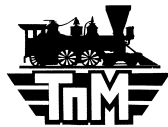


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ



## ПРОЕКТУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА

Методичні вказівки і варіанти завдань  
до курсового проекту з «прикладної механіки»  
для студентів спеціальності «електричний транспорт»  
денної та заочної форм навчання

КИЇВ 2012

УДК 621. 01 (075.8)

**Проектування циліндричного редуктора:** Методичні вказівки і варіанти завдань до курсового проекту з «Прикладної механіки»/ О. В. Агарков, Д. В. Польовий. – К.: ДЕТУТ, 2012. – 16 с.

Наведені індивідуальні завдання, методичні вказівки і поради щодо виконання курсового проекту. Додатки містять нормативно-технічні та довідкові матеріали, необхідні для виконання проекту.

Методичні вказівки розглянуто та затверджено на засіданні кафедри ТПМ (протокол № 7 від 25.03.2011 року) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗ (протокол № 8 від 30.03.2011 року).

Призначено для студентів спеціальності “Електричний транспорт” денної та заочної форм навчання.

Укладачі: *Агарков О. В.*, викладач

*Польовий Д. В.*, канд. техн. наук, доцент

Рецензенти: *Н. Л. Белевцова*, кандидат технічних наук,  
професор (ДЕТУТ);

*С. Л. Панов*, кандидат технічних наук,  
доцент (НТУУ «КПІ»)

## Зміст

Передмова.....	4
1. Зміст і обсяг курсового проекту.....	4
2. Організаційно-методичні вказівки до виконання проекту.....	5
2.1. Правила оформлення проекту.....	5
2.2. Методичні поради до виконання проекту.....	8
2.2.1. Вибір електродвигуна.....	8
2.2.2. Розрахунок зубчастої передачі.....	8
2.2.3. Розрахунок валів.....	9
2.2.4. Розрахунок довговічності підшипників.....	9
2.2.5. Розробка складального креслення редуктора.....	9
2.2.6. Розрахунок і конструювання з'єднувальних муфт.....	9
Рекомендована література.....	10
Контрольні питання для самостійної роботи.....	10
3. Варіанти завдань для виконання проекту.....	12
ДОДАТОК. Опис конструкції циліндричного одноступінчастого редуктора.....	13

## Передмова

Курсовий проект з «Прикладної механіки» – це перша самостійна конструкторська робота, яка має на меті сприяти закріпленню теоретичних знань з дисципліни та придбанню навичок і вмінь використовувати сучасні норми, правила і методи конструювання.

Наведені в посібнику індивідуальні завдання направлені на розв'язання комплексної інженерної задачі щодо створення розповсюдженого в машинобудуванні об'єкта – циліндричного редуктора загального призначення. З метою підвищення рівня спеціалізації проекту в якості робочої машини вибраний поширений на залізничному транспорті поршневий компресор.

Завдання включають силовий аналіз приводу і розробку конструкції характерних для машинобудування вузлів і деталей – редуктора і його конструктивних елементів. Виконання завдання спонукає виконавця до пошуку оптимальних інженерних рішень і вимагає комплексного використання здобутих знань з фізико-математичних і загально-інженерних дисциплін і націлює на застосування обчислювальної техніки, зокрема ПЕОМ.

Для створення сприятливих умов для самостійного виконання проекту в посібнику наведені необхідні організаційно-методичні вказівки та поради.

У додатках до роботи зосереджені нормативно-технічні та довідкові матеріали, які необхідні для виконання роботи. Приклади розрахунків і оформлення пояснювальної записки у відповідності до стандартних вимог та поради щодо конструювання циліндричного редуктора наведені у методичних посібниках з проектування циліндричного редуктора відповідно: «Розрахунки деталей редуктора» та «Розробка робочих креслень».

### 1. Зміст і обсяг курсового проекту

Завдання полягає в розробці проекту приводу поршневого компресора. У процесі проектування необхідно виконати: вибрати двигун; розробити конструкцію прямозубого циліндричного редуктора і його деталей та виконати креслення з'єднувальної муфти.

Проект повинен складатися з двох-трьох аркушів формату А1 креслень і пояснювальної записки обсягом 30-40 аркушів формату А4 рукописного тексту або його електронної версії.

