

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «АВТОМОБИЛИ»

**КАРДАННЫЕ ПЕРЕДАЧИ. ШАРНИРЫ
РАВНЫХ И НЕРАВНЫХ УГЛОВЫХ
СКОРОСТЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной формы обучения
специальности 190201

КУРГАН 2005

Кафедра «Автомобили»

Дисциплина «Конструкция автомобиля и трактора»

Специальность «Автомобилестроение»

Составили канд. техн. наук, доц. Петров А.П.

Утверждены на заседании кафедры 4 марта 2005 г.

Рекомендованы методическим советом университета

“ ____ “ _____ 2005 г.

Цель работы. Ознакомиться с конструкцией карданных передач и шарниров неравных и равных угловых скоростей, изучить принципы работы карданных передач, проанализировать достоинства и недостатки конструкций шарниров равных угловых скоростей и их использование.

Оборудование. Узлы и детали карданных передач, макеты, плакаты и схемы.

1. КАРДАННАЯ ПЕРЕДАЧА. ШАРНИР НЕРАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

Назначение, требования и классификация (рис. 1). Карданные передачи применяются в трансмиссиях автомобилей для передачи крутящего момента между механизмами, валы которых не соосны или расположены под углом, причем взаимное положение их может меняться в процессе движения.

Карданная передача состоит из карданных шарниров, валов и промежуточных опор. Условия работы карданных передач определяются в первую очередь углами наклона их валов; чем больше углы, тем условия эксплуатации карданной передачи тяжелее. Карданные передачи применяют также для привода вспомогательных механизмов, например, лебедки. В ряде случаев связь рулевого колеса с рулевым механизмом осуществляется при помощи карданной передачи.

К карданным передачам предъявляют следующие требования:

- передача крутящего момента без создания дополнительных нагрузок в трансмиссии (изгибающих, скручивающих, вибрационных, осевых);

- возможность передачи крутящего момента с обеспечением равенства угловых скоростей ведущего и ведомого валов независимо от угла между соединяемыми валами;

- высокий КПД;

- бесшумность;

- общие требования.

Карданные шарниры неравных угловых скоростей (асинхронные), имеющие две фиксированные оси качания, используют в карданной передаче при наклоне ведомого вала обычно на

угол не более 20° . Универсальные карданные шарниры отличаются по конструкции от простых тем, что в них осевая компенсация осуществляется в самом механизме шарнира, а не в шлицевом соединении (внутренний универсальный шарнир в приводе ведущих колес ВАЗ-2108).

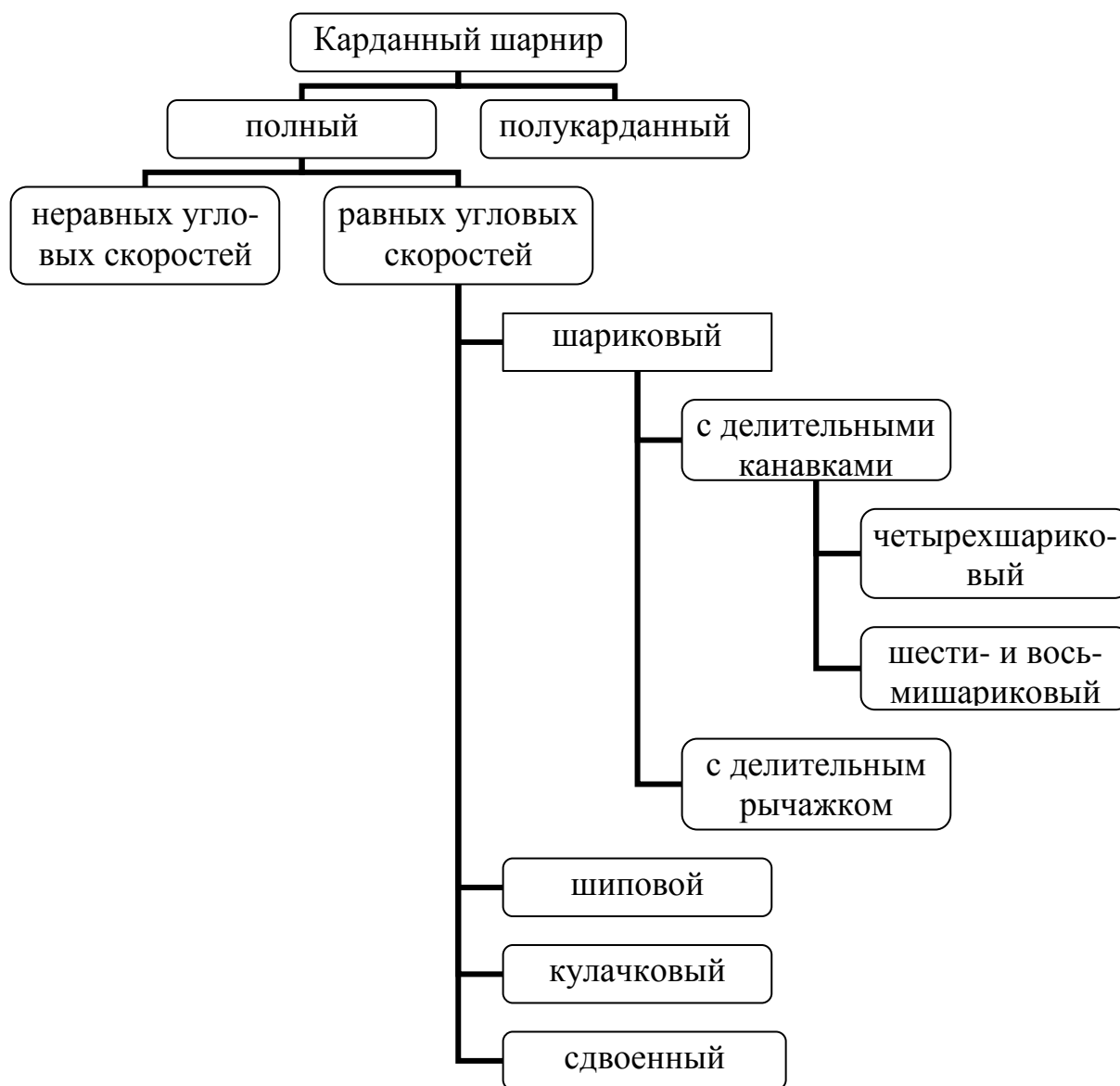


Рис. 1. Классификация карданных шарниров

Карданные шарниры равных угловых скоростей (синхронные) применяют в приводе ведущих и одновременно управляемых колес, угол наклона ведомого вала в зависимости от конструкции шарнира может достигать 45° . Некоторые конструкции синхронных шарниров выполняются с компенсирующим устройством внутри механизма, т. е. универсальными.

Упругие полукарданные шарниры устанавливаются главным образом в карданных передачах легковых автомобилей, и в зависимости от конструкции угол наклона вала может быть 8° .

Жесткие полукарданные шарниры используют для компенсации неточности монтажа соединяемых механизмов в случае установки соединяемых механизмов на недостаточно жестком основании. Они допускают угол наклона вала не более 2° .

Конструкции карданных передач. На рис. 2, а показана схема карданной передачи, получившей распространение на автомобилях с одним задним ведущим мостом. Мощность от коробки передач 1 к мосту 5 передается через два карданных вала 2 и 4 и три шарнира. Вал 2 имеет промежуточную опору 3.

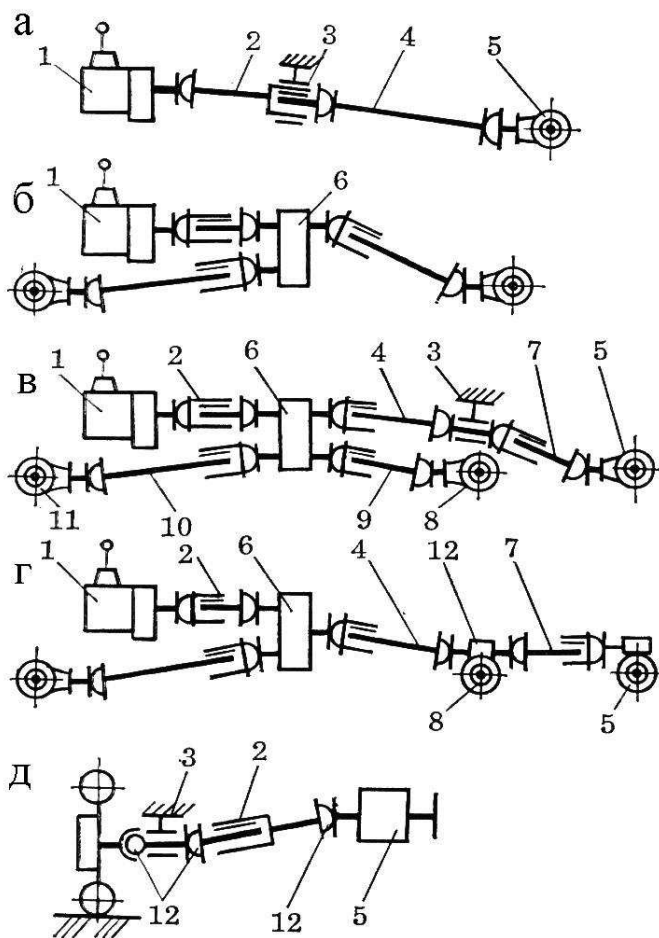


Рис. 2. Схема карданных передач мостам.

