

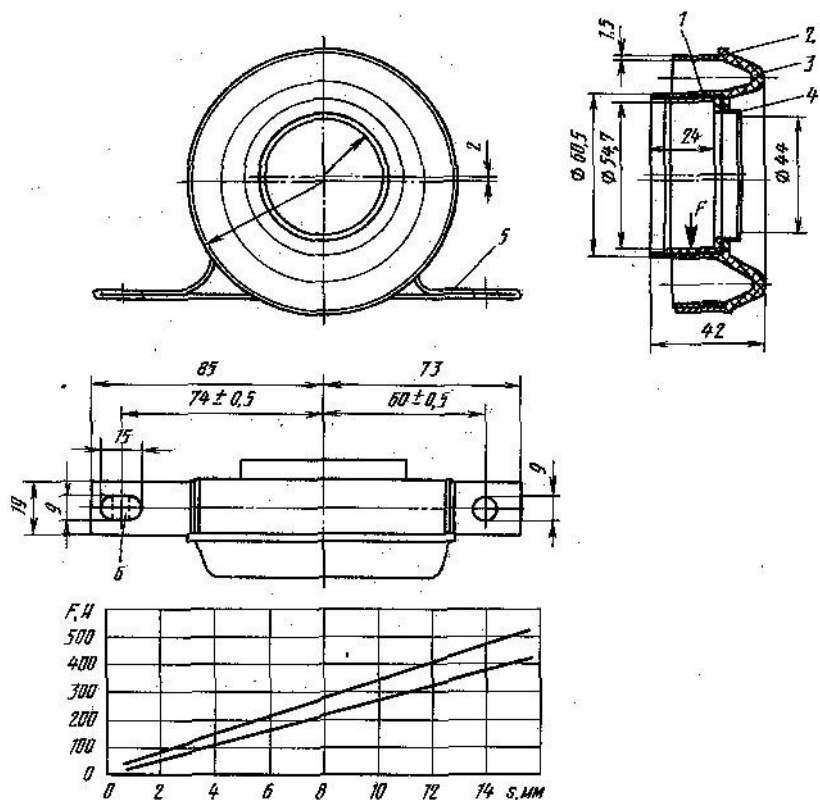


Рис. 2.85. Промежуточная опора карданного вала, изготавливаемая фирмой «Фройденберг» и устанавливаемая фирмой БМВ на автомобили 7-й серии; в привулканизированной внутренней части 4 размещается шариковый подшипник. График показывает высокую эластичность выгнутой резиновой детали 3 в вертикальном и в боковом направлениях. Без нагрузки ось отверстия детали 3 расположена на 2 мм выше оси наружного кольца 2

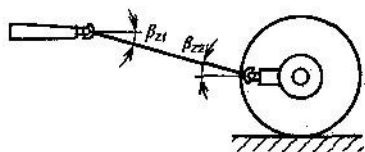


Рис. 2.86. Расположение карданного вала по схеме Z (вид сбоку). Для предотвращения различных скоростей вращения на выходе коробки передач и на входе главной передачи углы β на обоих концах должны быть одинаковы (как показано на рисунке), а вилки шарниров — лежать в одной плоскости

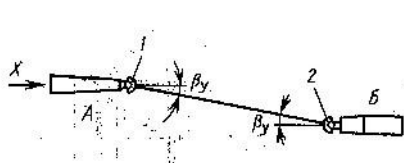


Рис. 2.87. Дополнительный боковой сдвиг коробки передач относительно главной передачи на виде сверху требуется при схеме *Z* расчета угла $\beta_{рез}$, а при схеме *W* - определения угла смещения φ :
A — коробка передач; *B* — главная передача

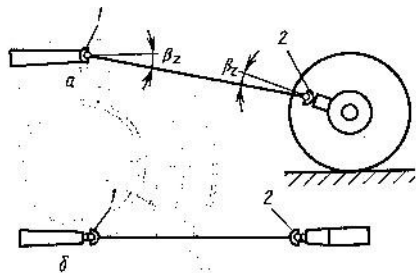


Рис. 2.88. Расположение карданного вала по схеме *W*:
a — вид сбоку; *b* — вид сверху

связана с трубой. Если левую вилку, показанную на рис. 2.83, снять с вала и, повернув только на один шлиц (например, для устранения люфта), установить опять, то указанное выше условие уже не будет выполняться и может возникнуть неравномерность вращения.

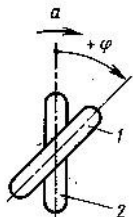
3. Как показано на рис. 2.88, концы соединяемых валов и карданный вал должны находиться на виде сверху на одной прямой, при этом β_y не должно превышать 1° .

Любое боковое отклонение вызывает разность частоты вращения соединяемых валов, если оно не компенсируется угловым смещением вилок карданного вала; определяемым соотношением

$$\tan \varphi / 2 = \tan \beta_y / \tan \beta_z$$

Если на виде спереди шарнир 2 смещен вправо относительно ведомого вала коробки передач, как показано на рис. 2.87, то шарнир 1 надо повернуть в направлении вращения на угол $+\varphi$ (рис. 2.89). Когда ведущий вал главной передачи смещен влево, шарнир 1 требуется повернуть на угол $-\varphi$ (в обратном направлении). На рис. 2.90 наглядно показано, какого улучшения можно добиться за счет относительного смещения вилок карданных шарниров 1, 2. Полноприводный многоцелевой автомобиль 240GD/280GE фирмы «Даймлер-Бенц» (см. рис. 1.12 и 3.55) имеет переднюю зависимую подвеску с двумя продольными направляющими штангами. При

Рис. 2.89. Показанная на рис. 2.87 и 2.88 пространственная несоосность шарнирных вилок обуславливает смещение вилки 1 относительно шарнира 2 на угол φ в направлении вращения. Если шарнир 2 сдвинут вправо (относительно направления движения автомобиля), то угол φ будет отрицательным. Вид по стрелке *X* на рис. 2.87: *a* — направление вращения



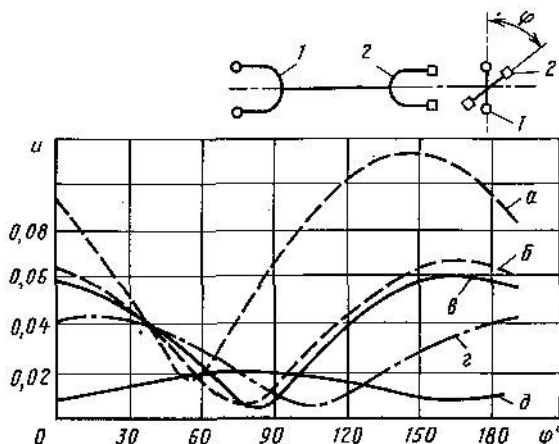


Рис. 2.90. Влияние угла смещения φ между карданными шарнирами на коэффициент неравномерности вращения u . Передний шарнирный вал на исследуемом автомобиле относительно короткий, следствием чего является повышенный угол изгиба β при ходах сжатия и отбоя:

a — полный ход отбоя; $б$ — без нагрузки, с водителем; $в$ — конструктивное положение (передняя подвеска); $г$ — при сжатии; $д$ — задняя подвеска, конструктивное положение

ходах сжатия и отбоя балка подвески поворачивается на угол $\pm\tau$ вокруг точки крепления штанги O_b (см. рис. 1.3). Это приводит к различным углам в шарнире со стороны главной передачи и коробки передач, и в зависимости от хода колес $\Delta\beta$ увеличивается. При $\varphi=0^\circ$ средняя неравномерность вращения u , замеренная фирмой «Даймлер-Бенц», составила 0,059. За счет смещения вилок на $\varphi\approx 80^\circ$ и удалось снизить до 0,004. Кроме уменьшения нагрузки трансмиссии это дало и другой положительный результат: значительное снижение уровня шума на месте водителя.

Линия, соединяющая точки крепления штанг O_b , определяет ось продольного крена, положение которой влияет на продольный крен при торможении. Если направляющую функцию задней зависимой подвески осуществляют два наклонных рычага с каждой стороны, их продолжение будет определять центр продольного крена (рис. 2.91). Эти рычаги имеют разную длину для обеспечения поворота оси под действием бокового крена кузова в направлении недостаточной поворачиваемости автомобиля (см. рис. 1.21).

Вследствие этого как при одинарных, так и при двойных рычагах изменяется положение ведущего вала H главной передачи, поворачивающегося вместе с балкой оси (рис. 2.92). При ходах сжатия и отбоя колес он поворачивается на угол $\pm\tau$, поэто-

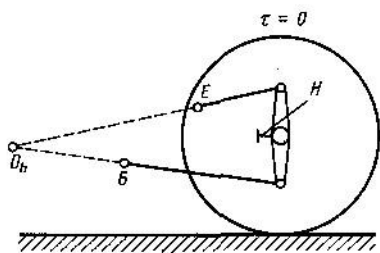


Рис. 2.91. В конструктивном положении (три человека по 68 кг) ведущий вал H главной передачи должен располагаться параллельно ведомому валу коробки передач, т. е. $\Delta\beta = \tau_b = 0$, что показано здесь для зависимой подвески с двумя парами рычагов. Находящая слева точка O_b указывает положение поперечно расположенной оси продольного крена

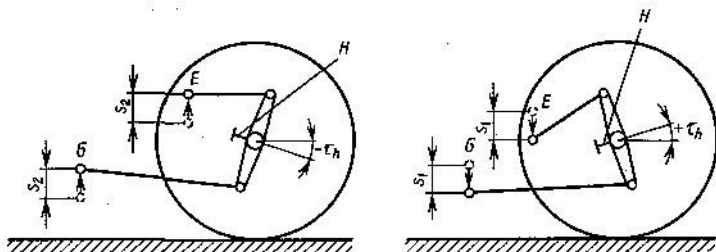


Рис. 2.92. Если в автомобиле находится один водитель и в баке мало топлива, это примерно соответствует снаряженному положению без нагрузки. Кузов при этом приподнимается на подвеске и за счет неодинаковой длины рычагов происходит поворот балки вместе с ведущим валом H главной передачи на угол τ . В результате изменяются показанные на рис. 2.86 углы в шарнире β_{21} и β_{22} . Аналогичное явление наблюдается при полной нагрузке автомобиля, только угол τ становится положительным. Точки пересечения продолжений рычагов определяют положение оси продольного крена, которая без нагрузки удаляется от оси колес, а при нагружении — приближается к ней

му изменяется $\Delta\beta_1 = \Delta\beta_{21} - \Delta\beta_{22}$ (см. рис. 2.86), возрастает u и в такой же степени увеличиваются нагрузки трансмиссии. Фирма «Опель», замерив силы, действующие на промежуточную опору карданной передачи автомобиля «Рекорд», установила, что они снижаются при полном ходе сжатия на 10 %, если за этой опорой установлен высокоскоростной подвижный шарнир (рис. 2.93, 2.94 и 2.103). Шесть шариков этого шарнира обеспечивают равномерность вращения соединяемых частей карданного вала и легкую подвижность в продольном направлении (по оси X). По этой причине такой шарнир находит применение на легковых автомобилях не только с зависимой подвеской, но и с задней независимой. В настоящее время для улучшения шумоизоляции используют сравнительно мягкие резиновые опоры двигателя и закрепляемой на кузове главной передачи. Такие опоры допускают продольные перемещения агрегатов. Карданный вал не должен препятствовать этим перемещениям, в том числе и при передаче крутящего момента.

Обычно для компенсации изменения длины карданной передачи применяют шлицевые соединения (рис. 2.95 и 2.83). Под нагрузкой такие соединения оказывают сопротивление сдвигу, усилие которого F_e зависит от передаваемого момента M_A , диаметра делительной окружности d_1 и результирующего пространственного угла $\beta_{рез}$:

$$F_e = 2mM_A(1/d_1 \cos \tau_m \cos \beta_{рез} + \operatorname{tg} \beta_{рез} / C),$$

где μ — коэффициент трения (для закаленных, азотированных и (или) фосфатированных деталей $\mu = 0,1$, при наличии рильсанового* покрытия $\mu = 0,06$); τ_m — угол между боковой поверхностью

* Рильсан — материал группы полиамидов. — Прим. пер.