#### 1.1. Зміст текстової частини проекту (ПЗ)

1. Зміст
2. Технічне завдання
  - 2.1. Підбір електродвигуна
  - 2.2. Розрахунок зубчастої передачі
  - 2.3. Розрахунок тихохідного вала редуктора
  - 2.4. Розрахунок довговічності підшипників
  - 2.5. Перевірний розрахунок шпонкових з'єднань
  - 2.6. Підбір з'єднувальної муфти заданого типу
- Література

## **1.2. Зміст і обсяг графічної частини проекту**

2. Ескізна компоновка редуктора – ф А3 (297 × 420)
3. Складальне креслення редуктора – ф А1 (594 × 842)
4. Робоче креслення тихохідного вала – ф А3 (297 × 420)
5. Робоче креслення зубчатого колеса – ф А3 (297 × 420)
6. Складальне креслення муфти – ф А3 (297 × 420)

## **2. Організаційно-методичні вказівки до виконання проекту**

### **2.1. Правила оформлення проекту**

Курсовий проект повинен бути оформлений у відповідності до вимог стандартів ЄСКД, які стисло викладені в посібниках [1, 2].

Графічна частина роботи виконується олівцем на аркушах стандартного формату А1 – А3, а текстова рукописна – чорнилом на аркушах формату А4.

Креслення редуктора і його конструктивних елементів та креслення муфти необхідно виконувати в масштабі 1:1.

Результати однотипних обчислень, що повторюються, слід розміщувати в таблицях.

На усіх аркушах роботи повинна бути нанесена рамка. Ліворуч залишають поля шириною 20 мм, з трьох інших боків – по 5 мм.

Креслення повинні мати основний напис, який розташовують у правому нижньому куті аркуша і виконують за формою 1 (рис. 1). Основний напис на першому аркуші пояснювальної записки виконують за формою 2 (рис. 2), а на усіх інших аркушах – за формою 3 (рис. 3).

Титульний аркуш пояснювальної записки заповнюють за формою, показаною на рис. 4.

Текст пояснювальної записки необхідно розмістити таким чином: на першому аркуші – зміст, на наступних – текст роботи. Він починається з технічного завдання і зображення заданої схеми. Послідовно викладається текст, який повинен починатися з короткого опису призначення, устрою приводу і принципу дії поршневого компресора. Назви розділів і підрозділів зазначаються у змісті на першому аркуші записки.

Розрахунки повинні супроводжуватися короткими поясненнями, розрахунковими схемами і ескізами та посиланнями на використані роботи. Номер використаного джерела наводиться в квадратних дужках у кінці речення, в якому воно згадується.

Усі позначення величин, що входять у формули, розшифровуються і супроводжуються необхідними поясненнями з зазначенням одиниць виміру у системі СІ.