В современных большегрузных автомобилях применяется схема со средним проходным мостом (рис. 2, з). В этом случае

Три двухшарнирных передачи имеют полноприводные автомобили с двумя ведущими мостами (рис. 2, б). Здесь между карданными передачами установлена раздаточная коробка 6. На рис. 2, в показана схема трансмиссии автомобиля с индивидуальными приводами мостов. При этом карданная передача заднего моста 5 имеет два карданных вала 4 и 7, четыре шарнира и промежуточную опору 3. Карданные валы 2, 9 и 10 обеспечивают привод соответственно к раздаточной коробке 6, среднему 8 и переднему 11

карданный вал 4 обеспечивает привод дополнительного редуктора 12, от которого мощность раздается к мостам: к среднему 8 — непосредственно, а к заднему — через карданный вал 7.

Для привода ведущего управляемого колеса используется схема, изображенная на рис. 2, д, где устанавливается несколько шарниров 12, с промежуточной опорой 3 и шлицевым соединением на валу 2.

В трансмиссиях современных автомобилей преобладают карданные передачи (рис. 3, а), имеющие полные карданные шарниры, промежуточный и основной карданные валы и промежуточную опору (шарикоподшипник 16).

Карданный шарнир состоит из двух вилок 12 и 13 (рис. 3, б) и крестовины 27, соединяющей вилки шарнирно.

Крайние вилки 1 и 13 карданных шарниров снабжены фланцами, которые крепят болтами к фланцам на концах валов агрегатов, соединяемых карданной передачей. Вилка 2 левого карданного шарнира приварена к промежуточному валу 3, а вилка 10 среднего и вилка 12 правого шарниров — к основному карданному валу 11. Вилка 9 среднего шарнира с помощью шлицев 17 соединена с промежуточным валом 3. Это скользящее шлицевое соединение необходимо для компенсации изменения длины вала, которое возникает при деформации упругих элементов подвески агрегатов автомобиля, соединяемых карданной передачей.

Крестовины карданных шарниров из легированных сталей 20ХГНТР, 15ХГНТА и 12ХНЗА подвергают нитроцементации на глубину до 1,2 мм с последующей закалкой, а из углеродистой стали 55ПШ пониженной прокаливаемости — с поверхностной закалкой при нагреве токами высокой частоты с прерывистым отпуском. Твердость поверхностного слоя крестовин после окончательной обработки должна быть на цилиндрической поверхности шипов крестовины HRC_Э 61...64, на торцах шипов крестовин не менее HRC_Э59 (ОСТ 37.001.068—76).

На шипах крестовины установлены стаканы 22 с игольчатыми подшипниками 23. Иглы подшипника опираются на стопорную шайбу 24. Стакан уплотнен на крестовине резиновым или пробковым сальником 25, установленным в металлическом корпусе 26, который надет на крестовину. От осевых перемещений стаканы 22 игольчатых подшипников фиксируются в ушках вилок 12 и

13 крышками 19 и стопорными пластинками 20 с болтами 21 или, как показано на рис. 4 стопорным кольцом 1, которое может устанавливаться как снаружи, так и внутри шарнира. Установка стопорного кольца снаружи облегчает сборку, но увеличивает размеры вилки. От центральной масленки 8 (рис. 3) масло к подшипникам подается по каналам в крестовине. Для удаления лишнего масла в крестовину ввернут на резьбе корпус с предохранитель-

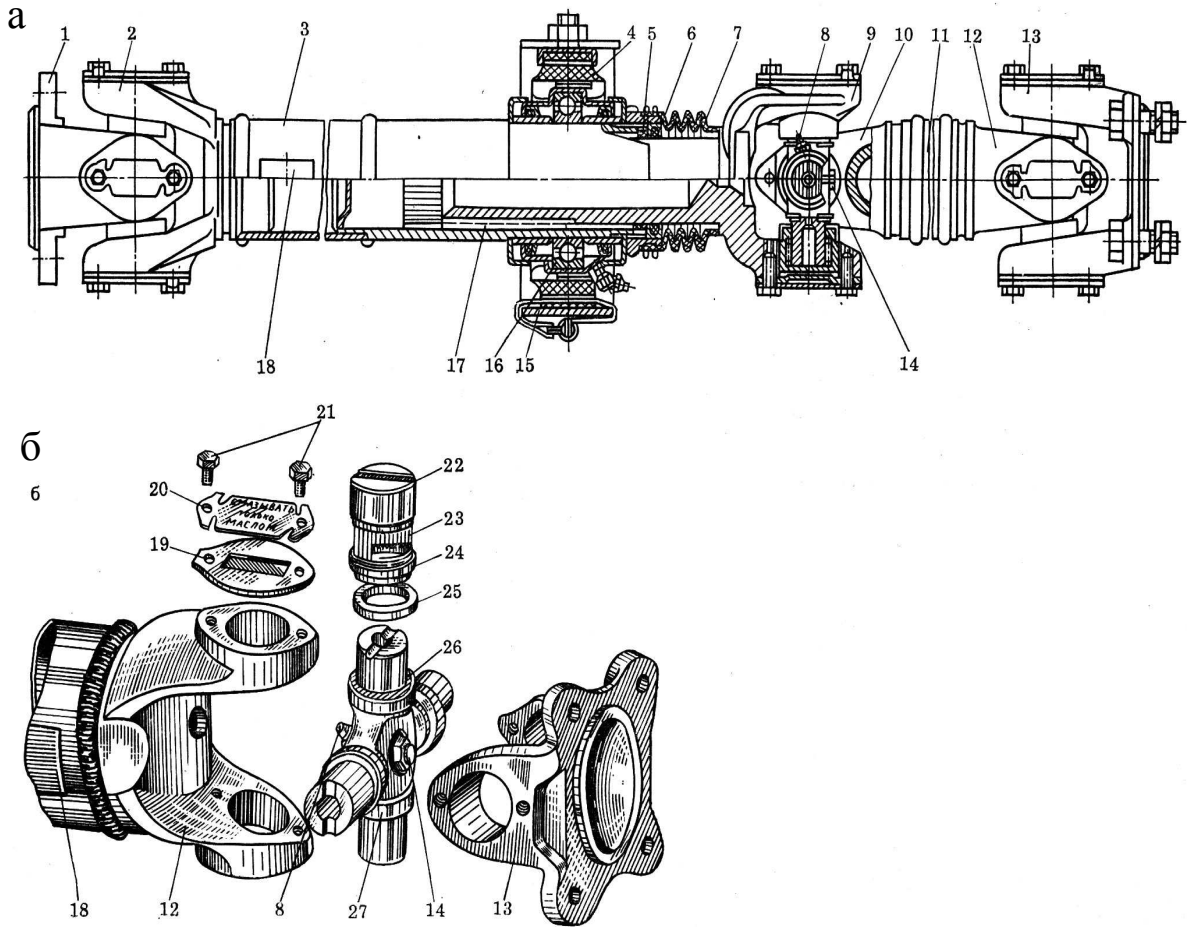


Рис. 3. Карданная передача и детали карданного шарнира:
а – карданная передача; *б* – шарнир неравных угловых скоростей;
 1, 2, 9, 10, 12 и 13- вилки; 3 - промежуточный вал; 4 - резиновая подушка; 5 - резиновый сальник; 6 – войлочный сальник; 7 - защитный чехол; 8 – центральная масленка; 11 - основной карданный вал; 14 – предохранительный клапан; 15 - кронштейн опоры; 16 - шарикоподшипник; 17 - шлицевое соединение; 18 - балансирующая пластина; 19 – крышка; 20 - стопорная пластина; 21 – болт; 22 – стакан; 23 - игольчатый подшипник; 24 - стопорная шайба; 25 - сальник; 26 – корпус сальника

ным клапаном 14, через который выдавливается масло в случае превышения допустимого давления в каналах.

В последнее время игольчатые подшипники смазывают на длительный срок эксплуатации. Поэтому крестовина карданного шарнира масленки и каналов не имеет (одноразовая система смазки). Смену смазочного материала в таких карданных шарнирах производят только при капитальном ремонте карданного вала. Вытеканию смазочного материала из игольчатых подшипников и попаданию в них грязи препятствуют резиновые армированные сальники 2 (рис. 4).

Разрушение карданных шарниров происходит в результате разрушения (бринеллирования) и выкрашивания шипов крестовины, рабочих поверхностей стаканов игольчатых подшипников, а также износа рабочих поверхностей из-за недостаточного слоя смазочного материала. Выкрашивание рабочих поверхностей шипов крестовины и стаканов подшипников является следствием усталостного разрушения, вызванного возникновением значительных контактных напряжений при неравномерном распределении нагрузки по длине рабочих игл.

