

Лекція Тема: Карданна передача.

Мета :

1. Пригадати призначення, вимоги, класифікацію та основні елементи конструкції карданної передачі.
2. Вивчити робочі процеси та основи розрахунку елементів конструкції карданної передачі.
3. Проаналізувати конструкції карданних передач та зробити висновки.
4. Ознайомитися з перспективами розвитку конструкцій карданних передач.

Час - 1 година.

Навчально – методичне забезпечення: Мультимедійний проектор, екран, ноутбук, зразки рекомендованої літератури.

Питання, що розглядаються:

1. Призначення 3

2. Вимоги : 3

3. Класифікація : 3

4. Конструкція 3

5. Робочі процеси та основи розрахунку 9

- Перелік робочих процесів карданної передачі . 9

- Елементи карданної передачі та параметри розрахунку . 9

6. Аналіз конструкції карданних передач . 15

2. Вимоги: 3

3. Класифікація: 3

5. Робочі процеси та основи розрахунку 9

Перелік робочих процесів карданної передачі 9

Елементи карданної передачі та параметри розрахунку 9

6. Аналіз конструкції карданних передач 15

7. Порівняльний аналіз конструкції карданної передачі 16

8. Перспективи розвитку 18

Список рекомендованої та використаної літератури :

1. Автомобілі . Навчальний посібник. М.Ю. Основенко., В.П. Сахно. 1992р.
 2. Автомобілі . Основи конструкції, теорія. Навчальний посібник.
- В.І. Сирота, В.П. Сахно. 2007 р.
3. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник. В.І.Сирота.
 4. Автомобиль. Анализ конструкции, элементы расчета. Учебник.
- В.В. Осепчугов, А.К.Фрумкин.
5. Автомобиль. Основы конструкции. Учебник. Н.Н.Вишняков и другие.
 6. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: Навч. посібник. Сахно В.П., Безбородова Г.Б., Маяк М.М., Шарай С.М– К.: В-во “КВІЦ”, 2004. – 174 с.
 7. Краткий автомобильный справочник. – М.: Транспорт, 1985. – 220 с.

Тема: Карданна передача.

1. **Призначена** для передачі крутного моменту між валами осі яких не лежать в одній площині і постійно змінюють своє положення. Передача крутного моменту, в залежності від конструкції, може здійснюватись від коробки передач (роздавальної коробки) до головної передачі, від зчеплення до коробки передач, від диференціалу до коліс (приводні вали), тощо.

2. Вимоги:

- надійність передачі крутного моменту та довговічність роботи.
- мала металоємність, дешевизна та технологічність виготовлення.
- простота технічного обслуговування.
- високий коефіцієнт корисної дії.

Специфічні вимоги:

- високий коефіцієнт корисної дії навіть при значних кутах між осями валів.
- забезпечення синхронності обертання валів , які вона з'єднує .
- відсутність поперечних вібрацій, биття валів та резонансних явищ у усьому діапазоні можливих частот обертання.

- конструювання передачі з елементами, які зменшують вплив зовнішніх факторів (вода, пил, перешкоди, тощо) на довговічність та надійність роботи.

3. Класифікація:

- за кількістю шарнірних з'єднань (одинарна, подвійна, потрійна).
- за конструкцією шарнірів – повні (з асинхронними шарнірами, з шарнірами рівних кутових швидкостей, комбіновані – універсальні або прості), або напівкарданні (жорсткі, пружні).
- за компоновкою – закриті з захисним кожухом з одним шарніром, або відкриті.

4. Конструкція: карданні вали, карданні шарніри, проміжні опори, з'єднувальні елементи.

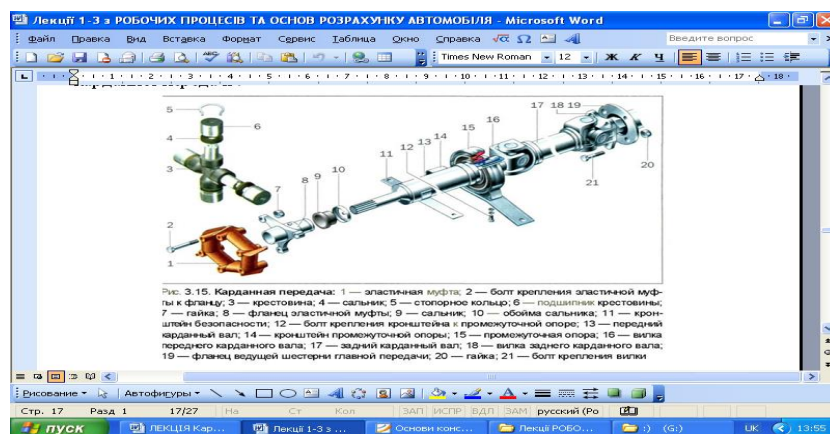


Рис 1. Кардана передача. 1- пружна муфта, 2,12,21- болти, 3- хрестовина,

4,9 - сальники, 5 - стопорне кільце, 6 - підшипник хрестовини, 7,20- гайки,

8,19 - фланці пружної муфти та ведучої шестерні головної передачі, 10- обойма сальника, 11,14 - кронштейни безпеки та проміжної опори, 13,17 - передній та задній карданні вали, 15 - проміжна опора, 16,18 - вилки переднього та заднього карданного валів.

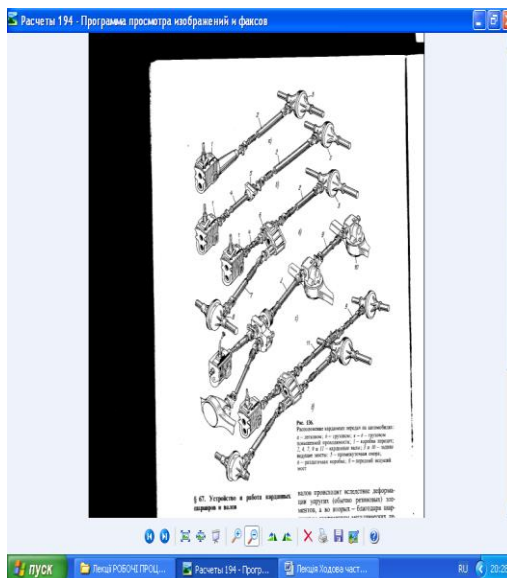


Рис 2. Схеми карданних передач.