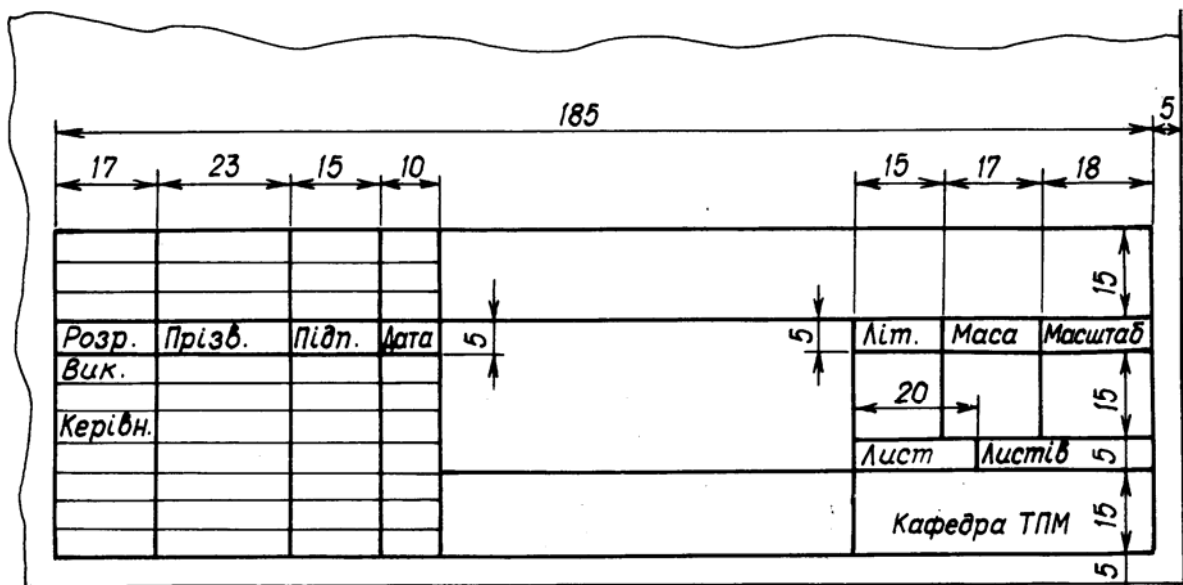


Рис. 1. Основний напис на схемах та кресленнях (форма 1)

Границя формату

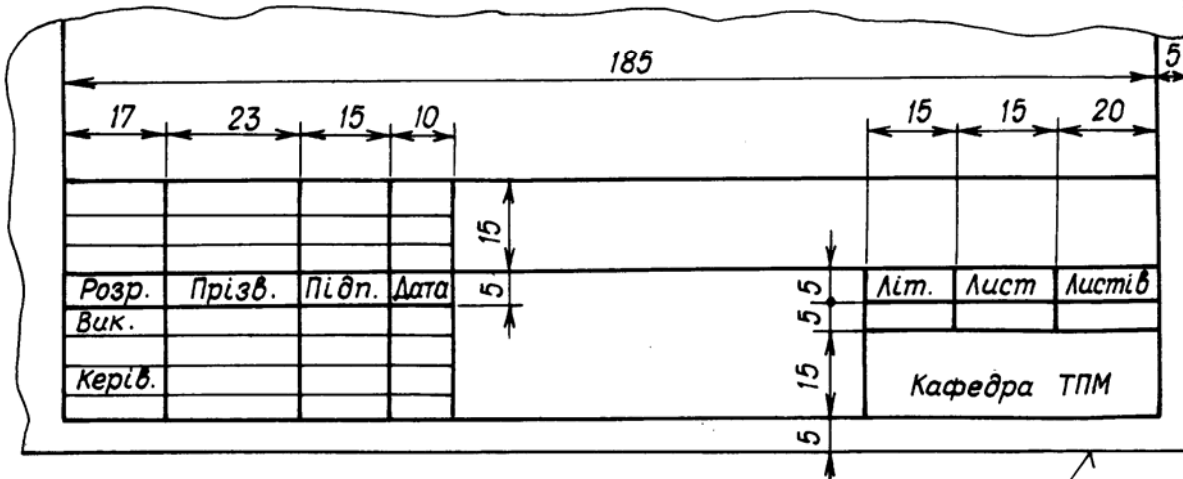


Рис. 2. Основний напис на першому аркуші текстових документів (форма 2)

Границя формату

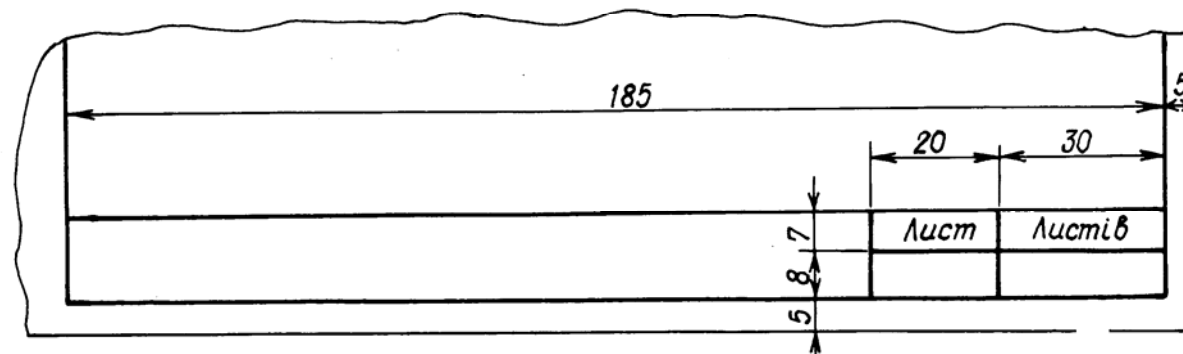


Рис. 3. Основний напис на другому і всіх наступних аркушах текстових документів (форма 3)