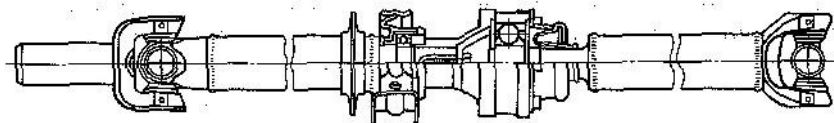


Рис. 2.93. Составной карданный вал автомобиля «Опель-рекорд» с упругой дисковой муфтой слева (не показана), брызговиком перед опорой переднего вала, центральным подвижным шарниром равных угловых скоростей фирмы «Лёбро» и карданными шарнирами на концах. Шарнир равных угловых скоростей обеспечивает на высокоскоростных, нагруженных больших крутящих моментами валах требуемую плавность работы трансмиссии при ходах задней зависимости подвески. К тому же он отличается легкой осевой подвижностью под нагрузкой

Рис. 2.94. Сравнение сил на промежуточной опоре карданного вала автомобиля «Опель-рекорд» в зависимости от общего хода колеса. Полная величина хода составляет $s_R = 217$ мм и обозначена на графике как 100%. Ход подвески s , сила F и угол β в центральном шарнире приведены в процентах. Эти результаты показывают, насколько можно снизить усилия (а вместе с ними и шумы) применением высокоскоростного подвижного шарнира, дополнительное преимущество которого состоит в значительном уменьшении усилия сдвига под нагрузкой;

1—разность углов в шарнирах $\Delta\beta$;

2—вал с карданным шарниром; 3—вал с шарниром равных угловых скоростей; а—без нагрузки; б—нагрузка в три человека; в—допустимая нагрузка; А—резиновый шарнир;

В—промежуточная опора; В—карданный шарнир либо подвижный шарнир равных угловых скоростей; Г—карданный шарнир

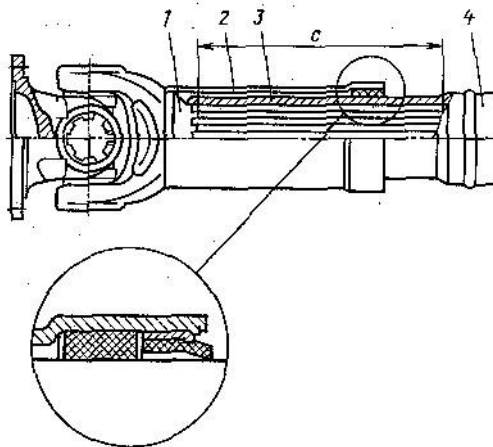
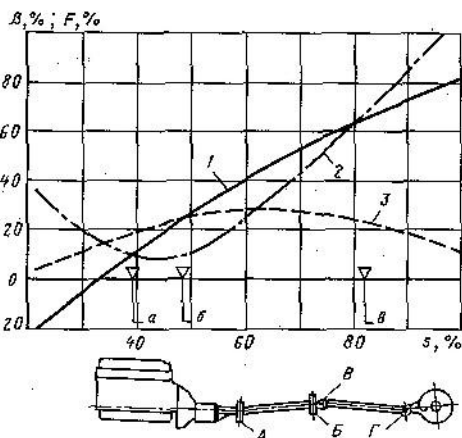


Рис. 2.95. Компенсация изменения длины на обычных карданных валах. Наибольшая величина перекрытия профиля с имеет место при полностью вдвинутом положении. К трубе 4 приварена насадка 5, во внутренний профиль которой вставлена цапфа 1 карданного шарнира. В качестве защиты служит труба 2, неподвижно насаженная на деталь 1. На конце расположено показанное отдельно в увеличенном масштабе двойное уплотнение, которое скользит по пластмассовому покрытию насадки 3 (рисунок фирмы ГВБ)

зуба и лучом из центральной точки; C — коэффициент перекрытия шлицевого соединения (длина контакта в зацеплении).

ДИН 5480	ДИН 5482	$d_i \cos \theta_m$, м	$C_{\min}$, м
20×1,5	20×17	0,0159	0,037
25×1,5	25×22	0,0204	0,047
32×2	32×28	0,0258	0,060
38×2	38×34	0,0310	0,072
52×2,5		0,0427	0,100
55×2,5		0,0452	0,105
65×2,5		0,0539	0,125
75×2,5		0,0626	0,145
90×2,5		0,0758	0,175

2.4.2. Специальные конструкции карданного вала

Для экономии материала фирма «Кляйн» накатывает требуемый для компенсации изменения длины карданной передачи шлицевой профиль непосредственно на наружной и внутренней трубах (рис. 2.96). Фирма «Фольксваген» на автомобиле «Пассат вариант синхро» 1984 г. выпуска предусматривает шарниры равных угловых скоростей с осевой подвижностью (фирмы «Лебро») на обоих концах карданного вала (рис. 2.97 и 2.98), а на промежуточной опоре, по соображениям стабильности, применяется карданный шарнир.

Для улучшения распределения нагрузок по осям коробка передач может быть отделена от двигателя и помещена перед главной передачей или за ней. Тогда оба этих агрегата объединяются в единый блок (см. рис. 3.66). В таких случаях карданный вал нагружается только крутящим моментом двигателя, но момент инерции вала должен быть чрезвычайно малым, чтобы не оказывать сопротивления быстрому угловому ускорению. Для этого можно применять трубу из алюминиевого сплава (рис. 2.99), в расширенных концах которой установлены нагружаемые на сдвиг резиновые муфты. Привулканизированные внутренние втулки имеют мелкошлицевой профиль, а стальные наружные оболочки — продольные канавки, в которые вдавлена указанная алюминиевая труба.

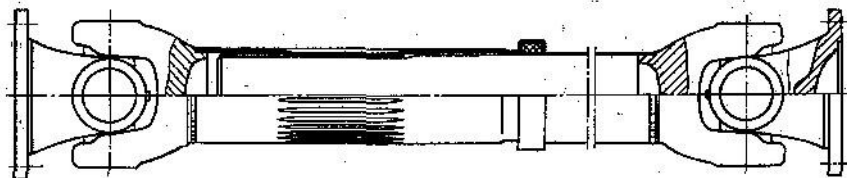


Рис. 2.96. Карданный вал облегченной конструкции, изготавливаемый из стали фирмой «Кляйн»

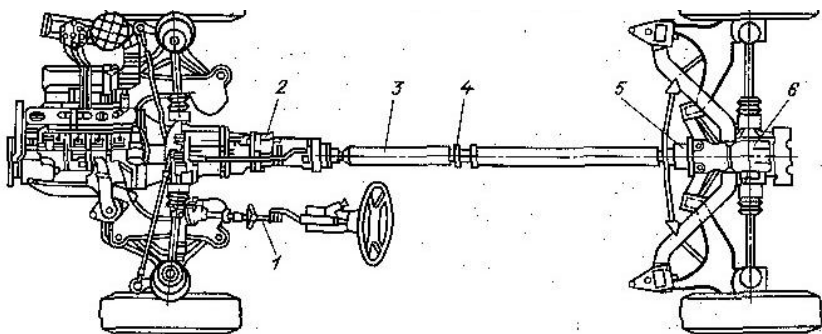


Рис. 2.97. Полноприводный автомобиль «Пассат вариант синхро» фирмы «Фольксваген». Коробка передач расположена между передней главной передачей и раздаточной коробкой. Передача крутящего момента на заднюю главную передачу осуществляется карданным (шарнирным) валом. Хорошо видны длинные рулевые тяги, требуемые при подвеске с направляющими стойками, и задние косые рычаги; пятицилиндровый двигатель имеет переднее продольное расположение:

1—раздаточная коробка; 2—пятиступенчатая коробка передач; 3—карданный вал; 4—промежуточная опора; 5—шарнир равных угловых скоростей; 6—задняя главная передача.

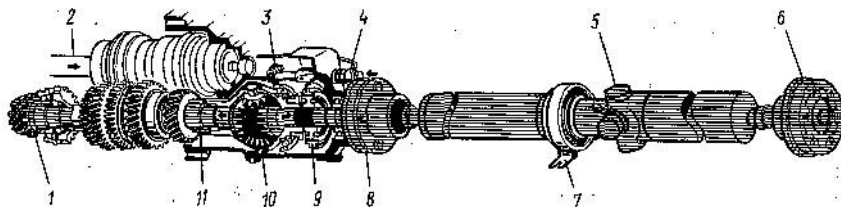


Рис. 2.98. Карданный вал автомобиля «Пассат вариант синхро». Из-за высокой частоты вращения двигателя применена составная конструкция карданного вала и только на центральной опоре сохранился еще карданный шарнир. Требуемая плавность вращения обеспечивается высокоскоростными шарнирами «Лёбро» на концах вала. Это шарниры одновременно компенсируют неточности установки, а также продольные и угловые перемещения между силовым агрегатом и задней главной передачей. Хорошо видны конические шестерни дифференциала раздаточной коробки и подвижная муфта блокировки:

1—ведущая шестерня главной передачи; 2—ведущий вал; 3—выключатель блокировки дифференциала; 4—привод включения блокировки дифференциала; 5—карданный шарнир; 6—шарнир равных угловых скоростей; 7—центральная опора; 8—шарнир равных угловых скоростей; 9—подвижная муфта; 10—конические шестерни дифференциала; 11—полый вал

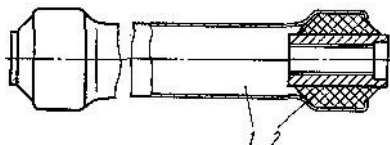


Рис. 2.99. Карданный вал мод. 343/360 фирмы «Вольво». На этих автомобилях автоматическая коробка передач, называемая «Вариоматик», размещена сзади и образует единый блок с главной передачей (см. рис. 3.9). Труба карданного вала выполнена из алюминиевого сплава $AlMgSi\ 0,5F22$ с $\sigma_{B215}\text{ МПа}$, $\sigma_{0,2}\geq 160\text{ МПа}$, $\delta_s\geq 12\%$:

1—алюминиевая труба; 2—резиновая муфта

2.4.3. Шарниры валов

Карданный шарнир. Карданный шарнир является, пожалуй, самой экономичной конструкцией, способной под углом передавать крутящий момент на автомобилях классической компоновки и полноприводных. Он располагается по концам продольных валов практически всех грузовых автомобилей. На легковых же автомобилях для обеспечения требуемой плавности трансмиссии карданные шарниры применяются за редким исключением (см. рис. 2.149) только в сочетании с упругими дисковыми муфтами и (или) высокоскоростными подвижными шарнирами. Важным является соблюдение условий, приведенных на рис. 2.86-2.88. Карданный шарнир состоит из штампованной крестовины 5 и вилок 1 и 7 (рис. 2.100). Корпус 6 каждого подшипника фиксируется стопорным кольцом 2. Внутренние уплотнения плотно прилегают к крестовине. Торцы шипов крестовины опираются на армированные стекловолокном пластмассовые шайбы 4 со спиральной канавками. Пресс-масленка 8 требуется для заполнения смазкой полостей 3 на случай большого нагружения. Вилки 1 и 7 изготавливаются из улучшенной стали $34Cr4V$ с $\sigma_B=800\div 950$ МПа, а крестовина — из стали 25 $MoCr4$ с поверхностной твердостью $HRC62\pm 2$ и глубиной заделки около 1,2 мм.

Корпус 6 игольчатого подшипника перемещается относительно шипа крестовины 5 на величину, которая зависит от угла в шарнире β , поэтому уплотнение может быть выполнено здесь по-другому, нежели в колесных подшипниках (см. разд. 2.5.4.). К тому же при повышенных скоростях движения карданный вал вращается с большой скоростью, что обуславливает соответствующий центробежный эффект. По этим причинам нетрудно сделать для легковых и дорожных грузовых автомобилей подшипники, не требующие обслуживания. На рис. 2.101 и 2.102 показаны две такие конструкции фирмы *SKF*.

Высокоскоростной подвижный шарнир. В отличие от подвижных шарниров разных угловых скоростей, описанных в разд. 2.4.4, конструкции, применяемые в карданных валах, должны передавать значительно меньшие моменты, однако они в равной мере обеспечивают преимущество полной

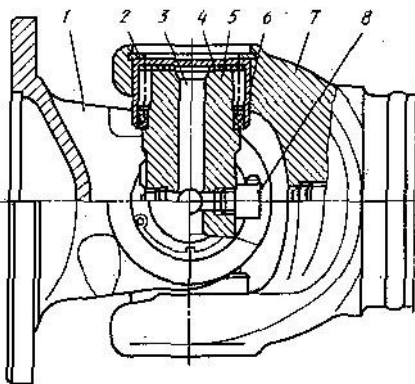


Рис. 2.100. Смазываемый карданный шарнир фирмы ГВБ для грузовых автомобилей

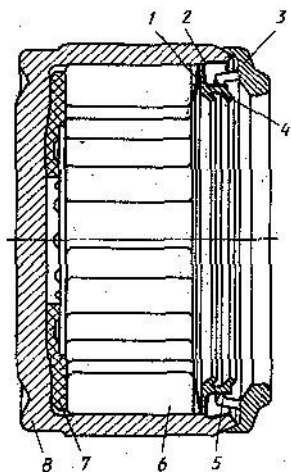


Рис. 2.101. Подшипник крестовины, не требующий обслуживания, выпускаемый фирмой СКФ для установки на грузовых автомобилях. Уплотнительная манжета 4 имеет двойную кромку и привулканизированное кольцо 2 U-образного сечения, с помощью которого она закреплена в корпусе 8 игольчатого подшипника. Во внутреннюю полость U-образного сечения входят лапки 5 внешнего уплотнения 3, которое выполнено из полиуретана и прижимается крестовиной снаружи к корпусу 8 подшипника. При относительных перемещениях этих деталей лапки скользят по U-образному кольцу, а само уплотнение 3 — снаружи по корпусу 8. Дифрагменная пружина 1 прижимает иголки 6 к пластмассовой шайбе 7, армированной стекловолокном и имеющей спиральную канавку. Эта шайба служит одновременно для удержания смазочного материала. С ней контактирует также торец шипа крестовины. Иголки подшипника изготавливаются из стали 100Cr4, а корпус — из 15Cr3E. Глубина закалки составляет $0,4 \pm 0,8$ мм, а поверхностная твердость дорожки качения в корпусе — не менее 710 HV10

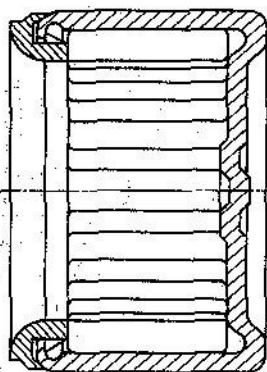


Рис. 2.102. Подшипник крестовины кардана производства фирмы СКФ для легковых автомобилей с корпусом, получаемым без снятия стружки. Доннышко, с которым контактирует торец шипа крестовины, имеет «вафельную» сетку, которая смягчает толчки и одновременно служит для удержания смазочного материала. Иголки прижимаются к доннышку внешним уплотнением. Подшипник устанавливается в вилке с таким натягом, что усилие выпрессовки составляет не менее 1 кН; для дополнительного стопорения корпуса подшипника служит зачеканивание вилки в 4—6 местах равномерности вращения. Из-за высокой частоты вращения (6000 мин^{-1} и более) уплотнительный чехол 4 помещен внутрь колпака 3 из стального листа (рис. 2.103), к которому он прижимается под действием центробежной силы. На этом рисунке показаны возможная величина смещения шарика от положения 1 до положения 2 и центрирование по перифе-

рии с посадкой $\varnothing H7/h6$. Карданный вал с таким шарниром представлен на рис. 2.93, а вариант его применения на полноприводном автомобиле — на рис. 2.97 и 2.98.