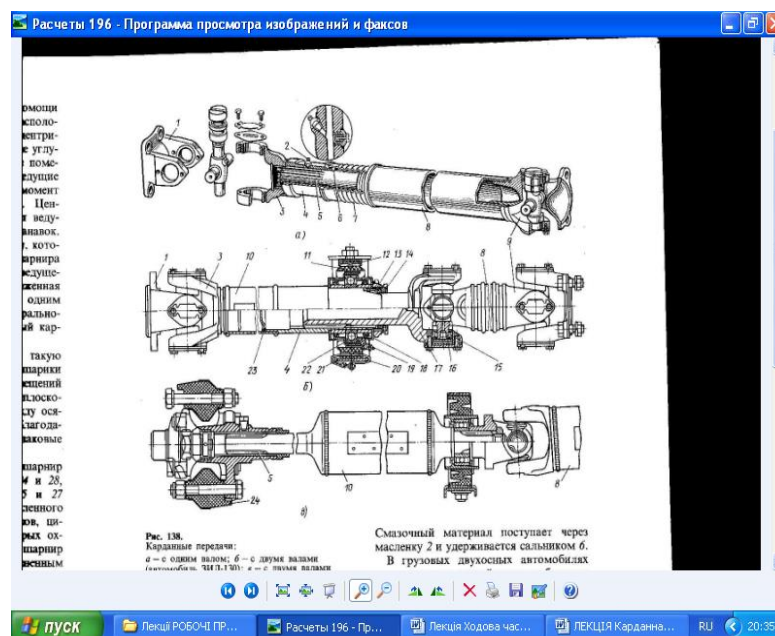


Рис 3. Карданні передачі. а) 3 одним валом. б) 3 двома валами.
в) 3 двома валами та пружним елементом.

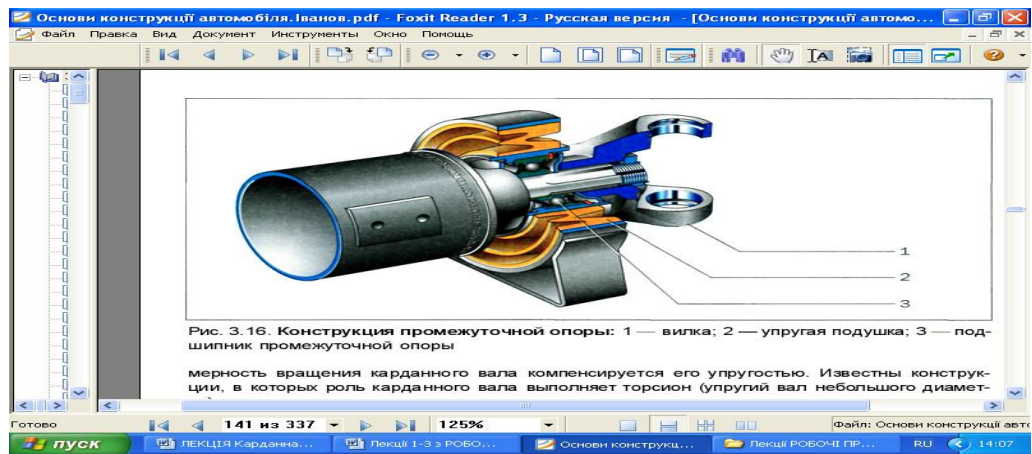


Рис 4. Конструкція проміжної опори. 1- вилка, 2- пружна подушка, 3- підшипник проміжної опори.

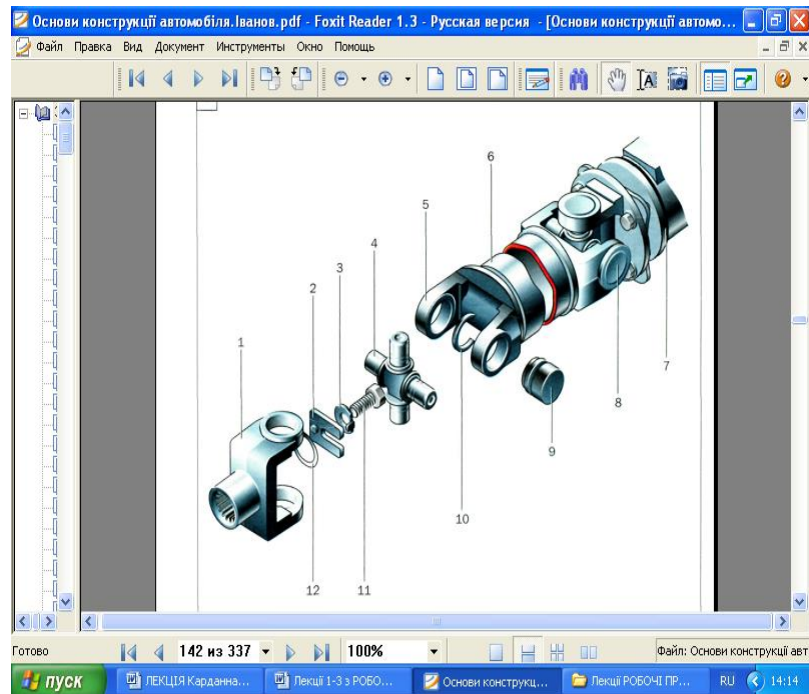


Рис 5. Деталі карданної передачі.

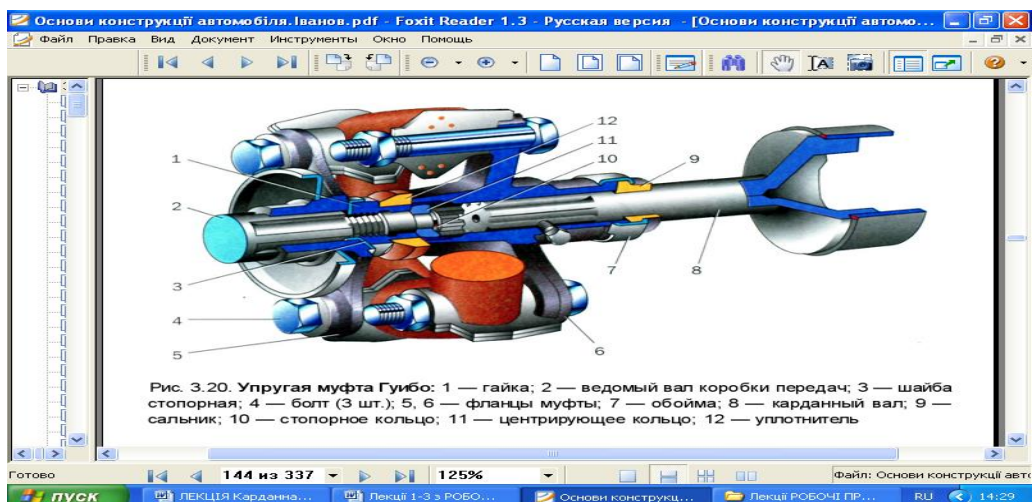


Рис 6. Напівкарданні шарніри (Пружна муфта Гуїбо).