Державний економіко-технологічний університет транспорту

Кафедра теоретичної і прикладної механіки

Проектування циліндричного редуктора

Пояснювальна записка до курсового проекту  
з «Прикладної механіки»

Керівник викладач

(Підпис І.Б. Прізвище)

Дата

Розробив студент

(Підпис І.Б. Прізвище)

Дата

(Шифр, група студента)

20...

Рис. 4. Зміст і розміщення написів на титульному листі

Результати розрахунків записуються після підстановки чисельних значень величин у скінченому вигляді без наведення проміжних обчислень.

Список використаної літератури подається в кінці роботи в тій послідовності, яка відповідає нумерації в тексті. У списку зазначаються: автор і місце видання, назва видавництва, рік та кількість сторінок видання.

Всі аркуші графічної частини проекту, а також титульний лист записки повинні бути підписані виконавцем та керівником проекту. Захист підписаного проекту відбувається публічно перед комісією за участю керівника проекту у присутності студентів групи.

## **2.2. Методичні поради до виконання проекту**

### **2.2.1. Вибір електродвигуна**

Визначивши потужність зведеного середнього моменту сил опору і враховуючи механічний к.к.д. приводу, вибирають приводний електродвигун. При цьому орієнтуються на сучасні асинхронні короткозамкнені трьохфазні двигуни серії 4А (ГОСТ 19523-81). Перевагу необхідно віддавати швидкохідним електродвигунам, оскільки при збільшенні частоти обертання ротора, зменшуються їх масо-габаритні показники і підвищується к.к.д. Але треба мати на увазі, що з підвищенням швидкості обертання ротора дещо зменшується ресурс двигуна.

При виборі двигуна може статися, що його номінальна потужність відрізняється від потрібної. У цьому випадку слід врахувати дві обставини: великий запас потужності двигуна викликає підвищені витрати електроенергії, перевантаження – перегрів двигуна (допускане перевантаження  $\leq 5\%$ ).

Детально з питанням вибору двигуна можна ознайомитися в підручнику [3].

### **2.2.2. Розрахунок зубчастієї передачі**

Обчисливши передаточне число редуктора і визначивши його тип, слід проаналізувати існуючі аналогічні конструкції по посібниках [4, 5], атласах конструкції [6] і, по можливості, по кресленням підприємств.

При виконанні розрахунку зубчастієї циліндричної евольвентної передачі треба мати на увазі, що методика цього розрахунку стандартизована (ДСТУ 32617-94). Вона розповсюджується на силові зубчасті передачі зовнішнього зачеплення, вихідний контур яких відповідає ГОСТ 13755-81 і які працюють зі змащуванням у закритому корпусі з коловою швидкістю не вище  $25 \text{ м/с}$ .

Для закритих зубчастих передач загального призначення з твердістю робочих поверхонь зубців  $HВ < 350$  найбільш характерним видом руйнування є викришування активних поверхонь зубців. У цьому випадку проектувальний розрахунок виконують на витривалість по контактних напруженнях, а перевірений – на витривалість по напруженнях згину. Крім згаданого ДСТУ методика розрахунку зубчастих передач викладена в підручниках [7, 8].



### **2.2.3. Розрахунок валів**

Наступна стадія роботи над проектом – розрахунок валів редуктора. Він складається з декількох етапів. Спочатку, виходячи з крутячого моменту і понижених дотичних напружень, визначають орієнтовне значення діаметру вихідного кінця валу. Потім конструюють вал, використовуючи для цього емпіричні рекомендації [3, 9, 10] та беручи до уваги розміри спряжених з валом деталей – підшипників, ущільнень, півмуфт тощо.