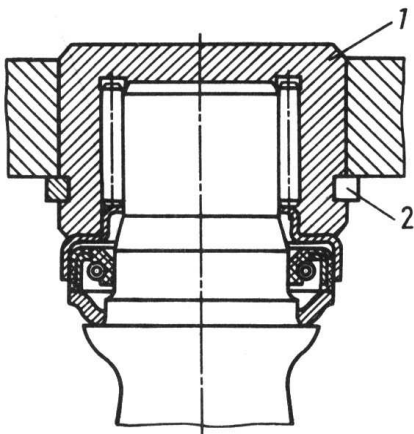


Рис. 4. Игольчатый подшипник:

1 - стакан; 2 - стопорное кольцо

Бринеллирование шипов крестовины также является результатом неравномерного распределения нагрузки по длине игл при их сдвиге относительно оси рабочих поверхностей шипов крестовин и стаканов подшипника. Бринеллирование возникает обычно в карданных шарнирах, имеющих малую жесткость вилок, или при недостаточной твердости рабочих поверхностей шипа, а также при больших суммарных круговых зазорах. Следует отметить, что применение подшипника с иглами, имеющими сферические или плоские конусы, по сравнению с коническими увеличивает нагрузочную способность подшипника и уменьшает

силы трения на торцах игл, а следовательно, снижается возможность их перекоса. Не рекомендуется использовать карданные передачи при углах между валами менее 2° , поскольку иглы

остаются на месте, а не обкатываются по поверхности шипов. В результате длительного давления происходит бринеллирование.

Для передачи момента при углах, не превышающих 5° , взамен жестких шарниров предусмотрены резиновые муфты (рис. 5), которые позволяют компенсировать небольшую несоосность валов. Если осевая податливость таких муфт достаточна, то компенсирующее шлицевое соединение не применяют. Упругие податливые сочленения не вызывают необходимости применения смазывания вследствие отсутствия поверхности трения, а также уменьшают крутильную жесткость передачи, что приводит к снижению динамических нагрузок при переходных режимах. Упругая муфта вызывает необходимость применения специального центрирующего устройства для уменьшения дисбаланса карданного вала. К резине, из которой выполнены упругие муфты, предъявляются повышенные требования по прочности на разрыв, относительному удлинению и твердости (резина должна быть морозостойкой и теплостойкой).

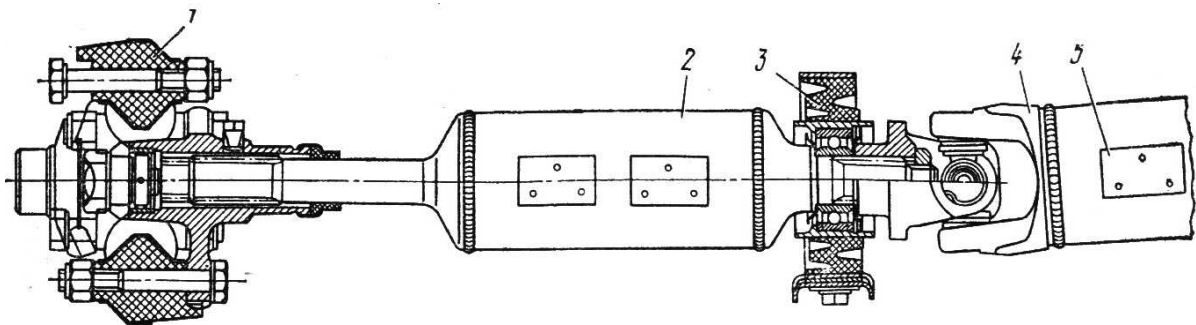


Рис. 5. Карданная передача с упругой муфтой:

1 — эластичная муфта; 2 и 4 - валы соответственно передний и задний; 3 — упругая промежуточная опора; 5 — балансировочные пластины

Кинематика карданного шарнира. Если валы карданной передачи соединены шарниром неравных угловых скоростей и расположены под углом друг к другу при равномерном вращении одного вала другой будет вращаться неравномерно. Это вызвано тем, что при вращении валов крестовина шарнира совершает сложное движение.

На рис. 6 изображены два характерных положения крестовины: 1) ось O_1O_1 , относительно которой поворачивается плоскость крестовины, находится в плоскости рисунка, а плоскость крестовины расположена перпендикулярно к оси вала 1 (рис. 6, а); 2) ось O_1O_1 перпендикулярна к плоскости рисунка, а плоскость крестовины расположена перпендикулярно к оси вала 2 (рис. 6, б). Ось O_1O_1 вращается в пространстве относительно перпендикулярной к ней оси вала 1. Выражая линейные скорости точек C_1 и C_2 через угловые скорости валов 1 и 2, получим:

$$v_{c1} = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 = v_{c2}.$$

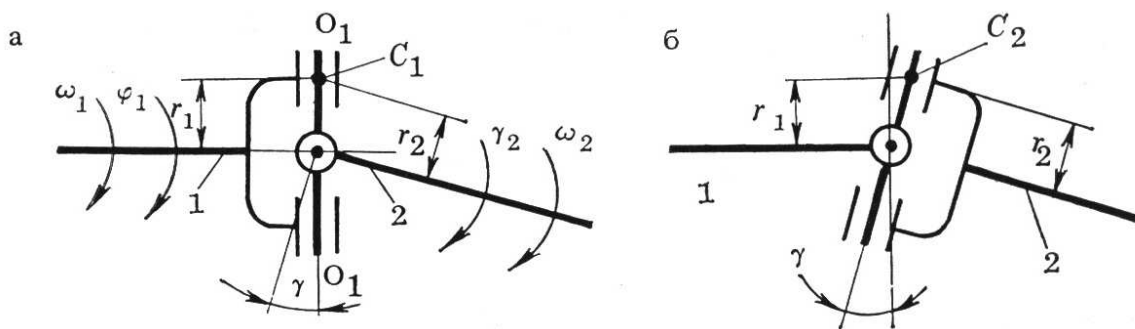


Рис. 6. Схема карданного шарнира

Радиусы r_1 и r_2 точек C_1 и C_2 относительно осей валов 1 и 2 $r_2 = r_1 \cos \gamma$; и $r_1 = r_2 \cos \gamma$. Таким образом, для первого положения $\omega_2 = \omega_1 / \cos \gamma$, второго $\omega_2 = \omega_1 \cos \gamma$. Для промежуточных положений крестовины угловая скорость вала 2 находится в интервале $\omega_1 / \cos \gamma > \omega_2 > \omega_1 \cos \gamma$; полученный результат свидетельствует о том, что валы 1 и 2 вращаются неравномерно. Соотношение между углами поворота φ_1 и φ_2 валов 1 и 2, соединенных карданным шарниром с крестовиной, определяется выражением $\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_2 \cos \gamma$.

Степень неравномерности вращения вала 2 при равномерном вращении вала 1 тем больше, чем больше угол γ (рис. 7). Поэтому при номинальной нагрузке в статическом состоянии автомобиля углы установки карданных валов не должны превышать 3° — для легковых автомобилей, 4° — для грузовых автомобилей и автобусов, 8° — для автомобилей высокой проходимости. Кроме того, угол γ должен быть не меньше 1° из-за опас-

ности бринеллирования контактирующих поверхностей игольчатых подшипников.

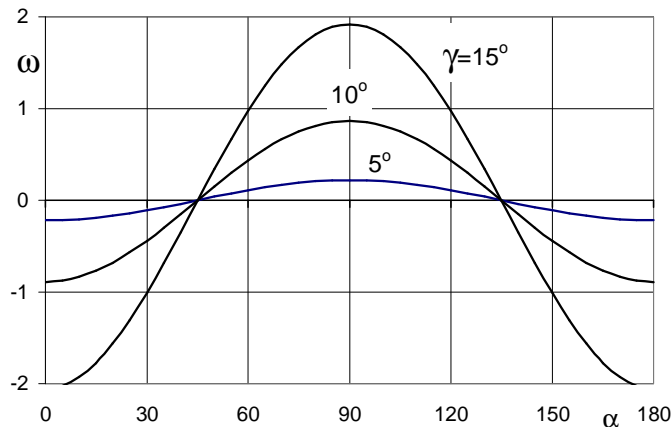


Рис. 7. Зависимость угловой скорости ω_2 ведомого вала карданного шарнира от угла поворота ведущего вала при разных значениях γ

2. КАРДАНЫЕ ПЕРЕДАЧИ С ШАРНИРАМИ РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

В основе всех конструкций карданных шарниров равных угловых скоростей лежит единый принцип: точки контакта, через которые передаются окружные силы, должна иметь одинаковый радиус вращения $r_2 = r_1$, который не изменяется при любом положении валов.

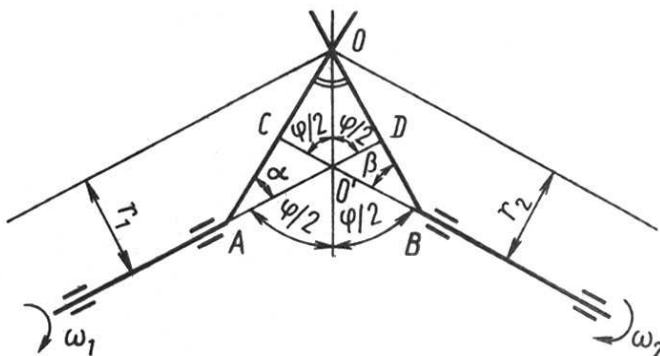


Рис. 8. Схема карданного шарнира равных угловых скоростей

Для пояснения этого рассмотрим простейшую модель, приведенную на рис. 8. Окружная скорость точки контакта O , $v_O = \omega_1 r_1$; $v_O = \omega_2 r_2$, откуда $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$. Подставив в это равенство значения $r_1 = AO \sin \alpha$ и $r_2 = BO \sin \beta$, получим $\omega_1 AO \sin \alpha = \omega_2 BO \sin \beta$.