Упругие дисковые муфты. Если главная передача легкового автомобиля с независимой задней подвеской или подвеской «Де-106

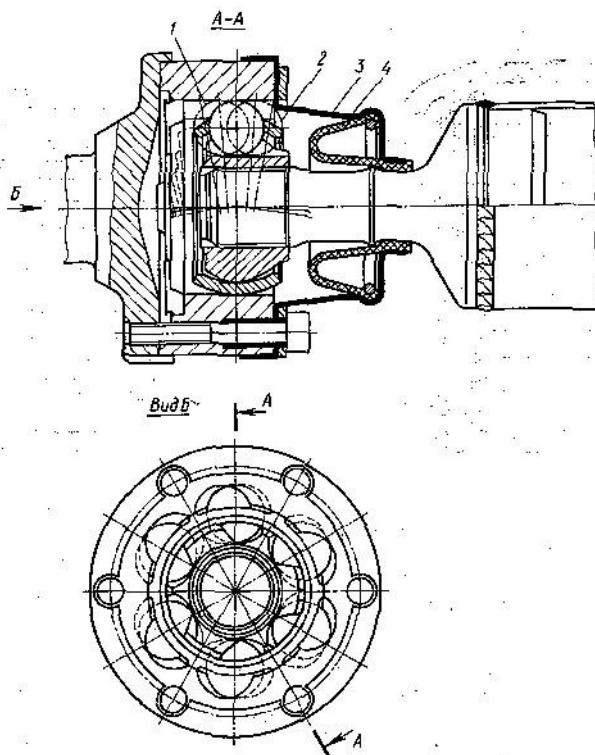


Рис. 2.103. Высокоскоростной подвижный шарнир, разработанный фирмой «Лёбро» для применения в карданных валах, со следующими характеристиками: осевая подвижность до 12 мм, угол в шарнире 10° , скорость вращения до 9000 мин^{-1} ; на испытательных стендах допускается скорость 12000 мин^{-1} . При установке на автомобиле должно соблюдаться условие $n\beta \leq 2000$ для длительной работы; кратковременно допустимо $n\beta = 3000$. Из-за высокой скорости вращения и для предотвращения повреждений уплотнительный чехол помещен в колпак. Фирма «Опель» применяет такой шарнир на автомобиле «Рекорд», а БМВ — на автомобилях 5-й серии (Вид Б дан без крышки и присоединительного фланца)

дион» крепится к поперечине или кузову (см. рис. 5.48 и 8.14), то ведомый вал коробки передач и ведущий вал главной передачи располагаются соосно либо между ними имеется лишь небольшое постоянное угловое смещение. Несмотря на это эластичные подвески главной передачи и силового агрегата требуют наличия податливого соединения хотя бы на одном конце карданного вала. Для этой цели подходят, в частности, упругие дисковые муфты фирмы *SGF* (рис. 2.104). Передача крутящего момента в них осуществляется петельными комплектами из нейлоновых или вискозных нитей, которые, работая на растяжение, соединяют между

собой крепежные втулки. Окружающий их слой резины осуществляет защитную функцию и может быть приспособлен к конкретным внешним воздействиям и особенностям работы. Преимуществами таких муфт являются широкий диапазон свойств, обеспечивающих получение желательной характеристики колебаний, высокая нагрузочная способность, малые размеры и небольшой дисбаланс. Нормальное исполнение муфты допускает лишь небольшие углы в шарнире и малые осевые перемещения. В противном случае требуется муфта специальной конструкции. Результатом дальнейшей разработки в этом направлении является упругая дисковая муфта с сильно прогрессивной и различной характеристикой скручивания в тяговом и тормозном режимах (рис. 2.105). Эксцентрично размещенные резиновые подушки муфты находятся между малыми внутренними (в которые вставляются болты) и большими наружными втулками, на которые накладываются петельные комплекты. Резиновые подушки нагружаются на сжатие только при торможении двигателем. В тяговом режиме внутренние втулки уже после небольшого поворота приходят в контакт с наружными. За счет этого при торможении двигателем получается значительно более мягкая характеристика на скручивание, чем в нормальном режиме движения. Используя упоры, эти резиновые подушки можно расположить таким образом, что характеристика в обоих направлениях будет одинаковой. В рабочем диапазоне прямой передачи получается очень мягкая характеристика, а за счет включающихся в работу на низших передачах упоров предотвращаются слишком большие углы скручивания (рис. 2.106). Высокая частота вращения двигателя (а вместе с ним и карданного вала) требует наличия осевого центрирования.

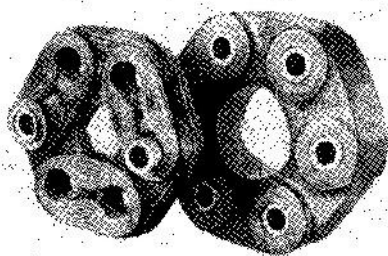


Рис. 2.104. Целая упругая дисковая муфта фирмы СГФ. Как показано слева, крепежные втулки связываются петельными комплектами, скрытыми в резине, которые при малых размерах муфты могут передавать большие крутящие моменты

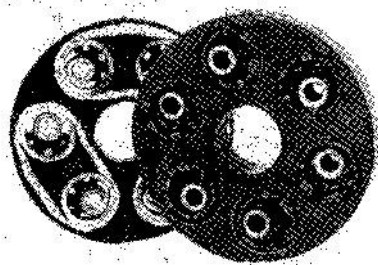


Рис. 2.105. Упругая дисковая муфта, разработанная совместно фирмами «Даймлер-Бенц» и СГФ, устанавливаемая на автомобилях 280S/280SE на переднем конце карданного вала для достижения хорошей шумо- и виброизоляции

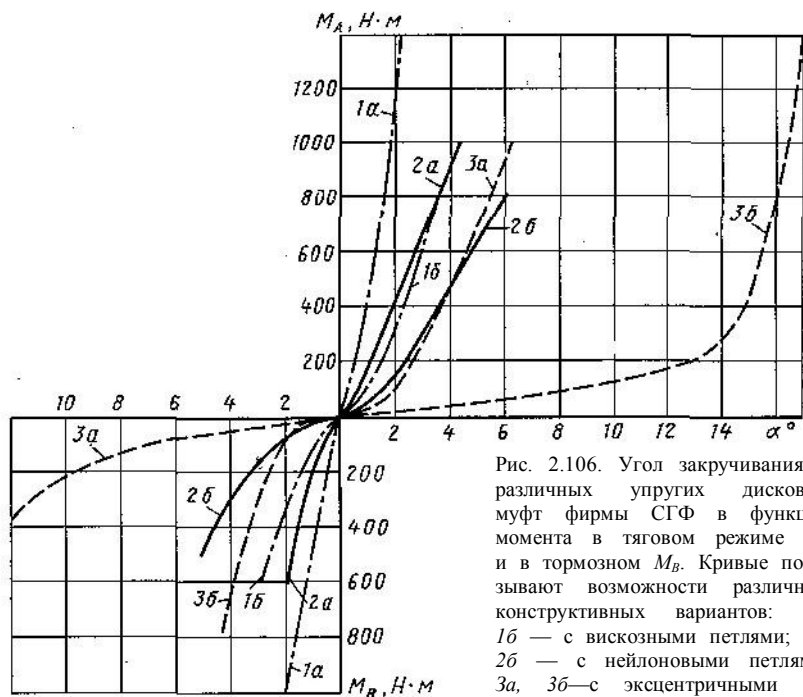
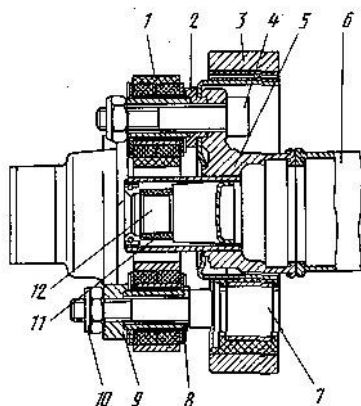


Рис. 2.106. Угол закручивания α различных упругих дисковых муфт фирмы СГФ в функции момента в тяговом режиме M_A и в тормозном M_B . Кривые показывают возможности различных конструктивных вариантов: 1а, 1б — с вязкозными петлями; 2а, 2б — с нейлоновыми петлями; 3а, 3б — с эксцентричными резиновыми подушками

На рис. 2.107 показано решение, применяемое фирмой «Даймлер-Бенц» на мод. 190/190E, а на рис. 2.108. — центрирующая втулка, изготавливаемая фирмой «Фройденберг».

Рис. 2.107. Упругая дисковая муфта фирмы СГФ, устанавливаемая на автомобиле 190/190E для соединения фланца 9 коробки передач и фланца 5 карданного вала. Для центрирования во фланец 5 запрессована втулка 11, в которую входит цапфа 12. Крепление муфты 1 осуществляется болтами 4 с внутренним шестигранником совместно с самоподтягивающимися гайками 10; для центрирования предназначены втулки 2, которые одновременно удерживают гаситель 3, демпфирующий и уменьшающий крутильные и изгибные колебания, затяжка бортов 4 осуществляется через отверстия 7. Хорошо виден шов стыковой сварки трубы 6 карданного вала и фланца 5: 8 — уплотнительная втулка



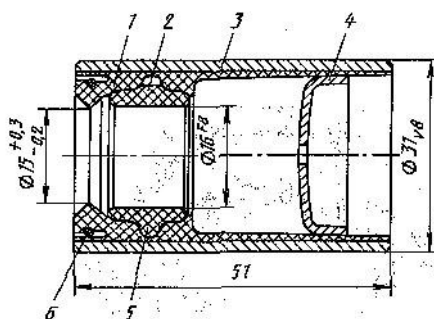


Рис. 2.108. Центрирующая, втулка карданного вала автомобиля «Мерседес 190/190Е». Наружная труба 3 имеет допуск, обеспечивающий надежную посадку во фланце. В трубе имеется эластомерный слой 1, удерживающий втулку 2 из сополимера ацетата с точным внутренним отверстием. Периферийный выступ 5 с сегментными вырезами практически обеспечивает отсутствие радиального перемещения деталей 3 и 2, т. е. отклонения от соосности карданного вала. Проникновение грязи предотвращает запрессованная крышка 4 и уплотнительная кромка; пружинка 6 прижимает эту кромку к подвижной детали карданного вала (рисунок фирмы «Фройденберг»)

Резиновая муфта. На рис. 2.109 показана упругая муфта с осевым центрированием фирмы «Гётце». Ее упругая часть состоит из предварительно напряженных, сжатых резиновых сегментов, которые привулканизированы к радиально расположенным пластинам (рис. 2.110). Муфта отличается хорошим демпфированием крутильных колебаний и изоляцией структурных шумов и, кроме того, обладает следующими особенностями:

1. Крутильной эластичностью, т.е. эластичным восприятием толчков при трогании с места и включении сцепления, а также возможностью смещения критических диапазонов частоты вращения за счет различных твердости резины и демпфирующих свойств;

2. Осевой подвижностью, т.е. возможностью компенсации изменения расстояния. Это позволяет разгрузить шлицевое соединение карданного вала;