Після орієнтовного вибору підшипників компонують редуктор, складають розрахункову схему і будують епюри згинаючих і крутячих моментів. Виходячи з третьої теорії міцності визначають номінальне напруження в небезпечному перерізі і оцінюють запас статичної міцності та витривалості [7, 8].

Завершують цей розділ перевірним розрахунком шпоночних з'єднань [5, 7, 8].

### **2.2.4. Розрахунок довговічності підшипників кочення**

Довговічність підшипників розраховують по динамічній вантажопідйомності. Методика розрахунку розглядається в довіднику [11].

При оцінці довговічності підшипників кочення доцільно мати на увазі, що заміна підшипника більш «легкої» серії на одну ступінь більш «важкої» збільшує його вантажопідйомність приблизно в 1,6 раза, а довговічність – у чотири.

### **2.2.5. Розробка складального креслення редуктора**

Використовуючи ескізу компоновку редуктора і підсумки перевірних розрахунків, виконують його складальне креслення, яке повинно відповідати вимогам, викладеним в підручнику [5].

На цьому етапі роботи деталям, що складають редуктор, надається форма, яку вони повинні мати в робочому стані, конструюються корпусні деталі – корпус та кришка.

Основні принципи та вказівки з питань конструювання корпусних деталей, форма і розміри їх конструктивних елементів наведені в посібниках [3-5, 9, 10]. У цих же роботах розміщені креслення зразків корпусних деталей різної конструкції.

На заключній стадії цього етапу роботи виконують робочі креслення тихохідного валу і зубчастого колеса.

### **2.2.6. Розрахунок і конструювання з'єднувальних муфт**

Параметри основних типів муфт регламентовані стандартами або нормальними заводів-виготовників і проектних організацій.

Експлуатаційною характеристикою муфт є номінальний обертальний момент  $T$  і діаметр валу  $d$ , на якій насаджується муфта.

Конкретний типорозмір муфти вибирається в залежності від умов експлуатації за відповідними таблицями [8, 12]. У курсовому проекті слід віддати перевагу пружним втулочно-пальцевим муфтам типу МПВП для тихохідних валів та муфтам з тороподібною оболонкою – для швидкохідних [7].

### Рекомендована література

1. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: Машиностроение, 1981. – 416 с.
2. Методичні вказівки з оформлення графічних та текстових документів для студентів всіх спеціальностей та форм навчання / С.Л. Панов та ін. – К.: КІЗТ, 2000. – 60 с.
3. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1984. – 558 с.
4. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Основа, 1991. – 276 с.
5. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Высш. шк., 1991. – 432 с.
6. Цехнович Л.И., Петриченко И.П. Атлас конструкций редукторов. – К., Вища школа, 1979. – 128 с.
7. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с.
8. Решетов Д.Н. Детали машин. Учебник для Втузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
9. Курсовое проектирование деталей машин / Под общ. ред. В.Н. Кудрявцева. – Л.: Машиностроение, 1983. – 400 с.
10. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высш. шк., 1978. – 352 с.
11. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 544 с.
12. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. – Л.: Политехника, 1991. – 384 с.

### Контрольні питання для самостійної роботи

1. В яких системах і для яких цілей на залізничному транспорті застосовують поршневі компресори?
2. Що називають механічним коефіцієнтом корисної дії, як він визначається, який фізичний зміст цієї величини?
3. Перерахуйте фактори, які враховують при виборі типу електродвигуна.
4. Для яких цілей застосовують в машинних агрегатах редуктори?
5. Як змінюються силові і кінематичні параметри механічного руху при застосуванні редуктора?
6. Поясніть фізичний зміст передаточного числа.