Угловые скорости ведущего и ведомого валов равны, если $AO = BO$; $\alpha = \beta$.

Легко показать, что в этом случае точка O лежит в биссекторной плоскости. Это видно из равенства треугольников $OO'C$ и $OO'D$.

Карданные шарниры равных угловых скоростей используют преимущественно при передаче момента на ведущие и управляемые колеса. В этих случаях обеспечивается равномерное вращение колес при больших меняющихся углах между валами.

Конструкции таких шарниров разнообразны. Рассмотрим некоторые из них, наиболее часто применяемые.

Четырехшариковый карданный шарнир с боковыми делительными канавками (типа «Вейс», рис. 9). Устанавливается на ряде отечественных автомобилей (УАЗ-469, ГАЗ-66, ЗИЛ-131) в приводе управляемых ведущих колес. При движении автомобиля вперед усилие передается одной парой шариков; при движении задним ходом — другой парой. Канавки в кулаках 2 и 3 нарезаны по дуге окружности. Четыре шарика 6 располагаются на пересечении симметрично расположенных канавок 5 — в биссекторной плоскости, что обеспечивает равенство угловых скоростей валов 1 и 4. Шарик 7 центрирующий. Средние линии канавок (рис. 9, а) представляют собой окружности равного радиуса с центрами O_1 и O_2 , которые находятся на одинаковом расстоянии от центра карданного шарнира O . В результате при любом угле между валами рабочие шарики 3 удерживаются в плоскости, проходящей через точки пересечения средних линий канавок 2 и 4 и делящей пополам угол между осями валов (рис. 9, в).

Карданные шарниры этого типа обеспечивают угол между валами $\gamma = 30...32^\circ$. Малая трудоемкость изготовления (наименьшая по сравнению с синхронными шарнирами других типов), простота конструкции и низкая стоимость обеспечили их широкое распространение. КПД шарнира достаточно высокий, так как в нем преобладает трение качения.

Следует отметить некоторые особенности этого шарнира, ограничивающие возможность его применения. Передача усилия только двумя шариками при теоретически точечном контакте приводит к возникновению больших контактных напряжений. Поэтому четырехшариковый карданный шарнир обычно устанавливают

на автомобилях с нагрузкой на ось не свыше 25...30 кН. При работе шарнира возникают распорные нагрузки, особенно если центр шарнира не лежит на оси шкворня. Для точной установки шарнира необходимы специальные упорные шайбы или подшипники.

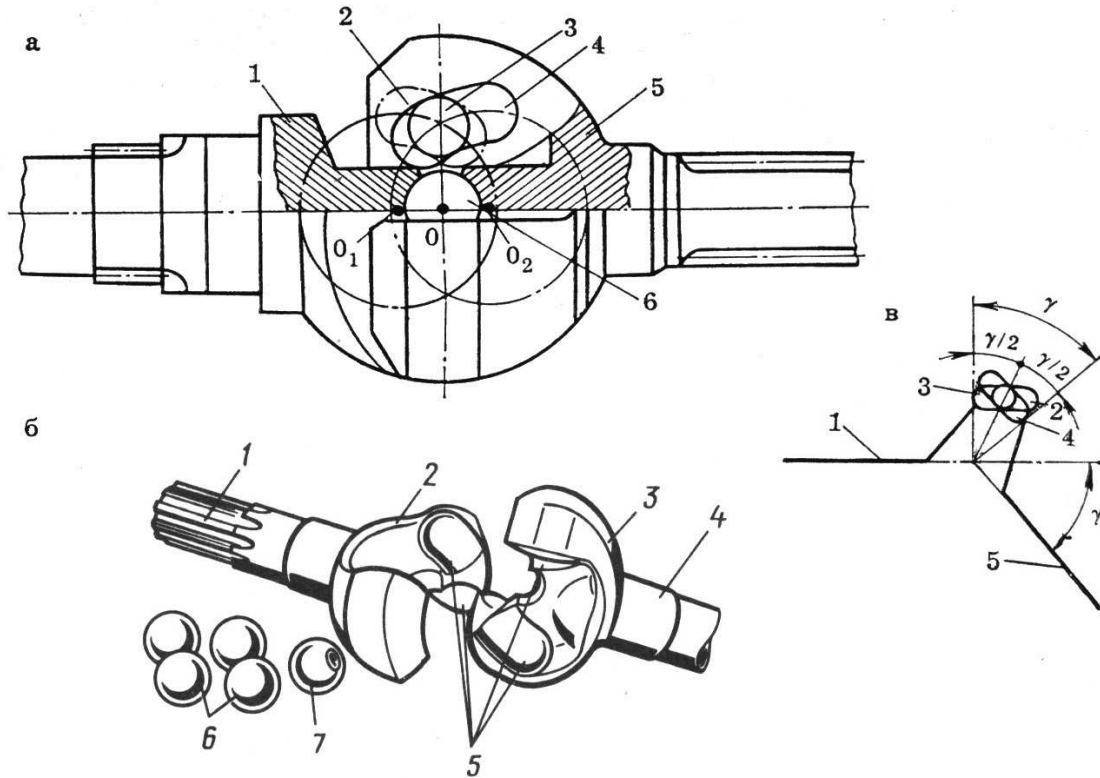


Рис. 9. Шариковый шарнир с боковыми делительными канавками:

а – продольный разрез; *б* – детали; *в* - схема

Долговечность в эксплуатации обычно не превышает 25...30 тыс. км. В изношенном шарнире шарики при передаче повышенного крутящего момента, когда кулаки несколько деформируются, могут выпасть, что приводит к заклиниванию шарнира и потере управляемости. Износу наиболее подвержены средние части канавок, что соответствует прямолинейному движению, причем ненагруженные канавки изнашиваются больше, чем нагруженные. Объясняется это тем, что нагружается шарнир при сравнительно редком включении переднего ведущего управляемого моста для движения в тяжелых дорожных условиях, а большая часть пробега автомобиля совершается с выключенным передним мостом, ко-

гда шарнир нагружается в обратном направлении небольшим, но длительно действующим моментом сопротивления вращению части трансмиссии.

Шестишариковый карданный шарнир с делительным рычажком (типа «Рцепп», рис. 10). Основными элементами этого шарнира являются сферический кулак 4, закрепленный на шлицах вала 5, и сферическая чашка 3, связанная с другим валом 1. На кулаке и на внутренней стороне чашки выфрезеровано по шесть меридиональных канавок полукруглого сечения. Канавки выполнены из одного центра. В канавках размещено шесть шариков, которые связаны сепаратором 6. При наклоне валов шарики устанавливаются в биссекторной плоскости при помощи делительного рычажка 2, который поворачивает направляющую чашку 7, а вместе с ней и сепаратор. Пружина 8 служит для поджатия делительного рычажка к гнезду в торце вала 5 при изменении положения рычажка в результате наклона валов.

Точность установки шариков в биссекторной плоскости зависит от подбора плеч делительного рычажка. На схеме рис. 10, б показано положение деталей шарнира при наклоне одного из валов на угол γ .

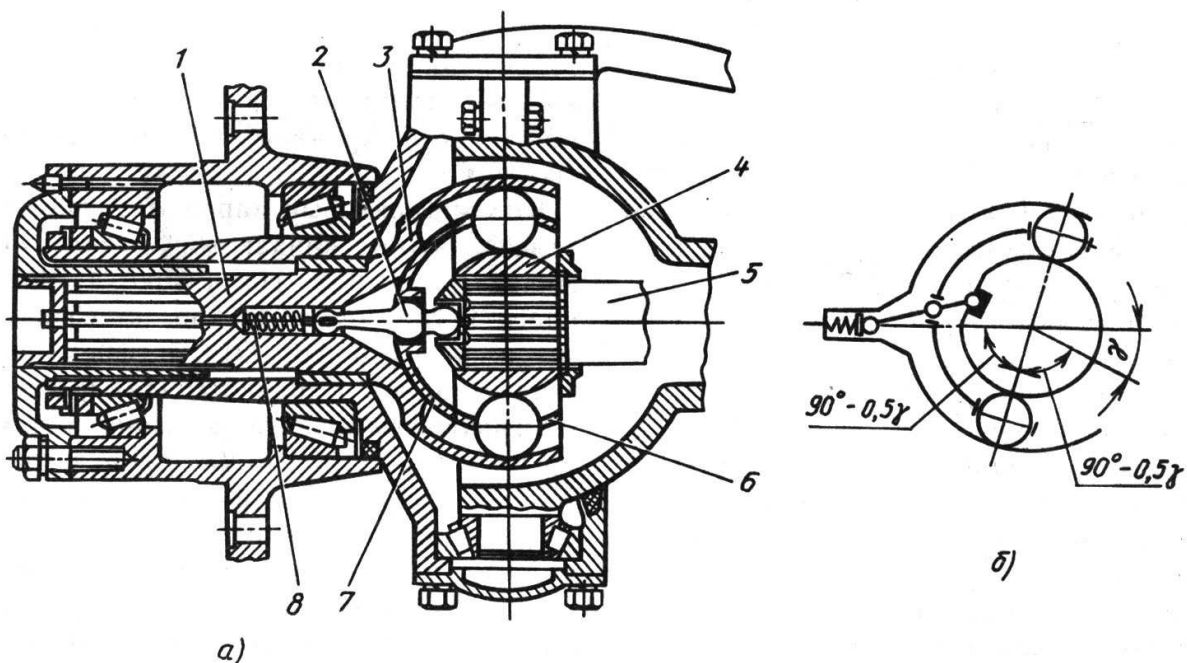


Рис. 10. Шестишариковый карданный шарнир с делительным рычажком:

a—установка шарнира в приводе переднего колеса;

б — схема шарнира

Карданный шарнир с делительным рычажком допускает максимальный угол $\gamma = 37^\circ$. Так как усилие в этом шарнире передается шестью шариками, он обеспечивает передачу большого крутящего момента при малых размерах. Распорные нагрузки отсутствуют в шарнире, если центр последнего совпадает с осью шкворня. Шарнир обладает большой надежностью, высоким КПД, однако технологически сложен: все детали его подвергаются токарной и фрезерной обработке с соблюдением строгих допусков, обеспечивающих передачу усилий всеми шариками. По этой причине стоимость шарнира высокая. В отечественных автомобилях шарнир не применяется.

Шестишариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Бирфильд», рис. 11). На кулаке 4, поверхность которого выполнена по сфере радиуса R_1 (центр O), выфрезеровано шесть канавок. Канавки кулака имеют переменную глубину, так как они нарезаны по радиусу R_3 (центр O_1 смещен относительно центра шарнира O на расстояние a). Внутренняя поверхность корпуса 1 выполнена по сфере радиуса R_2 (центр O), также имеет шесть канавок переменной глубины, нарезанных по радиусу R_4 (центр O_2 смещен относительно центра шарнира O также на расстояние a). Сепаратор 3, в котором размещены шарики 2, имеет наружную и внутреннюю поверхности, выполненные по сфере радиусов соответственно R_2 и R_1 . В положении, когда валы шарнира соосны, шарики находятся в плоскости, перпендикулярной осям валов, проходящей через центр шарнира.

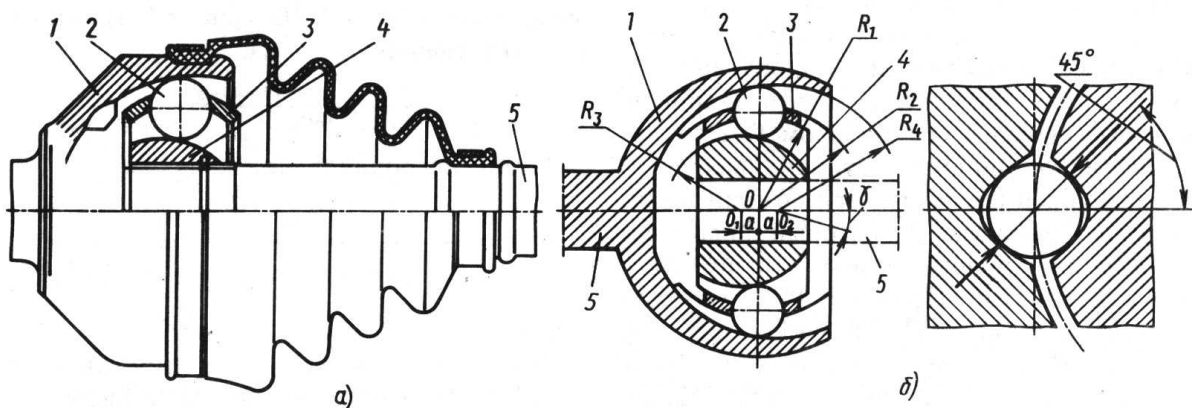


Рис. 11. Шестишариковый карданный шарнир:

a – конструкция; *б* - схема

При наклоне одного из валов 5 на угол γ верхний шарик выталкивается из сужающегося пространства канавок вправо, а нижний шарик перемещается сепаратором в расширяющееся пространство канавок влево. Центры шариков всегда находятся на пересечении осей канавок. Это обеспечивает их расположение в биссекторной плоскости, что является условием синхронного вращения валов. Во избежание заклинивания шариков угол, под которым пересекаются оси канавок, не должен быть менее $11^{\circ}20'$.

В отличие от карданного шарнира с делительным рычажком в данном шарнире профиль сечения канавок выполнен не по дуге окружности, а по эллипсу (рис. 11, б). Благодаря этому силы взаимодействия стенки канавки и шарика составляют с вертикалью угол 45° , что предохраняет кромки канавок от смятия и скалывания. Отсутствие делительного рычажка позволяет этому шарниру работать при угле между валами $\gamma = 45^{\circ}$. КПД шарнира при малых углах выше 0,99, а при $\gamma = 30^{\circ}$ — 0,97. Сравнительно большие потери в шарнире объясняются тем, что наряду с трением качения для него характерно трение скольжения.

Ресурс современных шарниров этого типа составляет примерно 150 тыс. км. Основной причиной преждевременного выхода из строя шарнира является повреждение защитного резинового чехла.

Шарнир устанавливается в карданной передаче передних управляемых и ведущих колес некоторых отечественных автомобилей (ВАЗ-2108) на наружном конце карданного вала. При этом на внутреннем конце карданного вала должен устанавливаться карданный шарнир, позволяющий компенсировать изменение длины карданного вала при деформации пружин подвески.

Универсальный шестишариковый карданный шарнир (типа ГКН, рис. 12). На внутренней поверхности цилиндрического корпуса шарнира нарезаны шесть продольных канавок эллиптического сечения, такие же канавки имеются на сферической поверхности кулака параллельно продольной оси вала. В канавках размещаются шесть шариков, установленных в сепараторе. Взаимодействующие поверхности кулака и сепаратора сферические, радиус сферы R_1 (центр O_1 на расстоянии a от центра O , лежащего в плоскости центров шариков). Сферическая наружная часть

сепаратора (радиус R_2) переходит в коническую (угол конуса около 10°), что ограничивает максимальный угол наклона вала примерно до 20° .

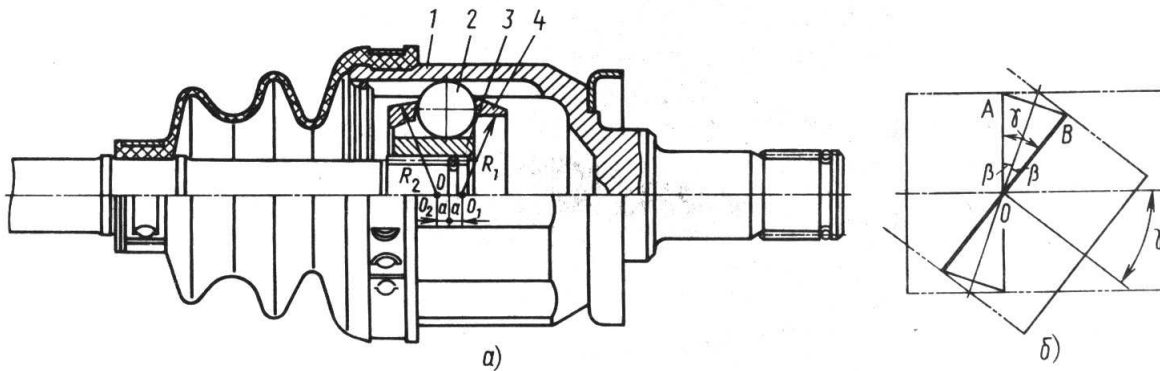


Рис. 12. Шестишариковый универсальный шарнир:

a — конструкция; *б* — схема; 1 — корпус; 2 — шарики; 3 — кулак; 4 — сепаратор

В результате смещения центров сфер сепаратора шарики при наклоне вала устанавливаются и фиксируются в биссекторной плоскости. Объясняется это тем, что при наклоне вала шарик должен перемещаться относительно двух центров O_1 и O_2 , что заставляет шарик устанавливаться на пересечении в вертикальной плоскости, проходящей через центр шарика, наружной и внутренней сфер сепаратора. Если, как показано на схеме (рис. 12, *б*), провести оси, проходящие через центры шариков, параллельно осям канавок корпуса и кулака, то при наклоне вала шарик установится на пересечении этих осей. При отклонении вала на угол γ плоскость, проходящая через центры шариков, отклонится на угол $\beta = 0.5\gamma$. Это легко видеть, рассмотрев равнобедренный треугольник AOB . Сумма углов треугольника AOB $90 - \beta + 90 - \beta + \gamma = 180$, откуда $\beta = 0.5\gamma$.

Осевое перемещение происходит по продольным канавкам корпуса, причем перемещение карданного вала равно рабочей длине канавок корпуса, что влияет на размеры шарнира. При осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира. Так выполнен внутренний шарнир переднеприводных автомобилей ВАЗ. При передаче больших крутящих моментов используют восьмишариковый шарнир этого типа.