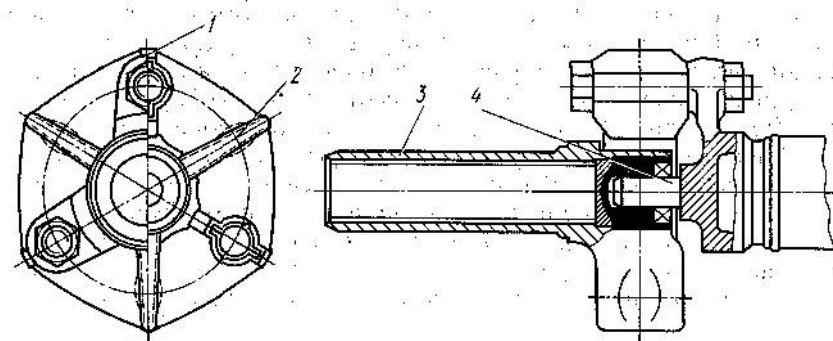
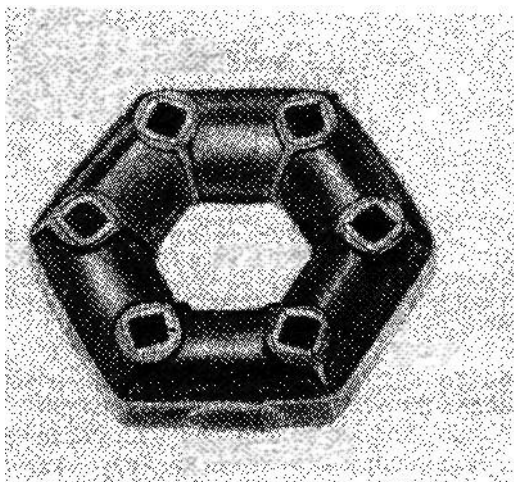


Рис. 2.109. Муфта «Гуибо» фирмы «Гётце». К резиновым деталям привулканизованы звездочки 1 и 2. Звездочка 2 выполнена заодно со скользящей втулкой 3, осевое центрирование осуществляет цапфа 4, имеющая эластичную опору и торцевое уплотнение. Такая конструкция отличается малым моментом инерции

Рис. 2.110. Муфта «Гуибо» фирмы «Гётце», которая при использовании в карданных валах и полуосях допускает следующие максимальные значения: продолжительный крутящий момент 800 Н·м, угол в шарнире $\pm 8^\circ$, смещение ± 12 мм. При повышенных скоростях вращения требуется осевое центрирование. Муфта должна устанавливаться в обжатом состоянии, для этого служит стальная лента, снимаемая после монтажа



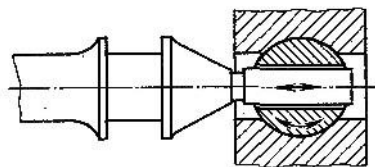
3. Угловой подвижностью, которая может компенсировать не только угловые отклонения, но и (если осевое центрирование при малых скоростях вращения не требуется) обусловленное погрешностями изготовления боковое смещение, а также несоосность, возникающую при работе;

4. Отсутствием необходимости обслуживания.

2.4.4. Задние полуоси

На заднемоторных автомобилях с качающимися полуосями (как, например, «Фольксваген-кэфер») для передачи крутящего момента на каждой полуоси требуется только один шарнир (со стороны главной передачи) с угловой и осевой подвижностью. В этом случае достаточно иметь на полуоси штампованную цапфу с поверхностной закалкой, скользящую в поворотном сухаре (рис. 2.111). Недостатком шарнира является высокое давление (из-за малых размеров цапфы), а также неизбежное трение скольжения. Поэтому в настоящее время вместо такого шарнира применяется подвижный шарнир равных угловых скоростей, в котором передача крутящего момента осуществляется шестью шариками или тремя роликами, установленными на звездочке. Его преимуществом является безусловная равномерность вра-

Рис. 2.111. Шарнир с сухарем, имеющий малую осевую и угловую подвижность, размещенный в картере главной передачи автомобиля «Фольксваген 1200L» (двухшарнирная подвеска с качающимися полуосями)



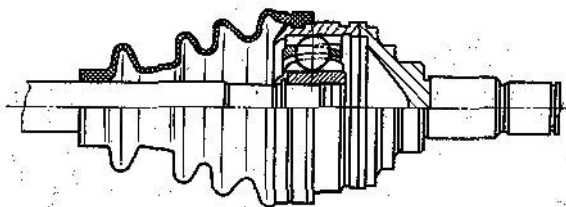


Рис. 2.112. Подвижный шарнир равных угловых скоростей фирмы «Лёбро», допускающий углы в шарнире до 22° , перемещения до 45 мм и максимальные крутящие моменты при $\beta \leq 10^\circ$ до 5,9 кН·м. Приваренная встык к корпусу шарнира стержневая надставка входит в ступицу колеса или в двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник (см. рис. 9.143).

щения как при различных углах в шарнире β , так и при смещении валов в пространстве. Кроме того, этот шарнир обладает хорошей подвижностью под нагрузкой (при передаче крутящего момента). Современные серийные конструкции шарнира допускают осевое перемещение до 55 мм и кратковременное значение угла в шарнире до 22° . Если легковой автомобиль классической компоновки или заднемоторный имеет сзади независимую подвеску или подвеску «Де-дион», то как со стороны главной передачи, так и со стороны колеса требуются подвижные шарниры равных угловых скоростей (см. рис. 5.49, 6.63, 8.18).

На рис. 2.112 — 2.114 показан наиболее часто применяемый шарнир фирмы «Лёбро», в котором установленные в сепараторе шарики, перекатываясь по косым закаленным дорожкам звездочки и корпуса, передают крутящий момент. Другая конструкция — шарнир типа трипод — изготавливается фирмой «Гленсер-спайсер» в открытом и закрытом вариантах (см. рис. 2.114 и 2.121). Подвижный шарнир может размещаться в конических полуосевых шестернях (рис. 2.115). Эта компактная конструкция была разра-

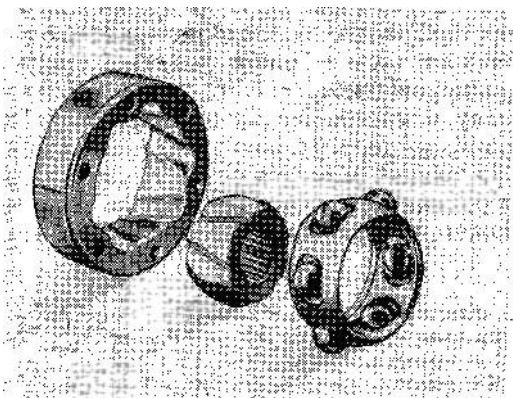


Рис. 2.113. Косые шариковые дорожки на внутренней и наружной деталях шарнира обеспечивают осевое центрирование шести шариков, если (как в задних независимых подвесках) полуось имеет два подвижных шарнира равных угловых скоростей

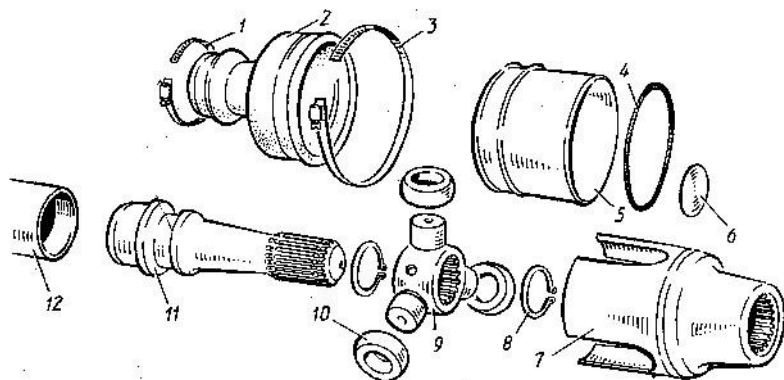


Рис. 2.114. Детали подвижного шарнира трипод фирмы «Гленсер-спайсер». Труба 12 служит полуосью и сварена с цапфой 11. Цапфа 11 мелкошлицевым профилем соединяется со звездочкой 9 трипода; три ролика 10 входят в выемки корпуса 7 шарнира и передают крутящий момент в этой «открытой» конструкции. Внешнюю грязезащиту осуществляют уплотнительное кольцо 4, крышка 5 и чехол 2; изнутри отверстие закрывается крышкой 6. Хомуты 1 и 3 крепят чехол, а стопорные кольца 8 — звездочку. Этот шарнир допускает углы до 22° , перемещение до 55 мм и крутящие моменты до 4,2 кН·м. Чтобы обеспечить требуемую плавность вращения, угол в шарнире не должен превышать в продолжительном режиме 4° .

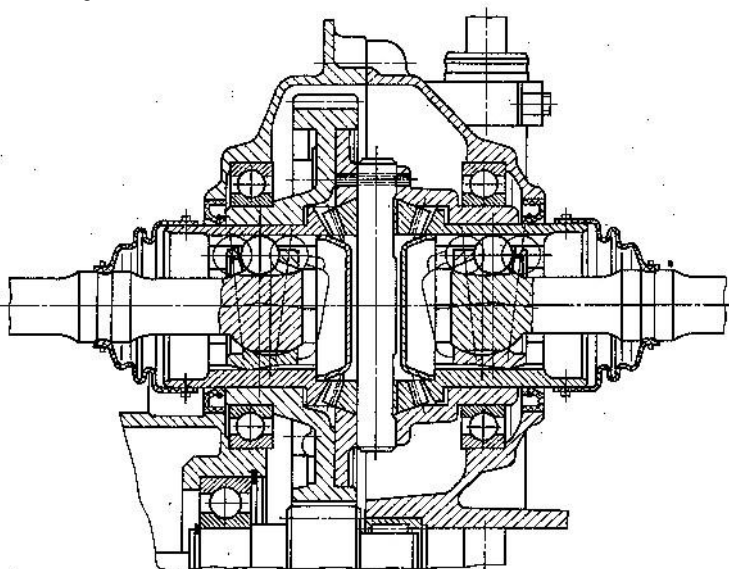


Рис. 9.115. Подвижные шарниры равных угловых скоростей фирмы «Лёбро», размещенные в конических полуосевых шестернях автомобиля NSU 1100 TTS. Крутящий момент передают пять шариков, за счет смещения шарниров внутрь удалось удлинить полуоси и уменьшить углы в шарнирах. Эта компактная конструкция с успехом применялась в указанном заднемоторном автомобиле с поперечным расположением силового агрегата.

ботана в конце 60-х годов фирмой «Лёбро» и применялась в то время фирмой НСУ на спортивной версии автомобиля *1100TTS*. Если полуоси задних колес должны передавать особенно б+ольшие крутящие моменты (см. рис. 2.149, гоночный автомобиль «Рено» формулы 1) или боковые силы (как на автомобилях «Ягуар», рис. 5.41), то экономически и технически обоснованным решением представляется применение двух карданных шарниров с каждой стороны, при этом должны выполняться условия, изложенные на рис. 2.86—2.88.

2.4.5. Передние полуоси

Для поворота передних колес на наружных концах полуосей требуются шарниры, допускающие поворот без изменения угловой скорости. Это условие можно выполнить с помощью двух карданных шарниров, объединенных в один сдвоенный шарнир по схеме на рис. 2.116. При использовании такого шарнира в зависимых передних подвесках осевое центрирование не обязательно. Как можно видеть из рис. 2.117, полуось и вал колеса фиксируются без зазора подшипниками качения 8 и 10. При такой конструкции вал 2 колеса нагружается только на кручение. Изгибающие моменты, вызываемые вертикальными, боковыми и продольными силами, воспринимает ступица 1 колеса, которая через два конических роликовых подшипника опирается на шейку 6 корпуса шарнира. Обе взаимно стопорящиеся гайки 4 и 5 на наружном конце шейки позволяют регулировать осевой зазор после снятия поводкового фланца 3. Внутренний диаметр обозначенной крестиком уплотнительной манжеты 7, отделяющей полость тормозного механизма, выбран таким образом, чтобы при снятой ступице манжета проходила без повреждений над оставшимися роликами внутреннего подшипника.