7. Перерахуйте визначальні критерії працездатності закритих зубчастих передач.
8. Який основний геометричний параметр визначає контактну витривалість зубчастої передачі?
9. Який геометричний параметр визначає витривалість зубчастої передачі при згині?
10. Що називають модулем зубчастого зачеплення?
11. Які фактори впливають на допусчне напруження при контактному навантаженні і яким чином воно пов'язане з габаритами передачі?
12. Що враховує коефіцієнт довговічності?
13. Чому для силових зубчастих передач рекомендують призначати модуль не менше 1,5-2 мм?
14. Поясніть, чому при збільшенні значення модуля збільшується витривалість зубців колеса при згині.
15. Як змінюється профіль зубців при нарізанні коліс з числом зубців менше 17? Як це впливає на експлуатаційні властивості зубчастої передачі?
16. Для яких цілей застосовують зміщення зуборізного інструменту при нарізанні зубчастих коліс?
17. Що називають ділильним діаметром?
18. Що враховує коефіцієнт перекриття?
19. Що таке кут зачеплення? Від чого залежить його значення?
20. Як називають лінію, по якій діє нормальне зусилля в зачепленні? Як ця лінія зорієнтована відносно бокового профілю зубця? Геометричним місцем яких точок є ця лінія?
21. Перелічіть головні критерії працездатності валів?
22. Що таке гіпотези міцності? В яких випадках інженерних розрахунків їх використовують?
23. Що називають втомою конструкційних матеріалів? Які її фрактографічні ознаки?
24. Яка механічна характеристика визначає витривалість матеріалів?
25. Яким вимогам повинні відповідати матеріали деталей, що працюють в умовах дії змінних напружень?
26. За допомогою яких конструктивно-технологічних заходів можна підвищити витривалість деталей?
27. Які фактори треба врахувати при виборі типу підшипника кочення?
28. Які фактори впливають на довговічність підшипників кочення?
29. Що називають динамічною вантажопідйомністю підшипника?
30. Як можна змінити запас довговічності підшипника, не змінюючи діаметру його внутрішнього кільця?
31. У чому полягає перевірочний розрахунок підшипників кочення?
32. За якими параметрами підбираються стандартні з'єднувальні муфти приводів?

### 3. Варіанти завдань для виконання курсового проекту

Спроектувати одноступінчастий циліндричний редуктор з горизонтальним роз'ємом і прямозубими колесами та підібрати з'єднувальну муфту для з'єднання тихохідного валу редуктора з компресором за наступними даними.

#### Дані, однакові для усіх варіантів завдання

Строк служби редуктора, $L$ , годин	10000
Механічний к.к.д. редуктора, $\eta_p$	0,96
Тип з'єднувальної муфти – пружна втулочно-пальцева	МПВП

#### Дані, які залежать від номера варіанта

До таких даних належать обертальний момент на тихохідному валу редуктора,  $T_2$  та частота обертів тихохідного вала редуктора,  $n_2$ .

Номер варіанта для призначення обертального моменту  $T_2$  виконавець обирає з табл. 1 за передостанньою цифрою шифру залікової книжки, а частоти обертання вихідного валу редуктора  $n_2$  з табл. 2 – за останньою.

Таблиця 1 – Значення обертального моменту  $T_2$  на тихохідному валу редуктора

Варіант значень (відповідає передостанній цифрі шифру залікової книжки)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення $T_2, H \cdot i$	55	80	90	50	75	95	55	70	90	65

Таблиця 2 – Значення частоти обертання  $n_2$  тихохідного вала редуктора

Варіант значень (відповідає останній цифрі шифру залікової книжки)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення $n_2, \text{об/хв}$	340	350	360	370	380	390	400	400	390	380

## ДОДАТОК

### Опис конструкції циліндричного одноступінчастого редуктора

Для зручності перед ознайомленням з конструкцією редуктора розгорніть с. 15 з його складальним кресленням.

Редуктор є складовою частиною приводу загального призначення і призначається для зменшення частоти обертання ротора двигуна та підвищення обертального моменту.

Редуктор (рис. 5) складається зі швидкісного (вхідного, ведучого) вала 2, виконаного за одне ціле зі шестірнею, тихохідного вала 3, на якому на посадці з натягом встановлено зубчасте колесо. Вали на підшипниках кочення розміщені в картері редуктора, який утворюють корпус 8 та кришка 13. Корпус 8 та кришка 13 з'єднані болтами 14, 17 і гайками 15, 18. Стопоріння різьбових з'єднань здійснено пружними розрізними шайбами 16, 19. Для запобігання відносного зміщення корпусних деталей застосовані два конічних штифта 24, розташованих на якомога більшій відстані один від одного.