1-гайка, 2 - ведений вал коробки передач, 3 - шайба, 4 - болт, 5,6 - фланці муфти, 7 - обойма, 8 - карданний вал, 9 - сальник, 10,11- стопорне та центровочне кільця, 12 – ущільнювач.

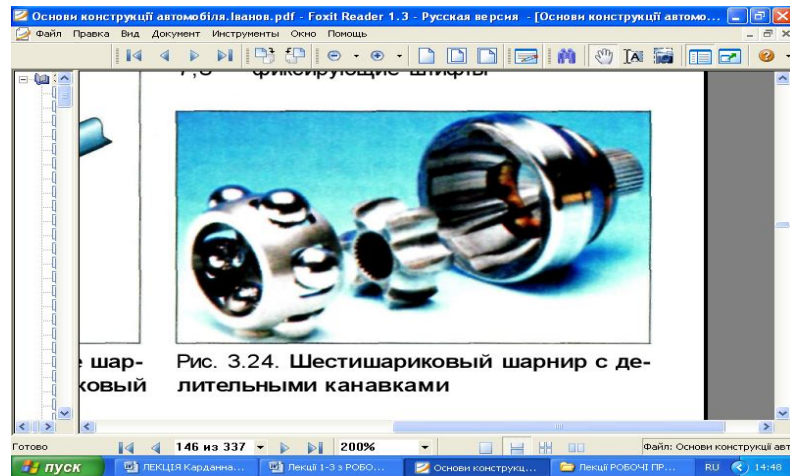


Рис 7. Шестикульовий шарнір з подільними канавками.

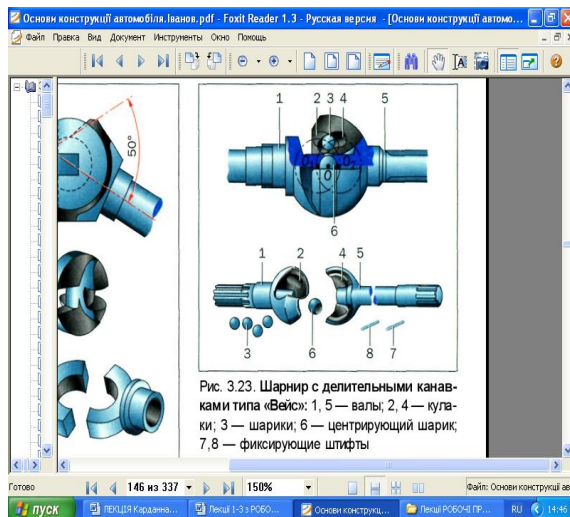


Рис 8. Шарнір рівних кутових швидкостей «Вейс»

з подільними канавками. 1,5- вали, 2,4- кулаки,

3- кулі, 6- центруючи куля, 7,8- фіксуючі штифти.

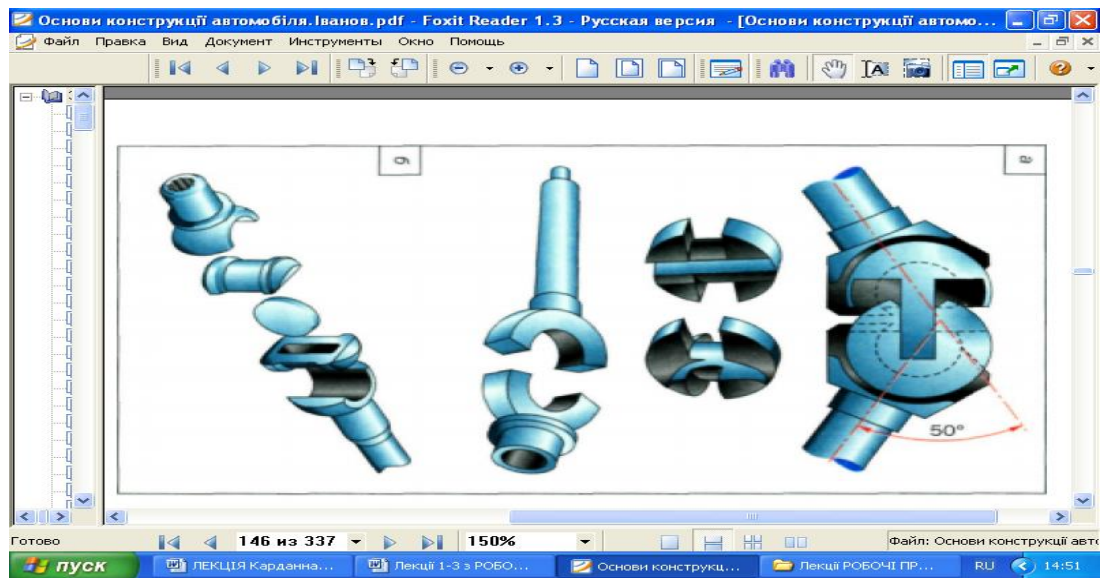


Рис 9. Кулачкові карданні шарніри. а) шарнір “Тракта” б) дисковий.

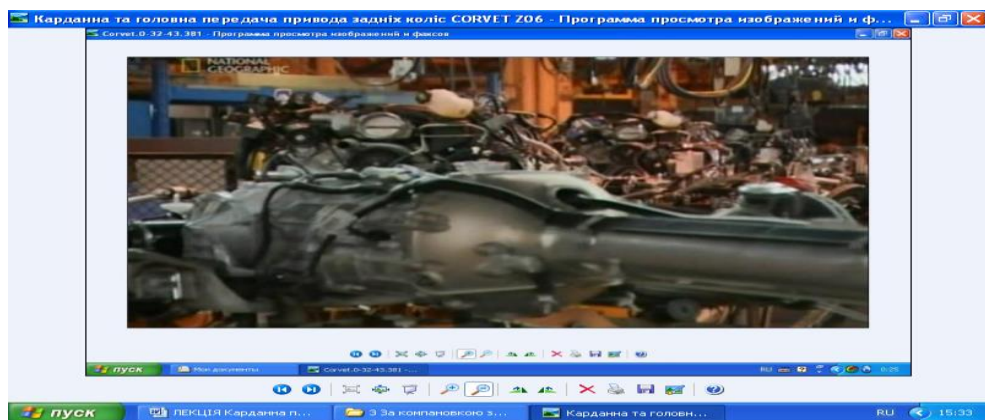


Рис 10. Закрита карданна передача Шевроле Corvet з одним шарніром.