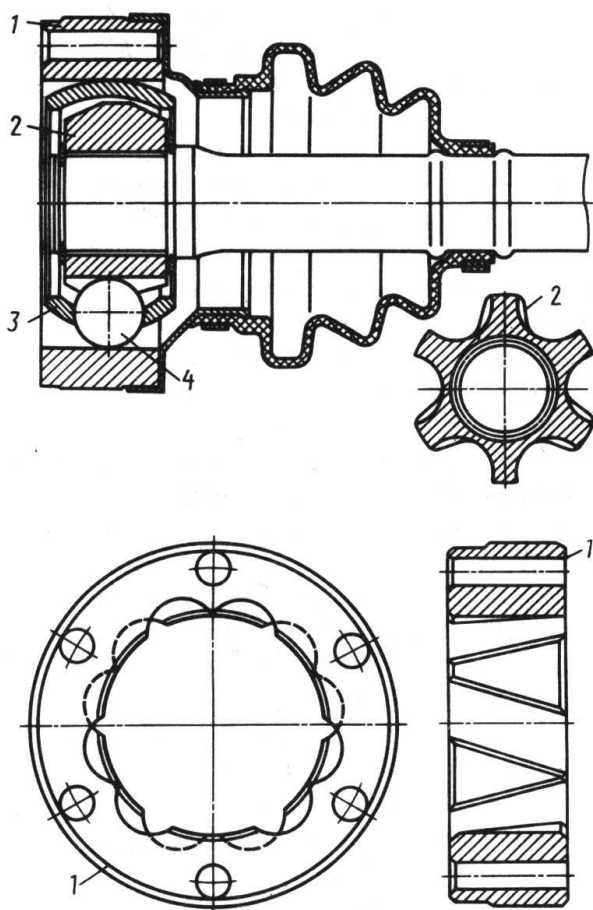


Рис. 13. Шариковый универсальный шарнир (типа «Лебро»)

Универсальный шестишариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Лебро», рис. 13). Шарнир состоит из цилиндрического корпуса 1, на внутренней поверхности которого под углом (примерно $15...16^\circ$) к образующей цилиндра нарезаны шесть прямых канавок, расположенных в порядке, показанном на рисунке; сферического кулака 2, на его поверхности нарезано также шесть прямых канавок; сепаратора 3 с шариками 4, центрируемыми наружной сферической поверхностью по внутренней цилиндрической поверхности корпуса 1, а внутренней сферической поверхностью устанавливаются с некоторым зазором на кулаке 2. Шарики

устанавливаются в пересечениях канавок, чем обеспечивается синхронность вращения валов, так как шарики, независимо от угла между валами, всегда находятся в биссекторной плоскости.

Этот шарнир имеет меньшие размеры, чем шарниры других типов, так как рабочая длина канавок и ход шариков в 2 раза меньше хода вала. Имеются и другие преимущества: сепаратор не выполняет функции деления угла между валами, он менее нагружен, а поэтому требования к точности его изготовления ниже; наличие фланцевого разъема шарнира обеспечивает удобство монтажа, хотя конструкция его при этом усложняется, что несколько компенсирует упрощение протяжки канавок корпуса. К точности расположения канавок предъявляются высокие требования.

Шарнир имеет высокий КПД (около 0,99 при $\gamma = 10^\circ$) и применяется на переднеприводных автомобилях.

Трехшиповой карданный шарнир (типа «Трипод»). Такие карданные шарниры устанавливают на легковых и грузовых автомобилях малой грузоподъемности. Конструктивно эти шарниры имеют два исполнения: шарниры, позволяющие передавать момент при углах γ между валами до 43° , но не допускающие осевых перемещений (шарниры жесткие), и универсальные шарниры, допускающие осевую компенсацию, но работающие при сравнительно небольших углах между валами.

В жестком шарнире (рис. 14) шипы 2, расположенные под углом 120° , закреплены в корпусе 1. Ролики 3 с шаровой поверхностью установлены на шипах и могут свободно на них поворачиваться. Вилка 4, выполненная вместе с валом 5, имеет три паза цилиндрического сечения. Поверхность вилки сферическая, что обеспечивает получение большого угла между валами. Так как принцип работы жесткого и универсального шарниров одинаков, ограничимся более подробным рассмотрением лишь универсального шарнира.

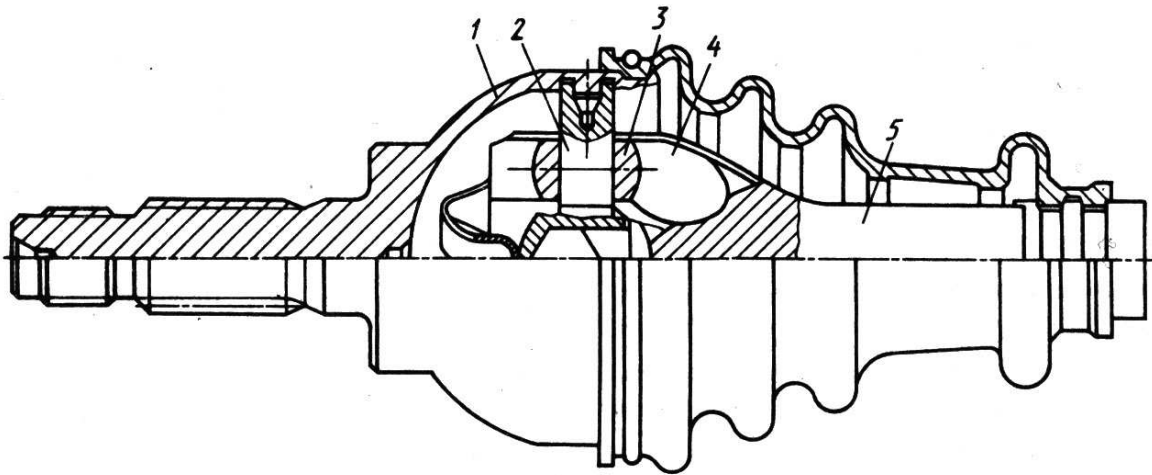


Рис. 14. Трехшиповой карданный шарнир (типа «Трипод»)

Универсальный трехшиповой шарнир (рис. 15, а) состоит из цилиндрического корпуса 3, выполненного за одно целое с валом, в котором имеются три продольных паза, ступицы 2 с тремя шипами, закрепленной на внутреннем конце карданного вала, трех роликов 1 на игольчатых подшипниках. Шипы, как и пазы, расположены под углом 120° один относительно другого.

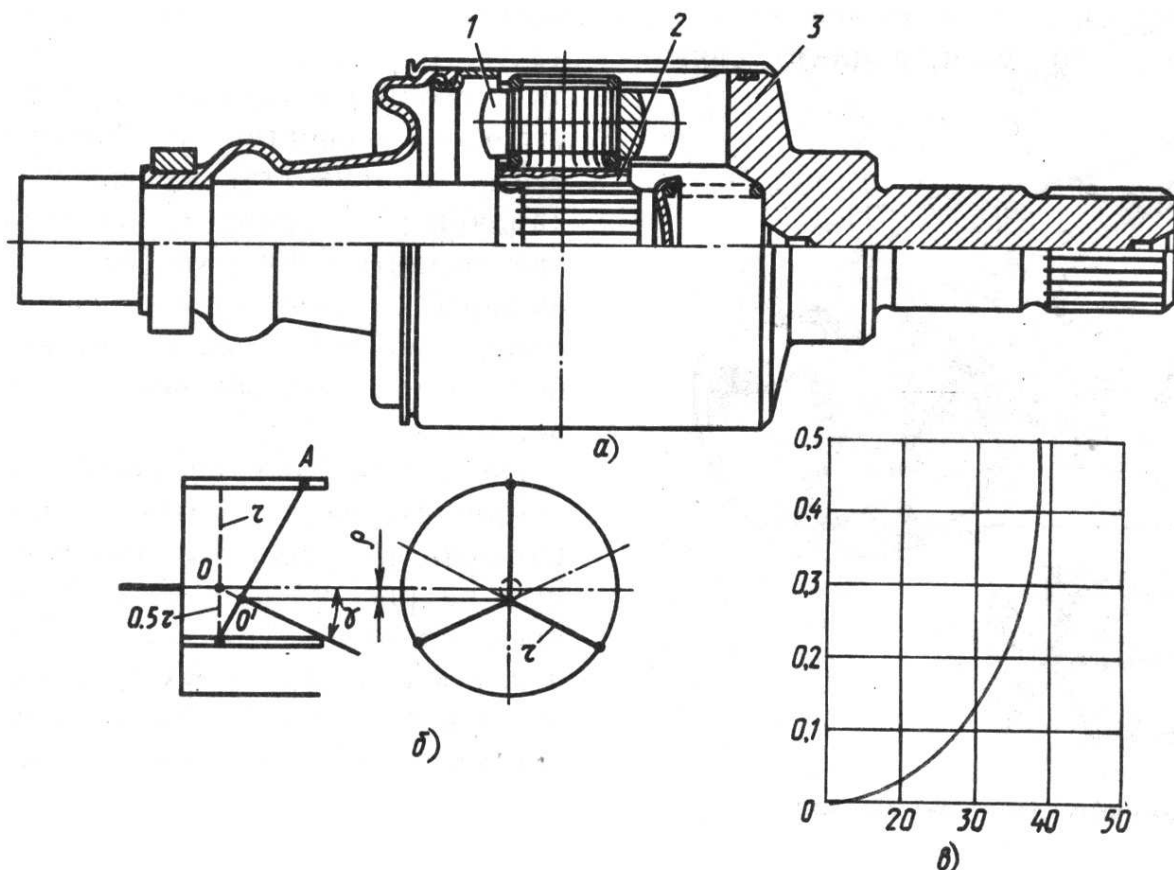


Рис. 15. Трехшиповой универсальный карданный шарнир:
а – конструкция; *б* – схема; *в* - характеристика

Ролики имеют сферическую поверхность такого же радиуса, как цилиндрическое сечение продольных пазов. При вращении валов под углом ролики перекатываются в пазах, поворачиваясь на игольчатых подшипниках, и в то же время шипы могут перемещаться вдоль роликов подшипников, что обеспечивается кинематикой шарнира. При наклоне вала на угол γ расстояние $O'A = r / \cos \gamma$ (рис. 15, б). Удлинение осуществляется за счет скольжения шипа вдоль подшипников.