Площина роз'єму редуктора (стик корпусу 8 і кришки 13) виконана по горизонтальних осях симетрії підшипників, що дозволяє вільно складати редуктор. Для забезпечення щільності стику площина роз'єму вкрита пастою «Герметик». Для полегшення знімання кришки 13 при розбиранні редуктора на фланці корпусу іноді встановлюють на різьбі два отжимних болти (в даному варіанті конструкції не передбачені).

Отвори (гнізда) під підшипники закриваються закладними (врізними) кришками 6, 8, 10, 12. Для запобігання витіку мастила між кришками 6 і 12 та валами 2 і 3 встановлені стандартні манжетні ущільнення 23 і 22. Для підвищення технологічності кришок 6 і 12 між ними і зовнішніми торцями відповідних підшипників розміщені розпірні кільця 4, 7, 9, 11. Підшліфовкою торців кілець регулюються також осьові зазори при складанні редуктора.

У верхній частині кришки 13 виконаний отвір для огляду зачеплення та заливання в редуктор рідкого мастила. Отвір закритий кришкою 1 з душником для вентиляції картеру під час роботи редуктора. Кришка 1 кріпиться гвинтами 20 з пружними шайбами 21 для стопоріння. Герметизація з'єднання забезпечується прокладкою, яка підкладається під кришку 1.

Для кріплення редуктора на рамі у нижньому фланці корпусу 8 виконані чотири отвори (в даній конструкції діаметром 14 мм).

Для транспортування кришки 13 призначені провувшини на кришці, а для переміщення корпусу 8 і редуктора в цілому – гачки на корпусі.

З метою підвищення надійності роботи з'єднань деталей з натягом між відповідними деталями з отворами і валами застосовані призматичні шпонки.

## Особливості конструкцій корпусних деталей

1. У місцях розташування підшипникових вузлів у корпусі 8 і кришці 13 виконані проливи (бобишки) – місцеве збільшення товщини стінок відливок.
2. З метою збільшення жорсткості корпусних деталей в місцях розташування підшипникових вузлів (місця передачі зусиль) передбачені ребра жорсткості.

На складальному кресленні редуктора над кутовим штампом виконавець проекту повинен розмістити технічну характеристику і технічні вимоги до конструкції редуктора у такій формі (значення величин в технічній характеристиці є довільними і наведені як приклад).

### Технічна характеристика

1. Обертальний момент на тихохідному валу	67,50 Н/м
2. Передаточне число	3,55
3. Частота обертання вихідного вала	1435 об/хв
4. Допустиме радіальне навантаження на вали	
швидкохідний	450 Н
тихохідний	1030 Н
5. Коефіцієнт корисної дії	0,95

Після технічної характеристики, відступивши на 20-30 мм без заголовка треба розмістити такі технічні вимоги:

1. Перед складанням корпусні деталі фарбувати: внутрішню порожнину – червоною маслостійкою фарбою; зовнішні поверхні – молотковою емаллю сірого кольору.
2. При складанні: а) перевірити сумарну площу контакту по висоті зуба – 40%, по ширині – 50%; б) забезпечити осьовий зазор між упорними торцями підшипників і кришок в межах 0,2-0,5 мм; в) площину роз'ємну покрити шелаком.
3. Змащення підшипників і зачеплення – централізоване циркуляційне. Мастоило рідке сорту И-Е-С-46 по ГОСТ 17470-87.