При зависимых подвесках расстояние a между центром карданного шарнира и точкой опоры D полуоси обуславливает прогиб на величину s_1 или угол α_D , которые прямо зависят от диаметра полуоси ($J \approx 0,049d^4$, рис. 2.118). Поэтому он должен быть таким, чтобы указанный прогиб, ухудшающий условия работы игольчатого подшипника, не превышал определенных границ. При незави-

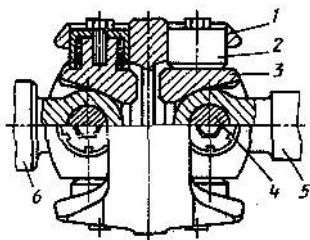


Рис. 2.116. Сдвоенный шарнир без осевого центрирования фирмы ГВБ, который можно применять при зависимой передней подвеске. Шарнир допускает углы до 48 или 50°, передаваемые крутящие моменты — до 20 кН·м:

1—поводковое кольцо; 2—игольчатый подшипник; 3—крестовина; 4—палец шарнира; 5—ведомый вал; 6—ведущий вал

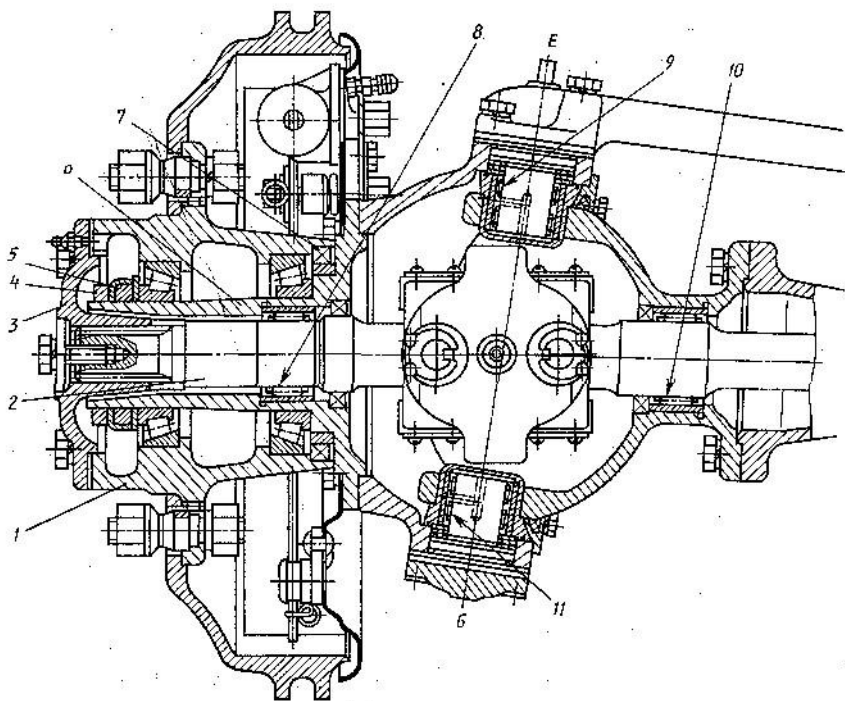


Рис. 2.117. Сдвоенный шарнир без осевого центрирования фирмы ГВБ, устанавливаемый на полноприводном грузовом автомобиле высокой проходимости. Центр шарнира должен находиться на оси поворота EG колеса. Крутящий момент передается от вала 2 колеса через фланец 3 на ступицу 1 колеса. Оба коротких шкворня поворачиваются в компактных комбинированных игольчатых подшипниках 9 и 11 фирмы ИНА; эти подшипники могут воспринимать осевые и радиальные усилия. На рис. 2.46 этот сдвоенный шарнир показан в разрезе

симых подвесках, когда требуется осевое центрирование, реакция F_D воспринимается центрирующей опорой 1, т.е. в середине шарнира (рис. 2.119).

Сдвоенные шарниры такой конструкции раньше устанавливались на некоторых легковых автомобилях, а в настоящее время все без исключения изготовители применяют неподвижный шарнир равных угловых скоростей, называемый также шарниром Рцеппа. В обычном исполнении он допускает углы в шарнире до 47° , а при наибольших габаритных размерах может нагружаться моментом до $20 \text{ кН}\cdot\text{м}$ при $\beta \leq 10^\circ$. Шарнир Рцеппа короче и компактнее, чем сдвоенный шарнир, а его хорошая подвижность исключает передачу на рулевое управление реакции привода даже при резком разгоне на повороте. Передача крутящего момента в шарнире осуществляется шестью шариками 3 (рис. 2.120), которые перекатываются по круговым дорожкам звездочки 6 и корпуса 1. Не-

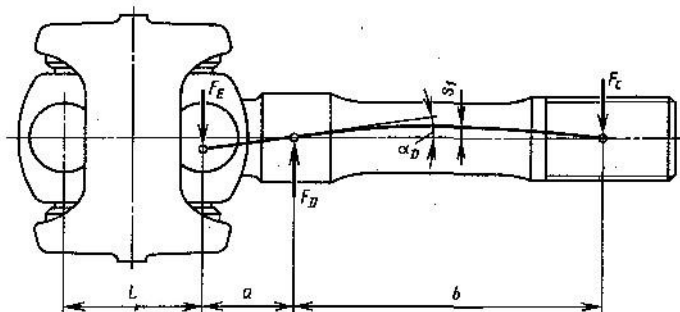


Рис. 2.118. Чем больше тяговый момент M_A и угол β в шарнире, тем больше усилие в центре крестовины. Возникающий прогиб s_1 и связанный с ним угол α_D зависят от расстояния a , момента инерции сечения J полуоси и модуля упругости E материала.

$$s_1 = \frac{F_E a b^2}{9\sqrt{3} E J}; \quad \operatorname{tg} \alpha_D \approx \frac{F_E a b}{3 E J}.$$

Упругий прогиб:

Силы в опорных точках: $F_E = (2 M_A \sin \beta / 2) / L$; $F_D = F_E (a+b) / b$; $F_C = F_E a / b$.

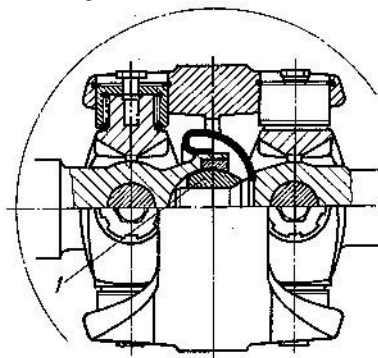


Рис. 2.119. Сдвоенный шарнир фирмы *GWB*, применяемый при независимой подвеске. В центре предусмотрено сферическое центрирование: l — центрирующая опора

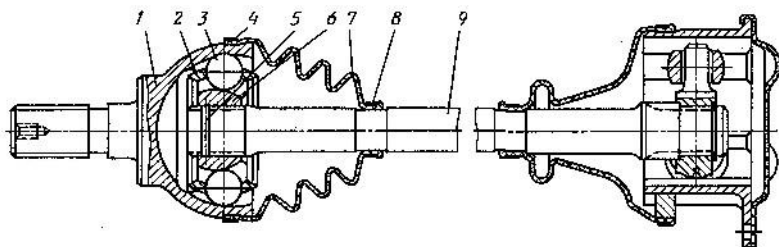
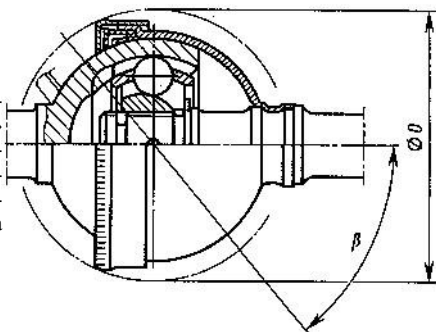


Рис. 2.120. Привод переднего колеса легких грузовиков *C32/C35* фирмы «Ситроен», имеющий снаружи неподвижный шарнир равных угловых скоростей фирмы «Лёбро». Проволочное стопорное кольцо 5 стопорит вал 9 относительно внутренней детали 6. Соединение с коробкой передач осуществляет закрытый подвижный трипод

Рис. 2.121. Неподвижный шарнир равных угловых скоростей фирмы «Лёбро» со стальным колпаком. Для обеспечения герметичности и безопасности резбовое кольцо, удерживающее уплотнительную манжету, должно быть всегда плотно затянуто



зависимо от угла поворота колеса шарики всегда устанавливаются в плоскости биссектрисы угла в шарнире. Это достигается строго определенными формами шариковых дорожек и расположенного между звездочкой и корпусом сферического сепаратора 2. Шарнир заправляется долговечной смазкой и не требует обслуживания. Его герметизация осуществляется гофрированным чехлом 7 из хлорбутадиенового каучука или полиуретана, который крепится хомутами 4 и 8. При негерметичности чехла вода и пыль могут проникнуть внутрь шарнира и вывести его из строя. В табл. 1.2 приведена выявленная при техосмотрах частота этого дефекта и возможные его последствия. На рис. 2.137, 2.142, 2.147 и 2.158 показан в разрезе неподвижный шарнир равных угловых скоростей фирмы «Лёбро».

На автомобилях высокой проходимости уплотнителем может служить закрепленный на полуоси стальной колпак (рис. 2.121). Недостатком такой конструкции является увеличение примерно на 15 мм диаметра вращения O и снижение до 40° угла в шарнире β . Для надежного уплотнения требуется определенный предварительный натяг радиальной манжеты, скользящей по гладкой поверхности корпуса шарнира.

При ходе сжатия и отбоя подвески длина полуоси теоретически не изменяется в том случае, если ее величина и расположение выбраны в соответствии с рычагами и другими направляющими элементами подвески. Линия продолжения полуоси должна проходить через полюс P , а центр неподвижного шарнира — находиться на оси поворота EG (рис. 2.142 и 6.39). Как отмечено в [32], для рулевых тяг центр неподвижного шарнира можно определить нахождением полюса или с помощью шаблона. Соблюдение указанных условий предотвращает осевые перемещения в подвижном шарнире при ходах отбоя и сжатия подвески, а также при повороте колеса. Оба этих условия могут быть реализованы на переднеприводных автомобилях с подвеской на двойных поперечных рычагах, однако исключить возникающую при движении податливость в опорах рычагов едва ли возможно. Кроме того,

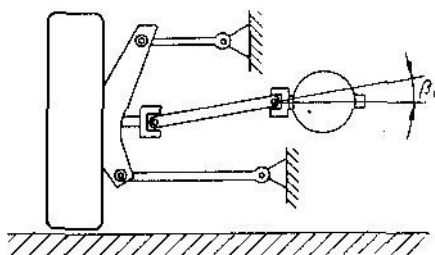


Рис. 2.122. Угол β_i во внутреннем подвижном шарнире полуоси переднеприводного автомобиля. Вследствие изменения развала угол в наружном неподвижном шарнире принимает при ходах сжатия и отбоя колеса значения, отличные от β_i .

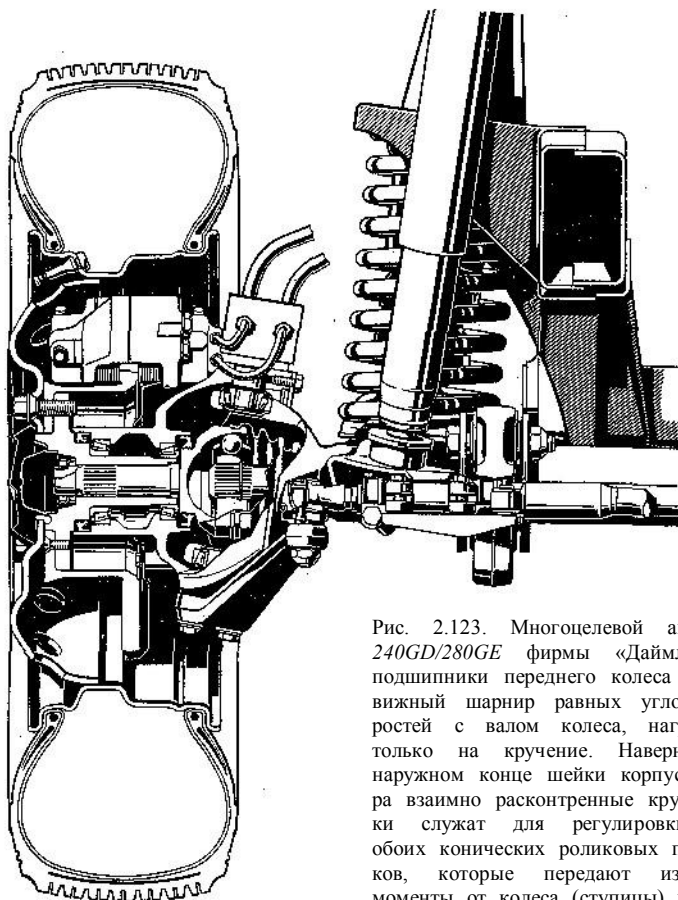


Рис. 2.123. Многоцелевой автомобиль 240GD/280GE фирмы «Даймлер-Бенц»: подшипники переднего колеса и неподвижный шарнир равных угловых скоростей с валом колеса, нагруженным только на кручение. Навернутые на наружном конце шейки корпуса шарнира взаимно расконтренные круглые гайки служат для регулировки люфта обоих конических роликовых подшипников, которые передают изгибающие моменты от колеса (ступицы) на корпус шарнира

при этом типе привода широко применяются направляющие пружинные стойки, требующие для предотвращения боковых перемещений удлиненных полуосей. Таким образом, со стороны главной передачи необходим подвижный шарнир, причем для обеспечения равномерности вращения наружного неподвижного шарнира может быть применена лишь одна из конструкций, показанных на рис. 2.112—2.114.

Со стороны главной передачи иногда устанавливаются карданные шарниры с компенсирующим шлицевым соединением. В этом случае преимущество наружного шарнира Рцеппа (высокая равномерность вращения) оборачивается его недостатком, если полуось в плане отклоняется вперед или назад, либо на виде сзади имеется даже незначительный угол в шарнире β_i (рис. 2.122). По этой причине изменения скорости вращения могут вызвать при прямолинейном движении без помех по ровной дороге периодические колебания в передней подвеске и рулевом управлении (см. рис. 2.86—2.88).