Рис 11. Закрита карданна передача Ферарі з одним шарніром.

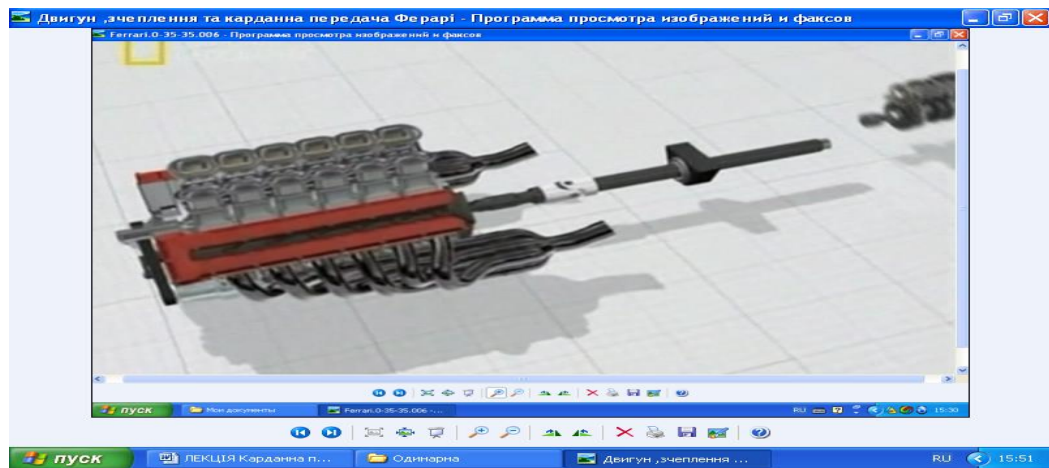


Рис 12. Одинарна карданна передача Ферарі (передача крутного моменту від зчеплення до коробки передач).

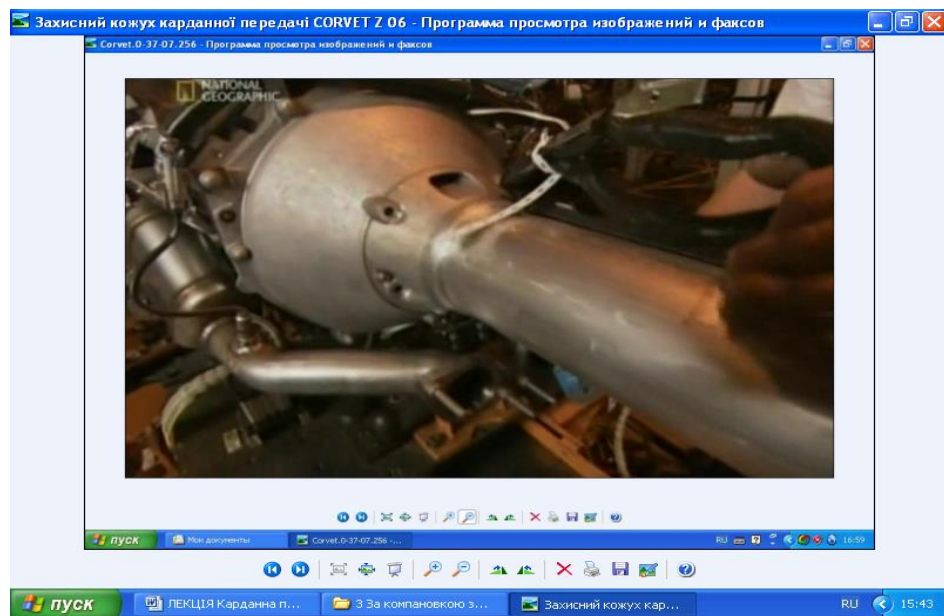


Рис 13. Захисний кожух карданної передачі Corvet.

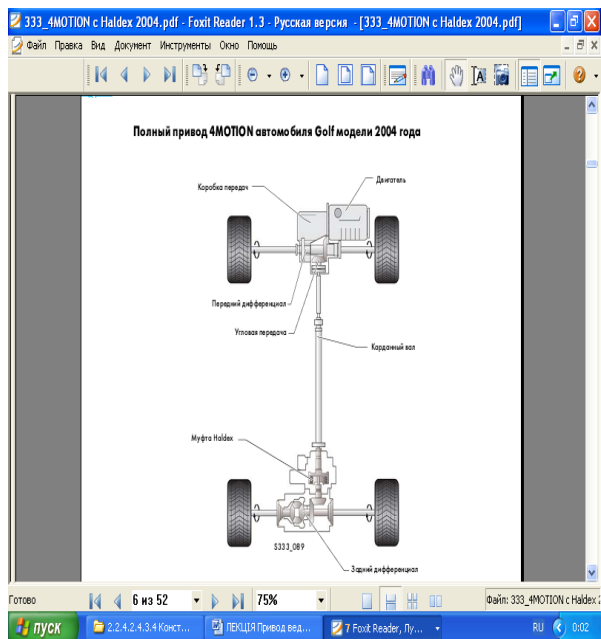


Рис 14. Карданна передача повноприводного 4MOTION Golf.

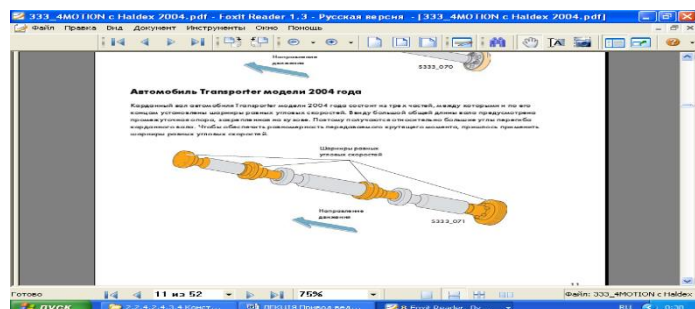


Рис 15. Шарніри рівних кутових швидкостей
автомобіля VW Transporter.

