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|----------------------|
| <b>1ЦУ</b>    | - | <b>160</b>         | - | <b>4</b>          | - | <b>21</b>         | - | <b>У1</b>            |
| Тип редуктора |   | Міжосьова відстань |   | Передаточне число |   | Варіант складання |   | Кліматичне виконання |

1Ц2У — «вузький» двоступінчастий редуктор з циліндричною передачею;

КЦ2 — конічно-циліндричний двоступінчастий редуктор;

Ч2 - черв'ячний двоступінчастий;

ЦДН (ЦДНД)- горизонтальний циліндричний з зачепленням Новікова (двоступінчастий);

Ц2С — двоступінчастий редуктор циліндричний співвісний.

Ч-80-80 – черв'ячний редуктор, міжосьова відстань 80, передаточне число 80.