Из-за многих своих преимуществ неподвижный шарнир равных угловых скоростей фирмы «Лёбро» применяется не только в независимых подвесках, но и в зависимых подвесках передних ведущих колес. На рис. 2.123 показан этот шарнир в разрезе, а вся подвеска изображена на рис. 3.55.

2.4.6. Материалы

Детали шарниров должны обладать высокой твердостью поверхности, поэтому они изготавливаются из цементируемых сталей (*20MnCr5*, *20MoCr4*, *20NiCrMo2*) или пригодной для поверхностной закладки улучшаемой стали (*Cf53V* и *Ck45V*). Сталь *Ck45V* применяется также для полуосей. Она имеет следующие показатели: $\sigma_B=700\div850$ МПа, $\sigma_T\geq480$ МПа, $\delta_5\geq14\%$, $\epsilon_R = 0,69$. Более высококачественные стали обладают большей прочностью и более приемлемым соотношением предела текучести и предела прочности $\epsilon_R = \sigma_T/\sigma_B$. У стали *41Cr4V*, например, $\epsilon_R \approx 0,8$. Предел текучести при кручении определяется по уравнению $\tau_T \approx 0,58\sigma_T$, т. е. чем выше значения ϵ_R и τ_T , тем тоньше и легче будет полуось (поз. 9 на рис. 2.120), соединяющая неподвижный и подвижный шарниры. Наиболее подходящей для этого является пригодная для поверхностной закалилки улучшаемая сталь *50CrV4V* с $\sigma_B=1100\div1300$ МПа, $\sigma_T\geq950$ МПа, $\delta_5\geq9\%$ и $\epsilon_R\geq0,82$. Путем индуктивной поверхностной закалилки предел текучести при кручении можно повысить на 50 %. Это позволяет уменьшить диаметр вала на 13%. Однако поверхностная твердость при этом должна составлять не менее *HRC* 48 (по возможности *HRC* 50). Для достижения такой твердости и необходимой прочности поверхностного слоя содержание углерода в стали должно составлять 0,4 %, а глубина закаленного слоя — от 2 до 3,5 мм. Указанные марки

стали удовлетворяют этим требованиям. На чертеже полуоси наряду с твердостью по Роквеллу должен быть приведен еще допуск, например, $HRC\ 50\pm 4$. Более подробно этот вопрос рассматривается в [31].

2.5. ПОДШИПНИКИ КОЛЕС

2.5.1. Подшипники ведомых колес

Подшипники колес передают вертикальную, боковую и продольную силы (см. рис. 1), возникающие в точке контакта шины с дорогой, от колеса на опору подшипника колеса. Как при независимых, так и при зависимых подвесках ведомые колеса чаще всего опираются через конические роликовые подшипники на цапфу (рис. 2.124, 2.125, 1.7, 7.1, 7.16). Длина s опорной базы, определяющая способность узла воспринимать момент боковой силы F_x на плече r_d (см. рис. 2.125), больше расстояния

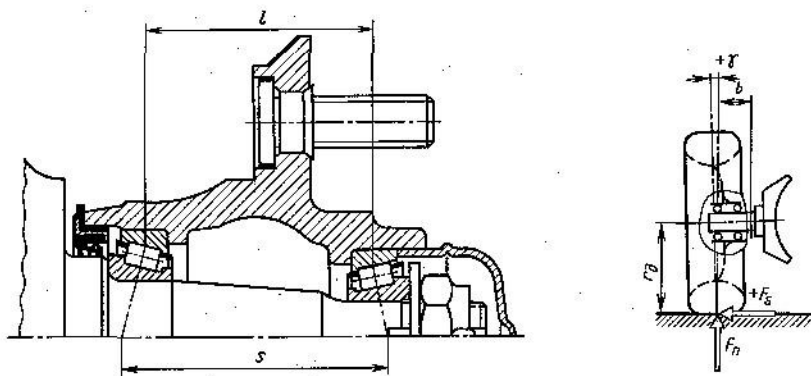


Рис. 2.124. Обычная опора ведомого колеса автомобиля. Зазор в подшипниках регулируется корончатой гайкой. Уплотнение осуществляется с наружной стороны запрессованным колпачком, а с внутренней (относительно тормоза) — радиальной манжетой специальной конструкции фирмы «Гётце», имеющей следующие преимущества: отогнутая в сторону подшипника защитная кромка позволяет увеличить радиус галтели, т. е. уменьшить концентрацию напряжений; выступающий резиновый буртик оказывает центробежное действие и, кроме того, предотвращает просачивание воды при стоянке по ступице на цапфу, что могло бы привести к возникновению контактной коррозии; внутренний диаметр металлического каркаса манжеты меньше наружного диаметра сепаратора, так что при снятии ступицы сепаратор выталкивает манжету из посадочного гнезда, предотвращая ее повреждение

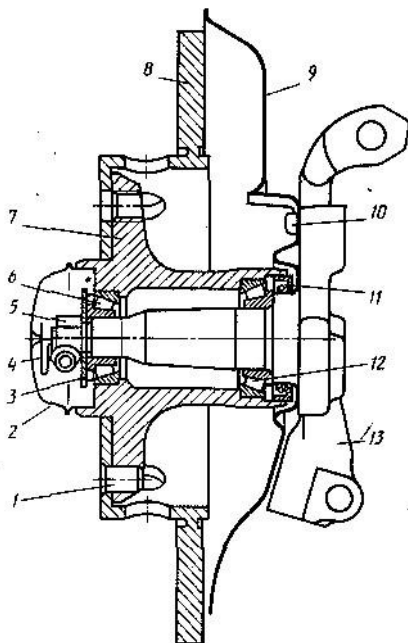
Рис. 2.125. При расчете опасного сечения цапфы нужно учитывать оба совместно действующих момента: $M_1 = F_x r_d$ и $M_2 = F_n b$. В случае отрицательного развала — γ в нагруженном состоянии оба подшипника сильнее нагружаются вертикальной силой F_n

1 между центрами подшипников. Такие подшипники при равной динамической грузоподъемности имеют меньшие размеры, чем шариковые радиально-упорные, что способствует снижению массы. Осевой зазор можно регулировать гайкой с мелкой резьбой, которая стопорится шплинтом, стопорной шайбой или контргайкой.

На рис. 2.124 между гайкой и внутренним кольцом подшипника установлена шайба, внутренний выступ которой входит в паз, профрезерованный в резьбе. Если применение шплинта не предусмотрено, то для стопорения в этот паз вдавливают тонкостенный хвостовик на внешнем торце гайки (см. рис. 2.165). Фирма «Даймлер-Бенц» уже несколько лет применяет для регулировки зазора клеммовую гайку (поз. 5 на рис. 2.126). Поперечный винт с внутренним шестигранником создает натяг гайки относительно резьбы, а пружинящее действие гайки предотвращает самоотворачивание винта.

Если подшипники затянуты слишком сильно, они туго вращаются и при повышенных скоростях движения перегреваются, что может привести к заклиниванию. Слишком большой зазор в подшипниках ухудшает устойчивость прямолинейного движения и, в конечном счете, его безопасность (см. табл. 1.2). Для решения этих проблем фирма «Даймлер-Бенц» на автомобилях 190/190 E

Рис. 2.126. Ступица 7 переднего колеса автомобилей «Мерседес 190/190E» установлена на опоре 13 подшипника колеса с помощью конических роликовых подшипников 6 и 12. Для точной регулировки осевого зазора служат клеммовая гайка 5 и шайба 3. Наружное уплотнение осуществляет колпачок 2, к которому прилегает контактная пружина 4, необходимая для устранения радиопомех. Проникновение грязи с другой стороны предотвращают манжета 11 и брызговик 9, охватывающий шейку ступицы. Эти элементы предотвращают просачивание воды при стоянке на рабочую поверхность уплотнения, что могло бы повредить ее. Тормозной диск 8 надет на ступицу 7 снаружи и дополнительно центрируется зажимными втулками 1. Тормозной диск закрывается от грязи с внутренней стороны тем же брызговиком 9, который крепится болтом 10 с внутренним шестигранником. Опора 13 подшипника колеса соединяется болтами с амортизаторной стойкой



предусматривает шайбу 3 для установки зазора в подшипниках (см. рис. 2.126).

Для опоры ведомого колеса можно вместо двух отдельных подшипников качения применить двухрядный конический или шариковый радиально-упорный подшипник (рис. 2.127). Угол контакта (между шариками и беговой дорожкой) шарикового радиально-упорного подшипника относительно вертикали составляет $30\text{—}35^\circ$, что увеличивает опорную базу s и обеспечивает возможность восприятия больших моментов. К преимуществам этого подшипника первого поколения относятся: короткая, жесткая на изгиб цапфа с гладкой шлифованной поверхностью; отсутствие концентрации напряжений на конце цапфы; малая монтажная ширина; фиксация наружного кольца подшипника стопорным кольцом по стандарту ДИН 472 или простым резьбовым соединением, т. е. простота монтажа; отсутствие каких-либо регулировок; долговечная смазка.

В цапфе колеса возникают небольшие напряжения, поэтому диаметр ее наружного резьбового конца можно уменьшить для экономии материалов и затрат.

На рис. 2.128, 2.129 и 6.35 показаны двухрядные радиально-упорные шариковые подшипники второго поколения, наружное кольцо которых выполнено в виде крепежного фланца. Внутреннее кольцо подшипника третьего поколения (рис. 2.130) имеет фланец с четырьмя или пятью отверстиями, к которому крепятся колесо и тормозной диск (или тормозной барабан). Наружное кольцо выполнено четырехугольным для обеспечения возможности его крепления к опоре подшипника колеса. Как подробно указывается в разд. 2.5.4, проникновение грязи и воды в подшип-

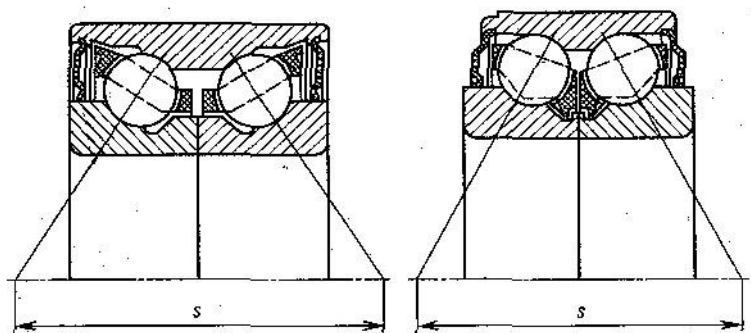
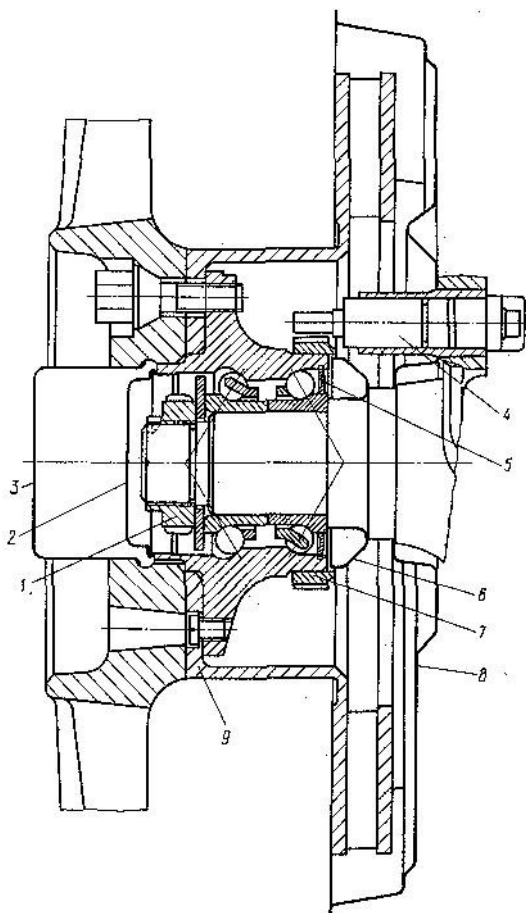


Рис. 2.127. Двухрядные радиально-упорные шариковые подшипники первого поколения фирмы ФАГ с долговечным смазочным материалом. Шарiki разделены сепаратором из полиамида, армированного стекловолокном. Кромки встроенного уплотнения с обеих сторон скользят по реборде внутренних колец. Если посадочное гнездо имеет допуск $P7$ по ИСО, а цапфа (т. е. вал) — допуск $k6$, то после монтажа будет иметь место правильная регулировка подшипника. На рисунках обозначена опорная база s

Рис. 2.128. Двухрядный радиально-упорный подшипник второго поколения, устанавливаемый в передних колесах автомобилей БМВ 5-й серии. Наружное кольцо служит одновременно ступицей и осуществляет центрирование тормозного диска и колеса. Оба внутренних кольца при затягивании гайки 1 прижимаются друг к другу. Уплотнение осуществляется с наружной стороны двумя колпачками 2 и 3, а с внутренней — встроенной в подшипник двухкромочной манжетой 5. Кольцо U-образного сечения 6 прикрывает цапфу, на которую оно надето и, в свою очередь, охватывается вращающимся кольцом 7, предотвращающим просачивание воды к опорной шейке при стоянке автомобиля. Кольцо 7 с 96 зубьями, имеющее защитное покрытие, и установленный в опоре подшипника колеса датчик 4 частоты вращения необходимы при оборудовании автомобиля антиблокировочным устройством. Хорошо видны вентилируемый тормозной диск 9, надеваемый на ступицу снаружи, и закрепленный на опоре подшипника колеса брызговик 8