5. Робочі процеси та основи розрахунку Перелік робочих процесів карданної передачі

№ пп	Найменування процесів	Позитивні (+), негативні (-) наслідки	Заходи по усуненню
1	Передача крутного моменту між осями, що розташовані в різних площинах.	(-) Нерівномірність частот обертання валів в асинхронних карданних передачах.	Застосування шарнірів рівних кутових швидкостей.
2	Осьове переміщення валів	(-) Знос шліцевих з'єднань.	
3	Поперечні вібрації, биття та резонансні явища.	(-)	Балансування валів.
4	Тертя робочих поверхонь при передачі зусиль.	Знос поверхонь підшипників, кульок.	

Елементи карданної передачі та параметри розрахунку

№ пп	Елементи карданної передачі	Параметри (види) розрахунку та визначення	Примітка
1	Карданний вал.	Міцності, кути відхилення валів, критичну кутову швидкість обертання, величини відцентрової сили (прогину) яка повинна врівноважуватися силою пружності вала.	
2	Вилка.	Міцності на згинання та кручення.	
3	Хрестовина	Міцності на розрив в небезпечній площині. Міцності на згинання та зріз шипів хрестовини.	
4	Шліцьове з'єднання.	Міцності шліців на зріз та зминання.	
5	Підшипники	Підбирають.	

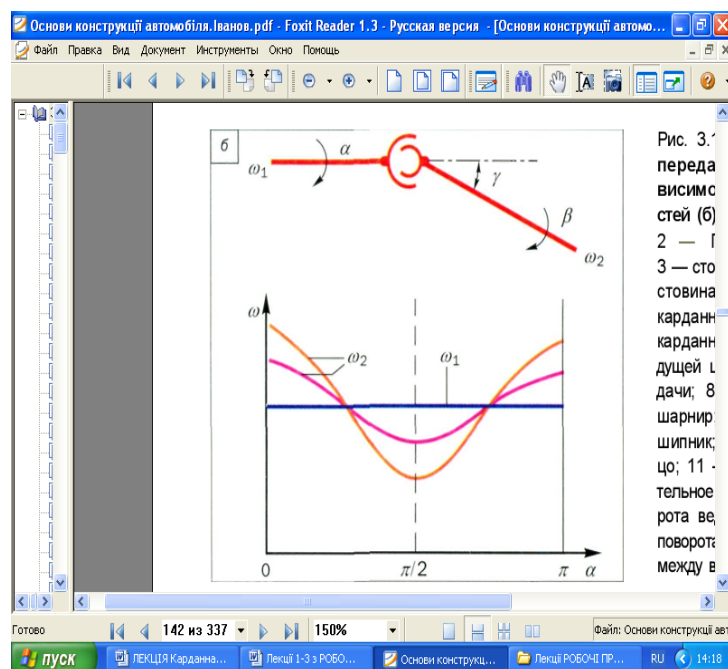


Рис 16. Графік залежності кутових швидкостей.

За кінематичною характеристикою карданні шарніри поділяються на асинхронні та синхронні, а за конструкцією на повні та напівкарданні шарніри.

З теорії механізмів і машин відомо, що для асинхронного карданного шарніра існує рівність

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2 \cos \gamma, \quad (1), \text{ де}$$

α^1, α^2 -кути повороту ведучого та веденого валів,

γ – кут між осями валів , що з'єднуються .

Продиференціюємо рівняння 1, прийнявши $\gamma = \cos t$ і отримаємо

$$\frac{d}{dt} \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d}{dt} \operatorname{tg} \alpha_2 \cos \gamma, \text{ або}$$
$$\frac{1}{\cos^2 \alpha_1} \frac{d\alpha_1}{dt} = \frac{1}{\cos^2 \alpha_2} \frac{d\alpha_2}{dt} \cos \gamma, \quad (2)$$

Оскільки $\frac{d\alpha_1}{dt} = \omega_1, \frac{d\alpha_2}{dt} = \omega_2$, отримаємо

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha_1} \omega_1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha_2} \omega_2 \cos \gamma, \quad \text{звідки}$$

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\cos^2 \alpha_2}{\cos^2 \alpha_1 \cos \gamma}, \quad (3)$$

Замінімо α^2 на α^1 враховуючи, що $\cos^2 \alpha_2 = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2}$, (4)

$$\text{Но } \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \gamma}. \quad (5)$$

Підставивши (5) у (4) отримаємо

$$\cos^2 \alpha_2 = \frac{\cos^2 \gamma}{\cos^2 \gamma + \operatorname{tg}^2 \alpha_1}. \quad (6)$$

Після підставлення (6) у (3) отримаємо

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\cos \gamma}{\sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1 \cos^2 \gamma}, \quad (7)$$

З цієї рівності видно, що при рівномірному обертанні ведучого вала, ведений вал обертається нерівномірно. При цьому нерівномірність збільшується із зростанням кута γ .

Розглянемо кінематичні залежності в карданній передачі , яка має два асинхронні карданні шарніри.