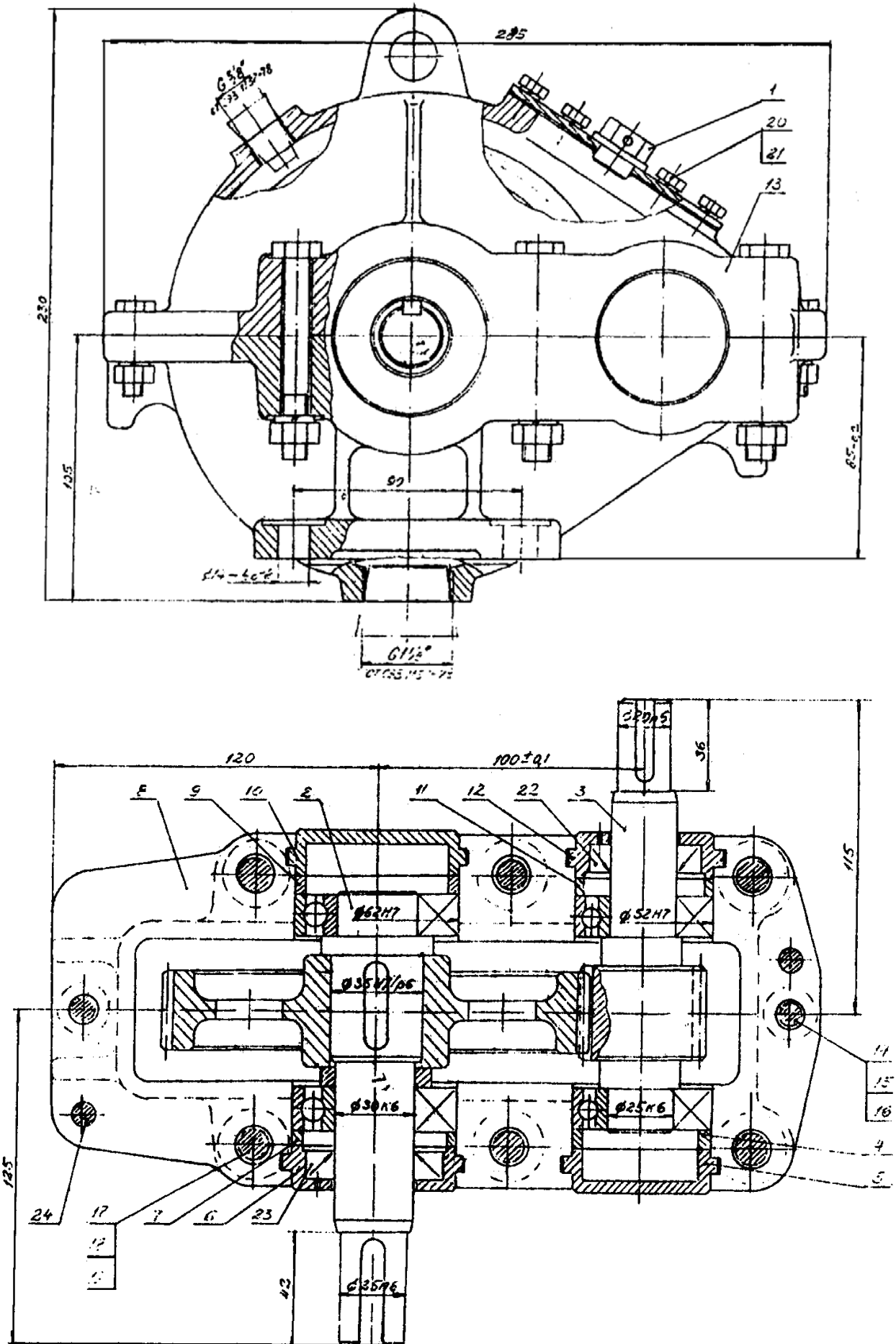


Рис. 5. Редуктор циліндричний одноступінчастий прямозубий

*Навчально-методичне видання*

**Олександр Володимирович Агарков**  
**Дмитро Володимирович Польовий**

## **ПРОЕКТУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА**

Методичні вказівки і варіанти завдань  
до курсового проекту з «Прикладної механіки»  
для студентів спеціальності «Електричний транспорт»  
денної та заочної форм навчання

Відповідальний за випуск **О. В. Агарков**

Директор РВЦ ДЕТУТ **Л. В. Пономаренко**  
Головний редактор **О. В. Ємець**  
Верстка **В. О. Андрієнка**

---

Підписано до друку 28.04.2011 р. Формат паперу 60×84/16, папір офс., спосіб друку – ризографія. Замовлення № 40-2/11, тираж 40 прим.

---

Надруковано в редакційно-видавничому центрі  
Державного економіко-технологічного університету транспорту  
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК № 3079 від 27.12.2007 р.  
03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19.