ник предотвращается двухкромочной уплотнительной манжетой и упругой уплотнительной шайбой. Другие варианты подшипников второго и третьего поколений представлены на рис. 2.145—2.147. Подшипники третьего поколения характеризуются такими преимуществами, как повышенная точность вращения колеса и тормозного диска (барабана); простота сборки на конвейере и демонтажа при ремонте, так как не нужна регулировка; постоянство предусмотренного изготовителем зазора в подшипнике, так как не требуется его выпрессовка или запрессовка; упрощенная фиксация; сравнительно низкая стоимость, малая масса и компактность. Наряду с этим большой диаметр подшипника увеличивает опорную базу s , а сам подшипник одновременно выпол-

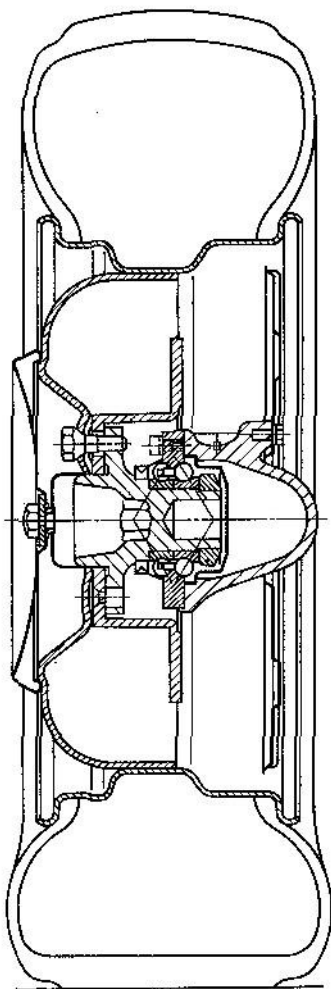


Рис. 2.129. Подшипники второго поколения, применяемые в задних колесах автомобиля «Ситроен CX». Оба внутренних кольца, стянутых гайкой, сидят на короткой цапфе вала колеса. Наружное кольцо крепится четырьмя болтами к литому поворотному рычагу

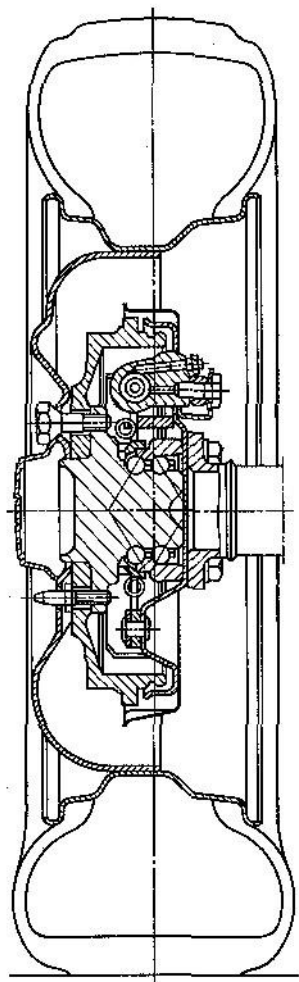


Рис. 2.130. Подшипники третьего поколения, применяемые в задних колесах автомобиля «Фиат-панда». Цельная внутренняя деталь подшипника служит ступицей, а квадратное наружное кольцо четырьмя болтами прикреплено к балке задней оси. Вся подвеска показана на рис. 3.7.

няет функции собственно подшипника, ступицы, вала и двух фланцев для соединения с колесом и опорой подшипника колеса.

Такая модернизация конструкции подшипника преследует цель снижения массы и может быть экономически оправданной только

Рис. 2.131. Двухрядный конический роликовый подшипник второго поколения, пригодный для восприятия повышенных колесных нагрузок при ограниченном монтажном пространстве. Наружное кольцо одновременно является ступицей и служит для крепления к нему тормозного барабана и колеса. Чтобы получить беззазорность при сохранении легкости вращения, длина цапфы должна быть выдержана с точностью 0,05 мм либо нужно предусматривать одну из указанных выше регулировок

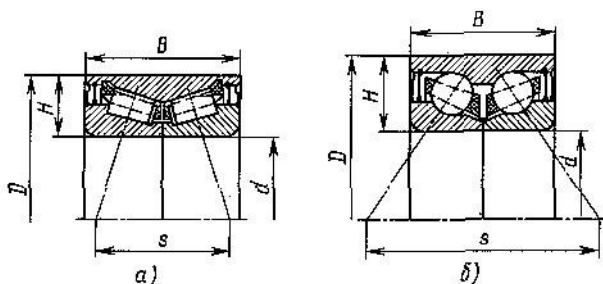
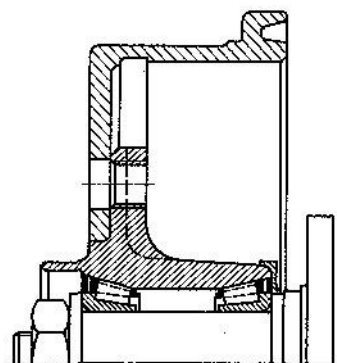


Рис. 2.132. Большие по наружному диаметру двухрядные радиально-упорные шариковые подшипники при достаточной радиальной грузоподъемности могут иметь меньшую ширину, не теряя при этом осевой нагрузочной способности

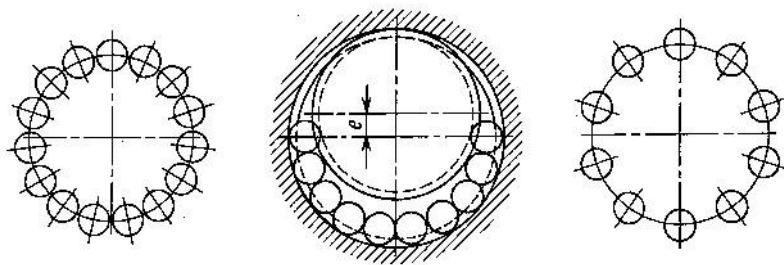


Рис. 2.133. Двухрядные радиально-упорные шариковые подшипники первого поколения имеют, как правило, составное внутреннее кольцо и поэтому могут быть заполнены максимальным количеством шариков, за счет чего увеличивается грузоподъемность (слева). Подшипники второго и третьего поколений имеют цельное внутреннее кольцо, они могут быть собраны только с «высокими бортиками» (размер e , в центре); количество шариков при этом ограничено. Сепаратор обеспечивает при окончательном монтаже равномерное распределение шариков (справа)

при большой программе выпуска, характерной для легковых автомобилей. Подшипниковый узел и опора подшипника колеса должны быть взаимно согласованы еще на стадии разработки подвески.

По аналогии с радиально-упорными шариковыми подшипниками могут быть объединены в один закрытый узел и два конических роликовых подшипника (рис. 2.60, 2.131, 2.139, 7.13 и 7.17). Их преимуществом по сравнению с шариковыми подшипниками является большая грузоподъемность при том же внутреннем диаметре d (рис. 2.132), а недостатком — меньшая опорная база s и связанная с этим меньшая возможность восприятия моментов боковых и вертикальных сил. При относительно небольшом наружном диаметре D и сравнительно широком монтажном пространстве ($B > 2,5H$, $s < B$) следует применять двухрядные конические роликовые подшипники (рис. 2.132,а). Если же монтажное пространство ограничено по ширине ($B < 2,5H$), $s > B$, но возможен больший диаметр, целесообразнее использовать более дешевые двухрядные шариковые подшипники (рис. 2.132,б).

Второе и третье поколения этих подшипников имеют, как правило, цельное внутреннее кольцо, а шарики разделяются сепаратором, который уменьшает трение и облегчает сборку подшипника (рис. 2.133). За счет большего числа шариков может быть повышена грузоподъемность, но тогда (для возможности сборки) потребуется составное внутреннее кольцо. На рис. 2.134 показан такой подшипник заднего колеса автомобиля «Сааб 9000», а на рис. 2.146 — вариант разъемного внутреннего кольца.

2.5.2. Подшипники ведущих колес при независимой подвеске

При независимой подвеске (а также подвеске «Дедон») ведущее колесо может опираться на два разнесенных радиальных шариковых подшипника. Один из них (фиксированный в осевом направлении по наружному и внутреннему кольцу, рис. 2.135) является неподвижным, а другой (с фиксированным внутренним кольцом и свободным наружным) — плавающим. Последний может быть заменен роликовым подшипником. На рис. 2.136 показана опора заднего колеса автомобилей «Фольксваген-транспортер» и «Порше 924». Вал колеса работает на кручение, изгиб и растяжение, а уплотнение осуществляют манжеты 3 и 6 с двойными защитными кромками.

Такая опора обладает достаточной несущей способностью и не нуждается ни в каких регулировках. Вместе с этим она занимает относительно много места и при одних и тех же размерах может передавать меньшие силы и моменты, чем опора с коническими роликовыми подшипниками. Как показано на рис. 2.124—2.126,

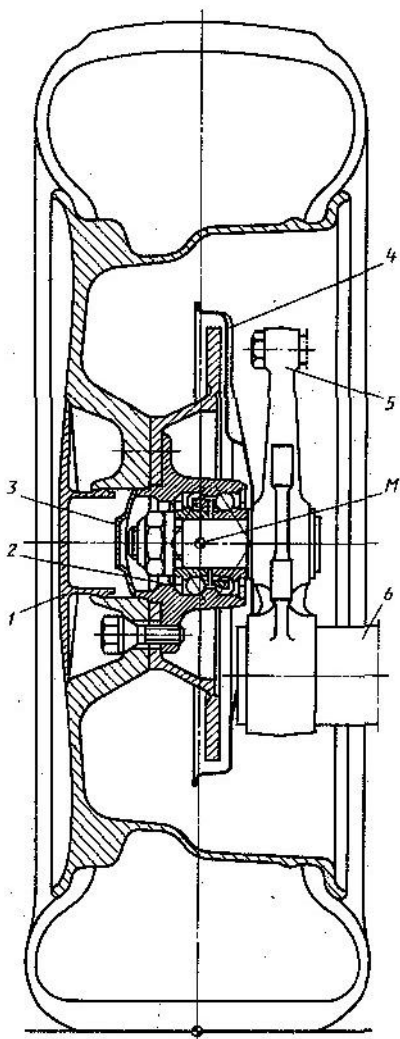


Рис. 2.134. Разработанный фирмой СКФ и устанавливаемый в задней зависимой подвеске автомобиля «Сааб 9000» двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник третьего поколения. Внутреннее кольцо имеет разъем посередине. Уплотнение подшипника, снабженного долговечным смазочным материалом, с внутренней стороны осуществляют два уплотнительных элемента, удерживаемых кольцами подшипника, а кроме того, — тормозной диск и охватывающий его брызговик 4. С другой стороны, эластичное уплотнительное кольцо скользит по выступу 2 наружного кольца. Вставленный в подшипник колпачок 3, а также колпачок 1 колеса защищают подшипник от попадания грязи снаружи. Трубчатая балка 6 оси проходит ниже центра М колеса; в точке 5 крепятся направленные вперед штанги

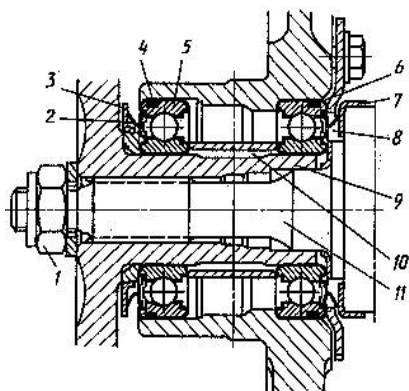


Рис. 2.135. Опора переднего колеса легкового автомобиля с двумя радиальными шариковыми подшипниками 5, оснащенными уплотнителями; справа — фиксированный подшипник, слева — плавающий. Уплотнения, разработанные фирмой СНР, удерживаются наружными кольцами подшипников и скользят как по внутренним кольцам, так и по угловым кольцам 3 и 7, напрессованным на буртики вала. Полости 2 и 8 под боковыми уплотнительными кромками заполнены смазочным материалом. Проникновение воды в полость ступицы предотвращается кольцами круглого сечения 4 и 6, размещенными в канавке наружных колец. При затягивании гайки 1 внутренние кольца зажимаются через дистанционную втулку 10. Вследствие этого вал 11 колеса нагружается на растяжение и кручение; основную часть изгибающих моментов воспринимает шейка 9 ступицы