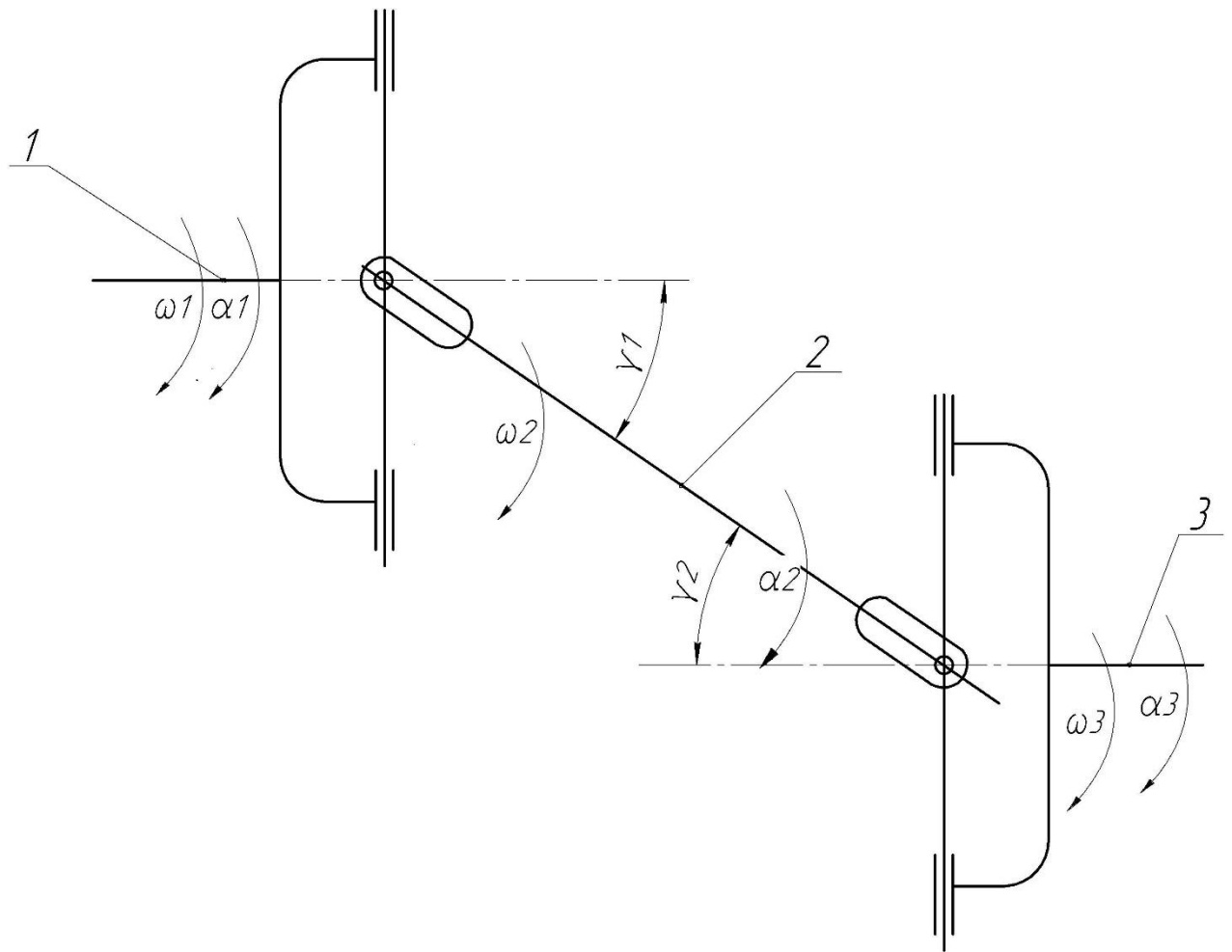


Рис 17. Схема карданної передачі з двома асинхронними шарнірами.

Для вала 1 рівняння (1) має вигляд $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2 \cos \gamma_1$,

$$\text{Звідки} \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \gamma_1}. \quad (8)$$

Звідки цей самий вираз для вала 3 можна записати $\operatorname{tg} \alpha_3 = \operatorname{tg} \alpha_2 \cos \gamma_2$,

$$\text{Звідки} \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_3}{\cos \gamma_2}. \quad (9)$$

Порівнявши праві частини рівнянь (8) та (9), одержимо

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \gamma_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_3}{\cos \gamma_2}.$$

Звідки умову рівності кутів повороту (частот обертання) веденого та ведучого валів можна записати у вигляді

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_3}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\cos \gamma_2}{\cos \gamma_1}. \quad (10)$$

З рівняння (10) витікає, що в карданній передачі з двома асинхронними карданними шарнірами умова $\alpha^1 = \alpha^2$ буде забезпечена при $|\gamma^2| = |\gamma^1|$.

Крім того, для синхронного обертання валів 1 і 3 необхідно, щоб вилки карданних валів, прикріплені до проміжного вала 2, знаходились в одній площині, а вали 1, 2, 3 теж лежали в одній площині.

У багато шарнірній передачі з асинхронними карданними шарнірами умовою синхронного обертання веденого та ведучого валів, крім того, є парна кількість шарнірів.

Рівність частот обертання валів, що з'єднуються, забезпечують синхронні карданні шарніри.

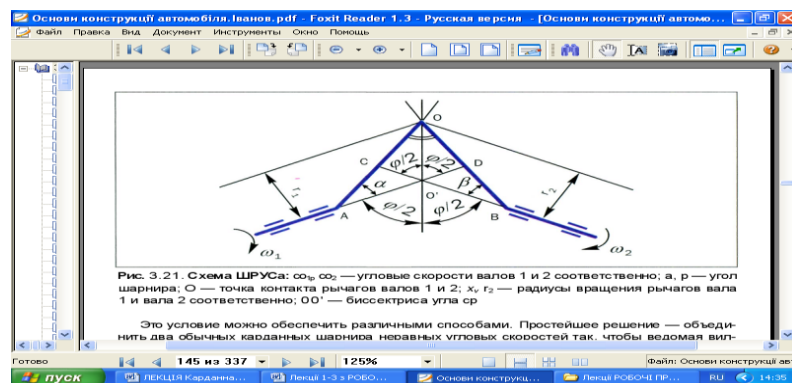


Рис 18. Схема шарніра рівних кутових швидкостей.

де ω_1 , ω_2 - кутові швидкості валів 1,2, O - точка контакту важелів вала,

r_1 , r_2 - радіуси обертання важелів вала 1,2, O' - бісектриса кута.

Лінійна швидкість точки O може бути визначена з виразів $V_0 = \omega_1 r_1$ та

$V_0 = \omega_2 r_2$ з яких витікає рівність. $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$. (11) З цього рисунка видно, що $r_1 = AO \cdot \sin \alpha$, $r_2 = BO \cdot \sin \beta$, Підставивши значення r^1 , r^2 , отримаємо

$$\omega_1 AO \cdot \sin \alpha = \omega_2 BO \sin \beta. \quad (12)$$

Частоти обертання валів ω^1 і ω^2 будуть однакові при $AO = BO$ та

$\alpha = \beta$, тобто, коли точка O незалежно від кута між валами, що з'єднані синхронними карданними шарнірами, знаходитиметься в бісекторній площині.

В карданних передачах внаслідок нерівноваженості карданного вала при його обертанні виникає відцентрова сила, яка згинає вал.

$$F_{в.ц.} = m(e + f)\omega^2,$$

m - маса вала

f – прогин вала під дією відцентрової сили.