При вращении шарнира центр конца вала описывает окружность радиусом ρ , который является функцией угла γ , $\rho = 0.5r(1/\cos \gamma - 1)$.

Так как положение, показанное на рис. 15, б, повторяется каждую треть оборота шарнира, центр конца вала трижды за один оборот описывает окружность радиусом ρ . В этом шарнире равенство угловых скоростей валов достигается благодаря изменению положения центра конца вала. Параметром, характери-

зующим данный шарнир, является отношение ρ/r как функции угла γ . График этой зависимости приведен на рис. 15, в. Как видно из графика, при малых значениях γ (до 12°) радиус ρ составляет менее 1 % радиуса r . Универсальный шарнир этого типа может использоваться, если максимальное значение угла γ не превышает 25° . Достоинством шарнира являются малые потери при осевом перемещении, так как это обеспечивается практически только качением, что определяет высокий КПД шарнира.

Сдвоенный карданный шарнир. Применяемые в приводе управляемых ведущих колес шарниры могут иметь различную конструкцию; один из вариантов приведен на рис. 16, а. Сдвоенные карданные шарниры представляют собой карданную передачу с двумя шарнирами неравных угловых скоростей, у которой длина карданного вала равна нулю, вилки расположены в одной плоскости и центрирующим устройством обеспечивается равенство углов наклона валов γ_1 и γ_2 . Устройство состоит из сферической обоймы 6, вставленной в уширение вала 1, сферического сухаря 7, установленного на конце вала 4, и резинового защитного чехла 5. Валы 1 и 4 имеют проушины. Втулки 2 соединяют валы с составными крестовинами 3. Крестовины установлены в корпусе шарнира 8.

Недостатком сдвоенного шарнира является конструктивная сложность, а также то, что он не может передавать большие крутящие моменты из-за ограничения давления иголок на палец крестовины.

Схема шарнира показана на рис. 16, б. Равенство угловых скоростей должно обеспечиваться делительным рычажком. Однако такое равенство возможно только при равенстве углов $\gamma_1 = \gamma_2$, что в данной конструкции не соблюдается точно, так как при наклоне вала плечо, связанное с левым валом, остается постоянным a , а плечо, связанное с другим валом, увеличивается на величину Δa . Поэтому в сдвоенном шарнире с делительным рычажком синхронное вращение соединяемых валов может быть обеспечено только с некоторым приближением. Коэффициент неравномерности вращения $u_{H,B}$ сдвоенного шарнира зависит от угла между валами и от конструктивных размеров делительного

устройства. Например, при $\gamma = 30^\circ$ коэффициент неравномерности сдвоенного шарнира не превосходит 1%, что примерно в 30 раз меньше коэффициента неравномерности шарнира неравных угло-

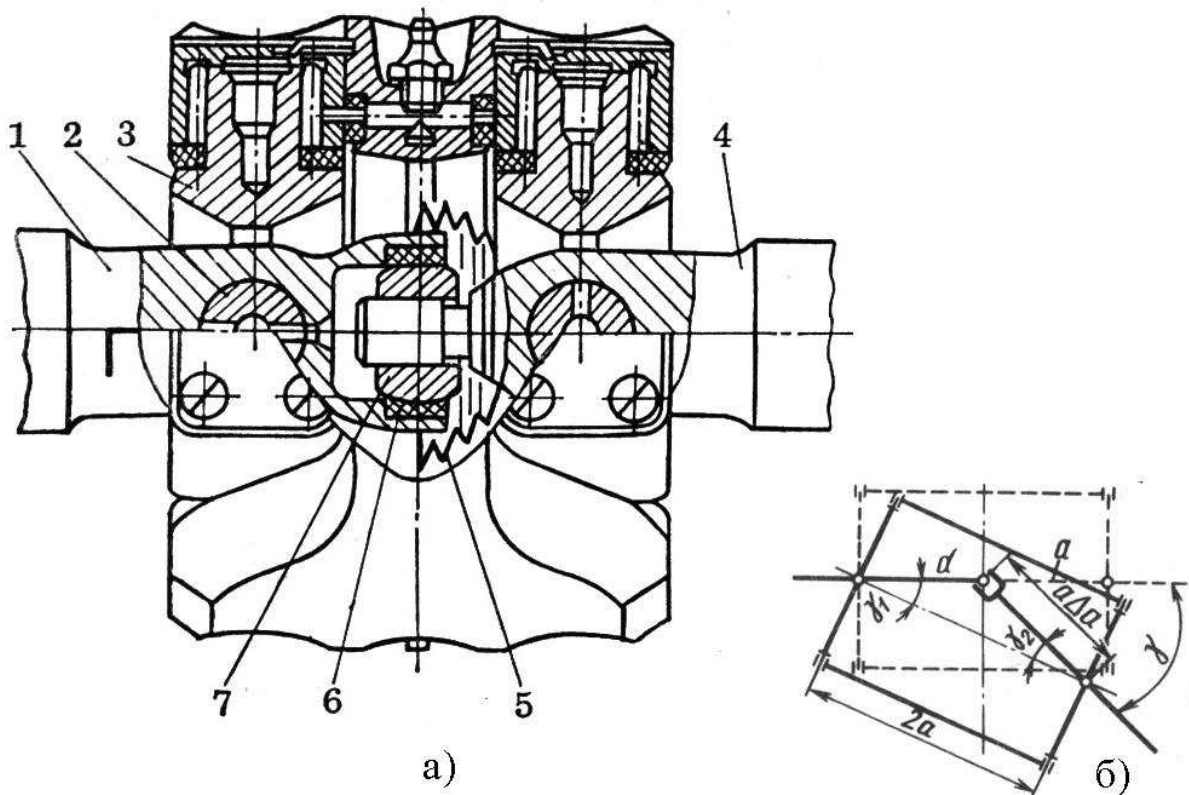


Рис. 16. Сдвоенный карданный шарнир
вых скоростей при том же значении угла наклона γ .

Для двойного шарнира на игольчатых подшипниках характерен значительный износ этих подшипников и шипов крестовин. Это объясняется тем, что благодаря преимущественно прямолинейному движению автомобиля иглы подшипников не перекатываются, вследствие чего поверхности деталей, с которыми они соприкасаются, подвержены бринеллированию, а сами иголки иногда сплющиваются.

Кулачковый карданный шарнир (рис. 17). Кулачковый шарнир (рис. 17, а) имеет: две вилки 2 и 6, насаженные на валы 1 и 7 или откованные с ними как одно целое; два полуцилиндрических кулачка 3 и 5, охватываемых вилками; диск 4, входящий в цилиндрические пазы кулачков. Такой шарнир работает аналогично сдвоенному, в котором первый шарнир создает неравномерность вращения, а второй устраняет эту неравномерность.

В результате этого приводной вал вращается равномерно. На рис. 17, б приведена другая конструкция кулачкового карданного шарнира. В вилках 1 и 6 этого шарнира установлены два кулачка 2 и 4, которые соединены между собой с помощью шипа 3 и паза 5.