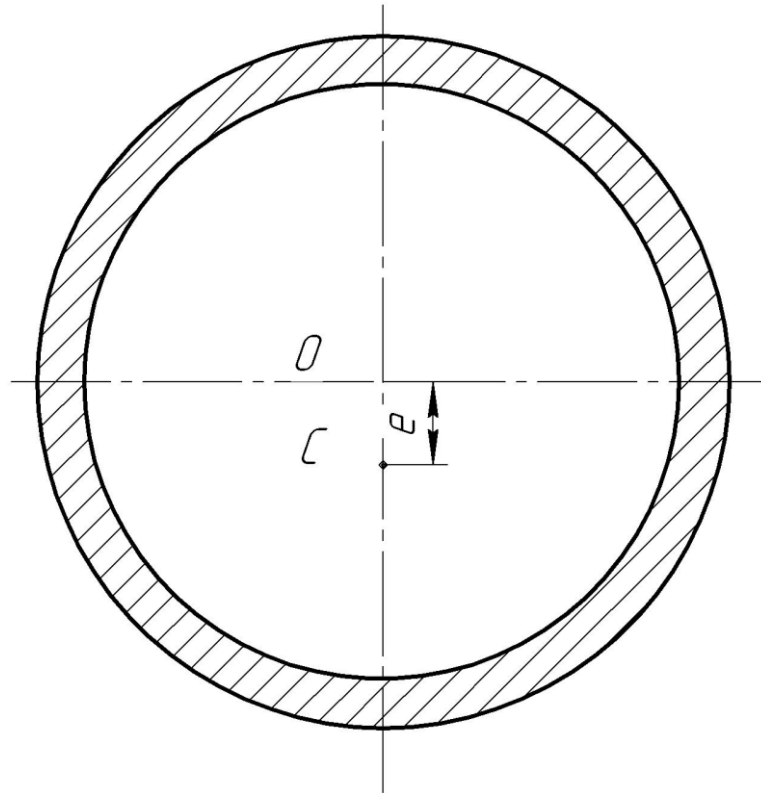


Рис 19. Схема розташування центру мас C карданного вала та геометричного центру O поперечного перерізу.

Відцентрова сила врівноважується силою пружності вала. $F_{np} = c \cdot f$. де

C – жорсткість вала при згинанні.

Для валів, котрі займають горизонтальне або близьке до нього положення

$C = \frac{G}{f_{cm}}$; де G – сила тяжіння вала. f_{cm} – статичний прогин вала.

Таким чином, цілісність вала буде зберігатися до того часу, поки виконуватиметься умова $F_{вц} = F_{np}$ тобто

$$m(e + f)\omega^2 = c \cdot f. \quad (13)$$

з чого витікає

$$f = \frac{me\omega^2}{c - m\omega^2}.$$

Вал зламається внаслідок дії відцентрової сили при $f \rightarrow \infty$ тобто за умови

$$c - m\omega^2 = 0.$$

Таким чином, критична частота обертання вала c^{-1} .

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{G}{f_{CT} m}} = \sqrt{\frac{mq}{f_{CT} m}} = \sqrt{\frac{q}{f_{CT}}}.$$

На міцність в карданній передачі розраховують карданний вал, вилку та хрестовину карданного шарніра, а також шліцеве з'єднання.

Голчаті підшипники карданного шарніру та підшипники проміжної опори підбирають за тією самою методикою, що й підшипники коробки передач.

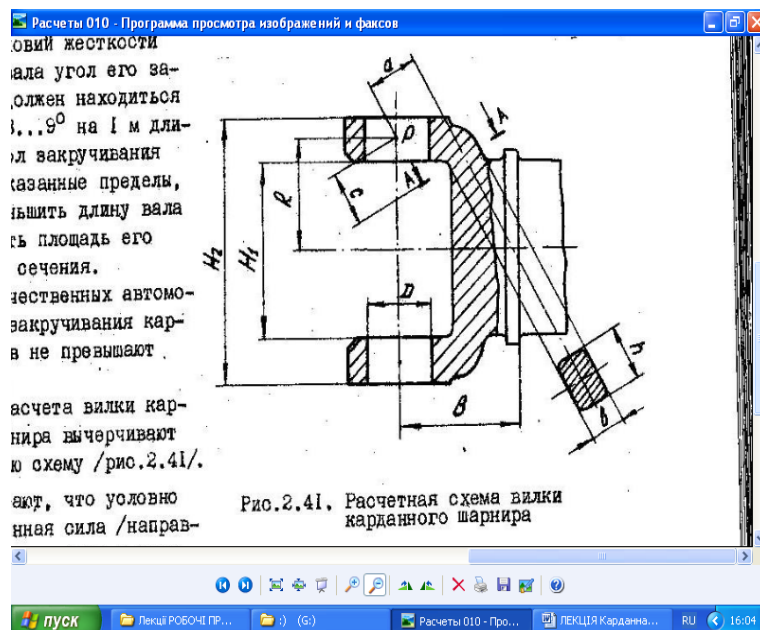


Рис 20. Розрахункова схема вилки карданного шарніра.

Сила F , що направлена перпендикулярно до площині рисунку і діє в середині шипа на відстані R від осі карданного шарніра

$$F = \frac{T_{розр.}}{R \cos \gamma}, \quad \text{де } T_{розр.} = T_{к.тах} u_{к.1}$$

Де $u_{к.1}$ - передаточне число першої передачі.

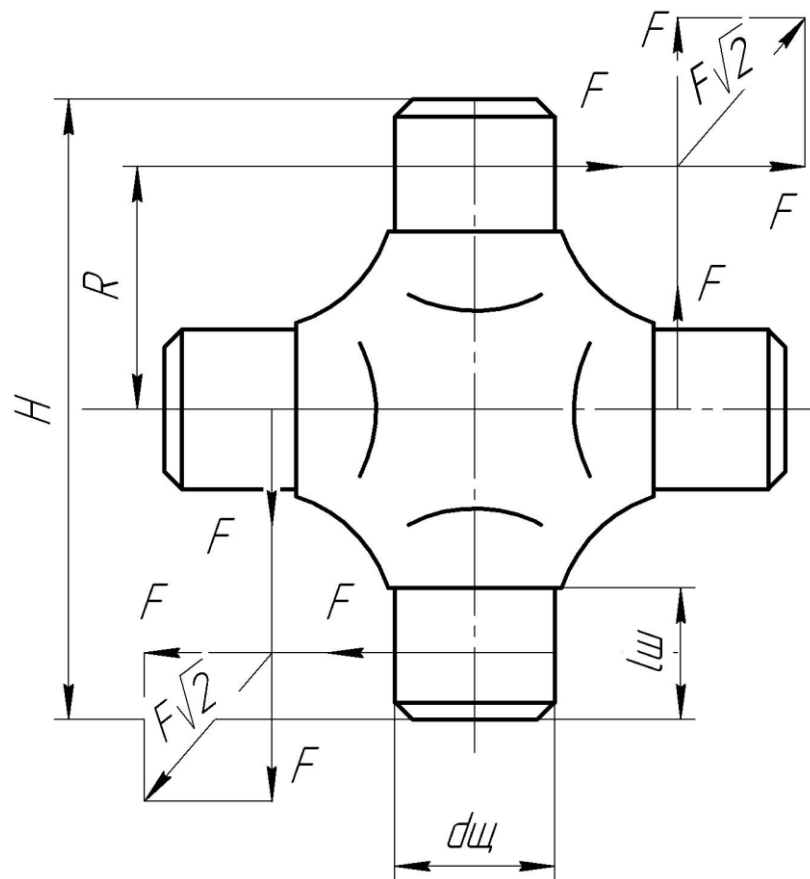


Рис 21. Розрахункова схема хрестовини карданного шарніра.

Тіло хрестовини розраховують на розрив в небезпечному розрізі Б-Б.

Напруга розриву $\sigma_{розр} = \frac{F\sqrt{2}}{A}$, де **A** – площа небезпечного січення.

6. Аналіз конструкції карданних передач

Мета аналізу конструкції карданних передач є визначення найбільш оптимального варіанта конструкції карданної передачі, яка забезпечує передачу крутного моменту між валами, які не лежать в одній площині і постійно змінюють своє положення.

При аналізі конструкції карданної передачі враховуються конструктивні параметри автомобіля, вимоги до карданної передачі, які перераховані раніше

(Пункт “Вимоги до карданної передачі”) та результати розрахунку.

Карданні передачі з шарнірами рівних кутових швидкостей отримали широке застосування у зв'язку з випуском в останні роки великої кількості передньоприводних та повноприводних автомобілів. Як правило в автомобілях класу М1, N1 в більшості карданних передач застосовуються кульові шарніри рівних кутових швидкостей, а в автомобілях великої вантажопід'ємності кулачкові

(дискові) шарніри, які забезпечують передачу великих крутних моментів при кутах між валами до 50 градусів.

Шарніри нерівних кутових швидкостей та пружні напівкарданні шарніри, які прості конструктивно, мають меншу собівартість та великий амортизаційний ресурс, як правило використовуються при передачі крутного моменту від коробки передач до головної передачі.

. До позитивної сторони карданних передач відноситься:

1. Відносна простота конструкції та великий коефіцієнт корисної дії, при передачі крутного моменту на невелику відстань та під малим кутом передачі.
 2. Можливість передачі крутного моменту від коробки передач до головної передачі або коліс при значній відстані між ними.
 3. Значний амортизаційний ресурс, при передачі крутного моменту на невелику відстань та під малим кутом. Значно зменшується амортизацій-ний ресурс при передачі крутного моменту з використанням шарнірів рівних кутових швидкостей. (До 50-70 тисяч кілометрів).
 4. Надійність балансування.
 5. Невелика кількість відказів в роботі протягом амортизаційного ресурсу для карданних передач з шарнірами нерівних кутових швидкостей.
 6. Задовільна ремонтпридатність шарнірів нерівних кутових швидкостей.
7. Простота та дешевизна обслуговування.

До негативної сторони карданних передач необхідно віднести:

1. Великі контактні напруження та малий амортизаційний ресурс карданної передачі з шарнірами рівних кутових швидкостей.
2. Швидкий вихід з ладу при передачі великого крутного моменту під великим кутом (40 і більше градусів) .
3. При наїзду на перешкоду втрачається балансування валів.
4. Складність та велика собівартість виготовлення .
5. Складність ремонту шарнірів рівних кутових швидкостей.
6. Зниження коефіцієнта корисної дії, при передачі крутного моменту під значними кутами.

7. Порівняльний аналіз конструкції карданної передачі

Марка автомобіля_____ Рік випуску_____Аналізуємий діапазон пробігу_____

№пп	Складові аналізу конструкції карданних передач	Вимоги стан- дартів.Кращі досягнення аналогів	Мак- сима- льні бали	Бали зраз- ку
	I. Загальний аналіз.			
1	Максимальний передаваний крутний момент.		2	
2	Максимальні оберти карданного вала.		2	

3	Кількість відказів на 1000 автомобілів (10, 100 тисяч кілометрів).	0	3	
4	Пробіг до капітального ремонту.	500 тис. км	3	
5	Технологічність виготовлення.		2	
6	Металоемність конструкції.		2	
7	Питома собівартість виготовлення (в грн. на кВт потужності, що передається).		2	
8	Собівартість ТОН ₁ + ТОН ₂ .		2	
9	Питома собівартість ремонту (грн.. на 1 кВт).		1	
10	Коефіцієнт корисної дії.		2	
11	Простота конструкції.		2	
	II. Аналіз рівня ефективності робочих процесів.			
1	Наявність в конструкції елементів, які зменшують тиск на робочі поверхні при передачі крутного моменту.		2	
2	Наявність елементів конструкції, які забезпечують синхронність обертання валів агрегатів, які з'єднуються.		2	
3	Наявність елементів конструкції, які виключають поперечні вібрації, биття валів та резонансні явища у усьому діапазоні частот обертання .	Виключаються	3	
4	Наявність в конструкції елементів, які зменшують вплив зовнішніх факторів (вода, пил, перешкоди, тощо) на надійність та довговічність роботи.		2	
5	Наявність елементів конструкції або заходів, які виключають, або знижу-ють рівень шуму.		1	
6	Наявність в конструкції елементів контролю за робочими процесами.		1	
7	Кут закручування карданної передачі при передачі максимального крутного моменту.		1	
8	Наявність робочих процесів, які нега-тивно впливають на довговічність та надійність роботи та їх кількість (Додаткові навантаження, обумовлені впливом зовнішніх факторів, тощо).		1	
	Разом.		36	

Примітка. Разом: позитивних робочих процесів-_____одиниць, негативних робочих процесів _____одиниць.

Там де не вказані вимоги стандартів або кращі середньо статичні значення, порівняння здійснюється з кращим існуючим аналогом карданної передачі. При проведенні порівняльного аналізу, проводиться описування позитивних та негативних сторін складових загального аналізу та складових аналізу рівня ефективності робочих процесів.

8. Перспективи розвитку

В зв'язку з подальшим розвитком легкових автомобілів з приводом на передні колеса, дещо збільшиться кількість карданних передач з використанням шарнірів рівних кутових швидкостей. Проводяться дослідницькі роботи по застосуванню в легкових автомобілях малого класу безшарнірних карданних передач (гнучких тонких валів).