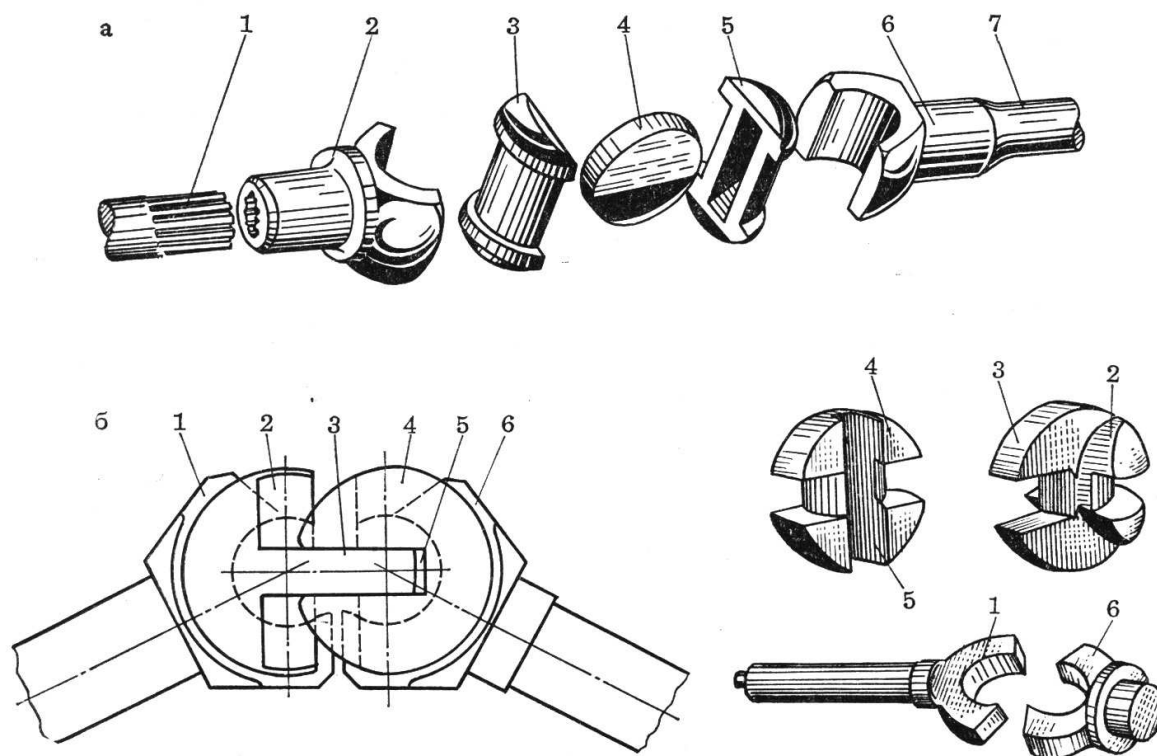


Рис. 17. Кулачковые шарниры

Кулачковый шарнир (рис. 17, а) был разработан в нашей стране, который устанавливается на ряде автомобилей (КамАЗ-4310, Урал-4320, КАЗ-4540, КраЗ-260 и др.).

КПД кулачковых шарниров ниже, чем КПД других шарниров равных угловых скоростей, так как для их элементов характерно трение скольжения. В эксплуатации наблюдается значительный нагрев, а иногда и задиры деталей шарнира в результате неудовлетворительного подвода смазочного материала к поверхности трения.

Кулачковые шарниры отличаются простотой конструкции и способностью передавать крутящий момент до 30 кНм вследствие наличия развитых передающих поверхностей, при обеспечении угла между валами 45...50°. Однако КПД этих шар-

ниров ниже, чем у сдвоенных. Они устанавливаются в картерах или имеют специальные защитные кожухи.

Кулачковые шарниры применяются на автомобилях большой грузоподъемности в приводе к ведущим управляемым колесам.

На зарубежных автомобилях большой грузоподъемности широко применяется кулачковый карданный шарнир, показанный на рис. 17, б, известный под названием «шарнир Тракта». Он состоит из четырех штампованных деталей: двух вилок 1 и 6 и двух фасонных кулачков 3 и 4, трущиеся поверхности которых подвергаются шлифованию. Максимальное значение угла между валами, обеспечиваемое этим шарниром, 45° .

На рисунке 18 показаны варианты использования карданных передач в приводе управляемых колес с независимой подвеской. Изменение положения валов при ходе подвески происходит за счет применения карданной передачи с двумя шарнирами неравных скоростей (рис. 18, а), здесь же шлицевое соединение обеспечивает изменение расстояния между шарнирами. Шарнир с боковыми делительными канавками обеспечивает поворот колеса. Во втором варианте (рис. 18, б) внутренний шарнир обеспечивает качение вала в вертикальной плоскости при ходе подвески, внешний шарнир обеспечивает поворот вала в горизонтальной плоскости при повороте управляемого колеса.

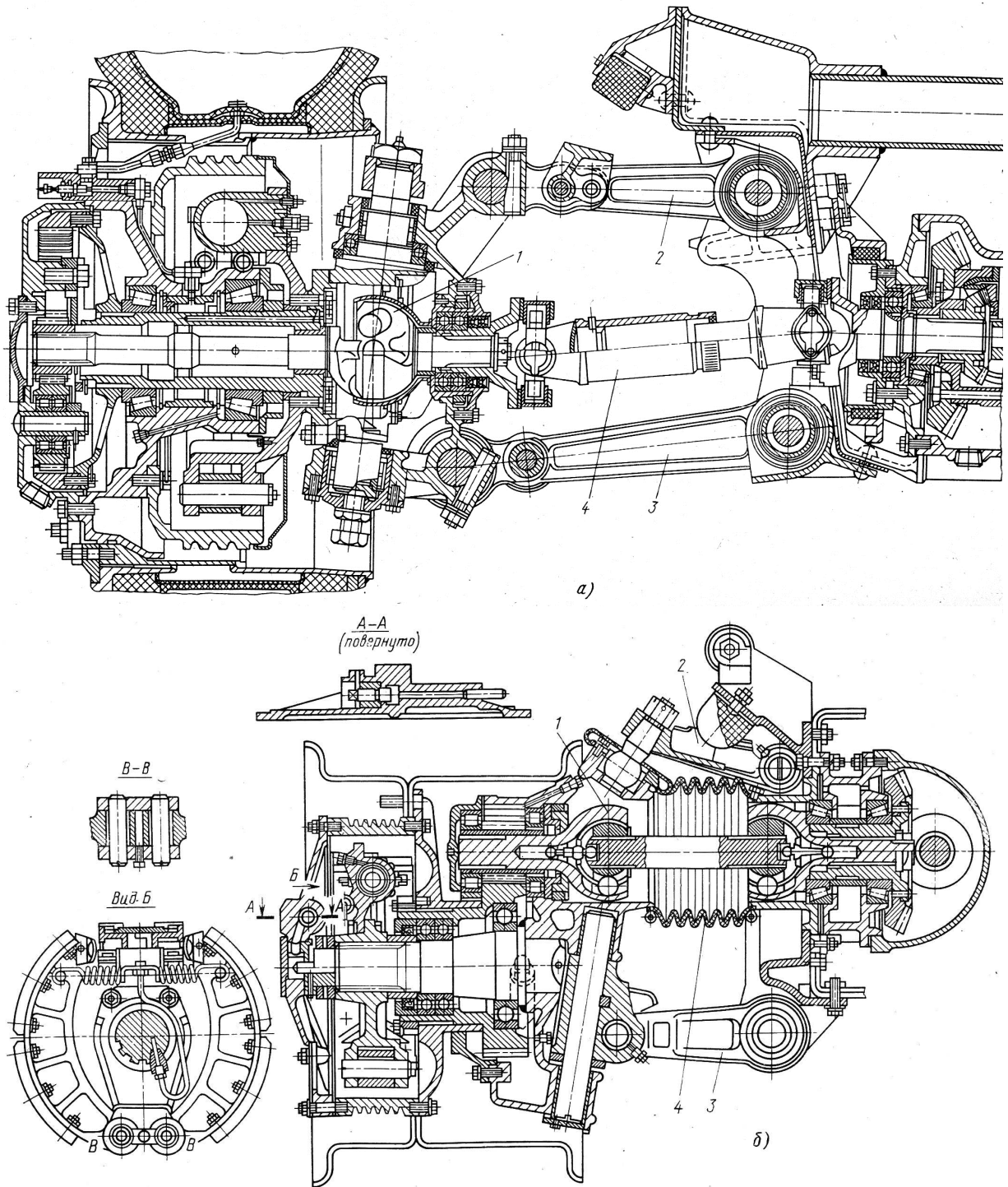


Рис. 18. Управляемые ведущие мосты с карданными шарнирами равных и неравных угловых скоростей:

а – шариковый с боковыми делительными канавками и неравных угловых скоростей; *б* – двойной с делительным рычажком; 1 – шарнир; 2 – верхний рычаг подвески; 3 – нижний рычаг подвески; 4 – вал привода

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Назначение карданных передач и шарниров.
2. Классификация карданных шарниров.
3. Как работает шарнир неравных угловых скоростей?
4. Зачем необходимо шлицевое соединение в карданной передаче?
5. Что и как смазывается в карданной передаче заднеприводного автомобиля?
6. Каким образом удается преодолеть недостаток шарниров неравных угловых скоростей (неравномерное вращение одного из валов карданной передачи)?
7. За счет чего обеспечивается равенство угловых скоростей в шарнирах равных угловых скоростей? Назвать главное условие.
8. Объяснить, за счет чего в шариковых шарнирах обеспечивается установка шариков в биссекторную плоскость?
9. Когда для привода переднего колеса автомобиля применяется один или два шарнира равных угловых скоростей?
10. Дайте сравнительный анализ карданных шарниров равных угловых скоростей, применяемых на отечественных автомобилях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия: Учеб. пособие для спец. «Автомобили и тракторы»/ А.И. Гришкевич, В.А. Вавуло, А.В. Карпов и др.; Под. ред А.И. Гришкевича. - Мн.: Выш. шк., 1985. – 240 с.
2. Лукин П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студ. вузов/ П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
3. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К., Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». - М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Карданная передача. Шарнир неравных угловых скоростей....	3
2. Карданные передачи с шарнирами равных угловых скоростей.....	11
3. Вопросы для контроля	26
Список литературы	26

Петров Александр Павлович

ЭЛЕМЕНТЫ ЭРГНОМИКИ И ДИЗАЙНА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной формы обучения
специальности 190201

Редактор Т.В. Тимофеева

Подписано в печать		Бумага тип. №1
Формат 60×84 1/16	Усл. печ. л. 1,75	Уч-изд. л. 1,75
Заказ	Тираж 80	Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя 25.
Курганский государственный университет.