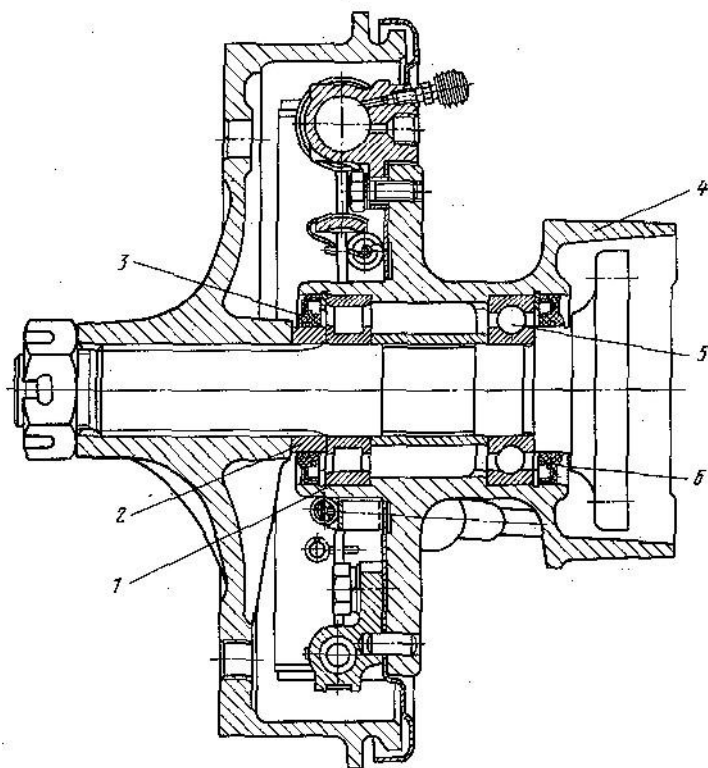


Рис. 2.136. Опора вала заднего колеса автомобиля «Фольксваген-транспортер». Роликовый подшипник 1 со свободным в осевом направлении наружным кольцом является плавающим, а радиальный шариковый 5 — фиксированным. Стопорные кольца служат наружными осевыми ограничителями. Уплотнение осуществляется манжетами 3 и 6, оснащенными двойными защитными кромками, причем манжета 3 скользит по шлифованному дистанционному кольцу 2. В колпак 4 входит (не показанный здесь) подвижный шарнир равных угловых скоростей

эти подшипники устанавливаются без зазора, что при наличии ведущих колес требует дополнительного усложнения конструкции. На рис. 2.123 и 2.137 представлены две такие конструкции фирмы «Даймлер-Бенц». При затягивании круглой гайки 7 заданным крутящим моментом деформируется центральное ребро распорной втулки 6. Возникающее противодействие обеспечивает лишь небольшое усилие прижатия внутреннего кольца к наружному в обоих конических роликовых подшипниках 1 и 2, что создает беззазорность в течение всего срока службы. При такой конструкции шейка ступицы 5 нагружается на изгиб и кручение. Правильный выбор размеров ограничивает напряжения, возникающие в вале колеса. Расчет на прочность приведен в [32].

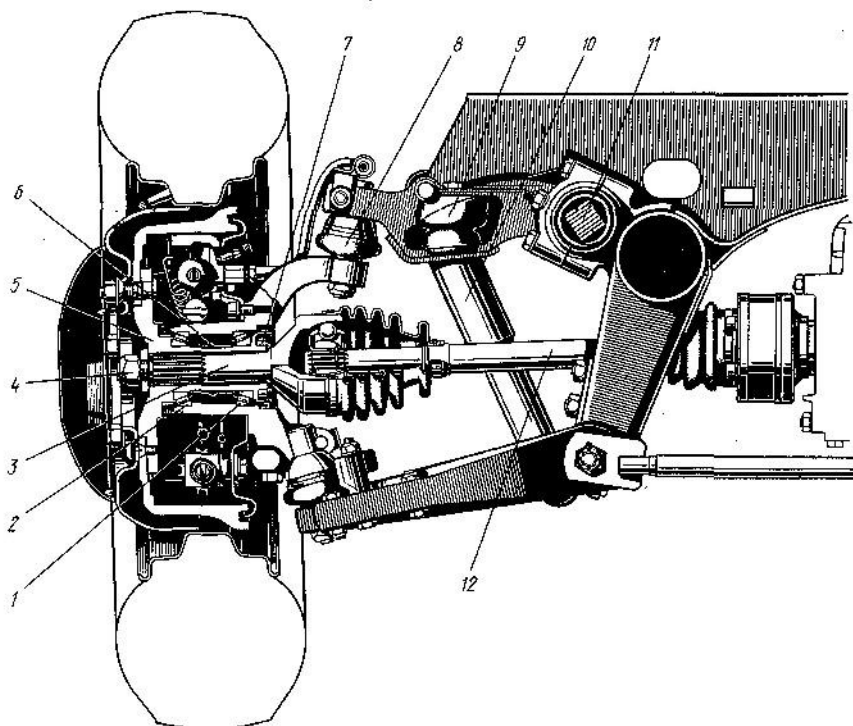


Рис. 2.137. Передняя независимая подвеска легких грузовых автомобилей мод. 206/207 фирмы «Даймлер-Бенц» с верхними поперечными рычагами, являющимися силовым узлом. Полуось 12 производства фирмы «Лёбро» имеет снаружи неподвижный и внутри подвижный шарниры равных угловых скоростей. Вал 3 колеса нагружен на кручение и (вследствие затяжки шестигранной гайки 4) дополнительно на растяжение. Силы и изгибающие моменты со стороны колеса воспринимает шейка ступицы 5 и передает их через конические роликовые подшипники 1 и 2 далее, на опору подшипника колеса. При затягивании круглой гайки 7 внутренние кольца прижимаются к тонкостенной распорной втулке 6. Последняя пластически деформируется, осаживается до нужного линейного размера и обеспечивает требуемое для беззорности на весь срок службы противодействующее усилие. Правильная установка подшипников контролируется по моменту трения при вращении ступицы. Расстояние между роликами и их положение обеспечивают большую опорную базу. Упругим элементом служит наборный торсион 11 продольного расположения, имеющий дополнительные опоры с обеих сторон от верхнего рычага. Буфер сжатия 9 при ходе сжатия упирается в верхний рычаг. К последнему прикреплен также амортизатор 10, работающий здесь наоборот: при ходе отбоя колеса происходит его сжатие, а при ходе сжатия колеса — растяжение (см. [30]). Несущий шарнир 8 в этой конструкции воспринимает все вертикальные силы; нижний направляющий шарнир нагружается только в боковом и продольном направлениях

Разнесение подшипников увеличивает опорную базу s и улучшает восприятие возникающих изгибающих моментов, однако при этом возрастает ширина подшипникового узла. В передних колесах

это приводит к большому положительному плечу обкатки или смещению неподвижного шарнира равных угловых скоростей относительно оси поворота колеса (к середине автомобиля). Как указывалось в [32], угол поворота δ_i внутреннего колеса зависит от угла β неподвижного шарнира и его положения на виде сзади (см. разд. 2.4.5). Чем больше в сторону колеса смещен этот шарнир, тем больше угол δ_i однако это смещение не позволяет обеспечить широкую базу подшипников. Кроме того, благодаря своим преимуществам все большее распространение получает отрицательное плечо обкатки, которое можно конструктивно реализовать лишь при малой ширине подшипникового узла.

Все эти преимущества двухрядных подшипников явились, вероятно, причиной их почти исключительного применения в современных легковых и легких грузовых автомобилях. Например, на переднеприводных автомобилях C32/C35 фирмы «Ситроен» уста-

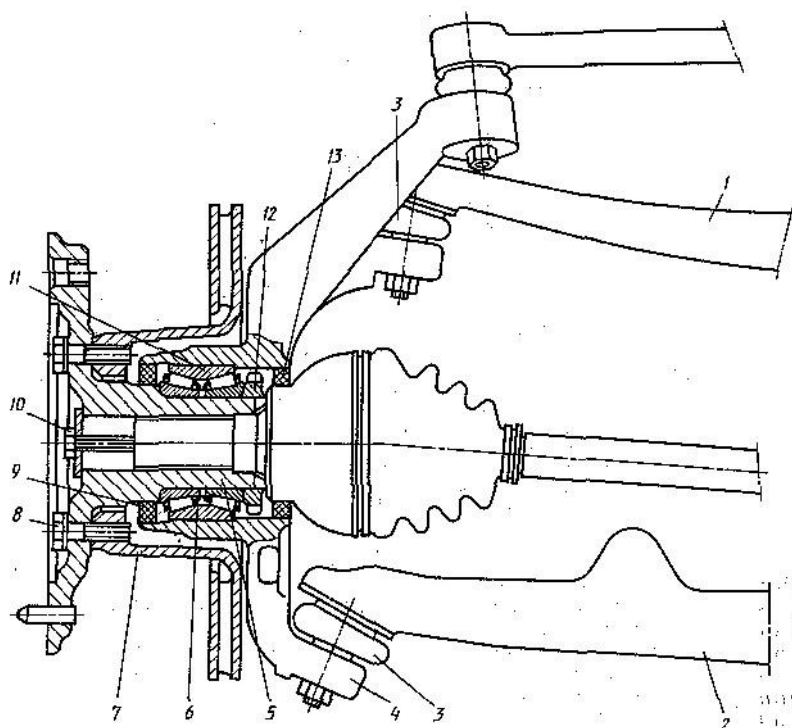


Рис. 2.138. Передняя подвеска легких грузовиков C32/C35 фирмы «Ситроен» с двумя поперечными рычагами 1 и 2 и шарнирами 3, соединяющими эти рычаги с опорой 4 подшипника колеса. Двухрядный конический роликовый подшипник 6 сидит на ступице 5, в которую посредством болта 10 втягивается разгруженный от изгиба вал колеса. Болты 8 крепят вентилируемый тормозной диск 7 с внутренней стороны к ступице 5 колеса. Чтобы иметь небольшие напряжения на дисковом колесе, ступица имеет большой наружный диаметр

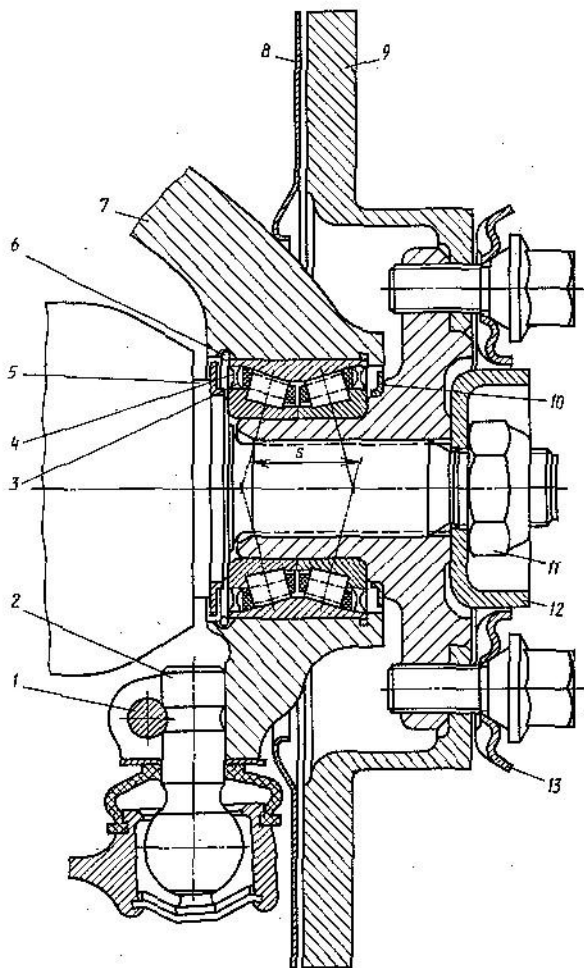


Рис. 2.139. Фирма «Рено» предусматривает на передних колесах моделей 9 и 11 с дизельным двигателем двухрядный конический роликовый подшипник со смазочным материалом на весь срок службы. Хорошо видно фиксирование наружного кольца проволочным стопорным кольцом 6 и короткая опорная база 8. Уплотнение с обеих сторон осуществляется скользящими по внутренним кольцам уплотнительными кольцами 3 совместно с центробежными отражателями 4, скользящими по бортикам наружного кольца. Кроме того, имеются центробежные отражатели 5 и 10, напрессованные на неподвижный шарнир и на ступицу, которые образуют лишь небольшой зазор относительно отверстия в опоре 7 подшипника колеса и служат для предварительного уплотнения. Ступица с предварительно установленным на ней коническим роликовым подшипником с помощью гайки 11 сажается на вал и затягивается установленным моментом. Колпачковая шайба 12 служит для грубого центрирования при установке дискового колеса 13. Шаровой палец нижнего направляющего шарнира входит в цилиндрическое отверстие и фиксируется поперечным болтом 1. Тормозной диск 9 устанавливается на ступице снаружи и прикрывается с внутренней стороны брызговиком 8

навливается конический роликовый подшипник (поз. 6 на рис. 2.138), составное внутреннее кольцо, которого стягивается гайкой 12 на ступице 5. Наружное кольцо фиксируется стопорным кольцом 11. Снаружи подшипник уплотняется манжетой 9, а изнутри — манжетой 13, скользящей по неподвижному шарниру равных угловых скоростей. Выходящий из шарнира короткий вал колеса удерживается в ступице 5 болтом 10 с шестигранной головкой, который стопорится тарельчатой пружиной. Такое решение технически безупречно и экономично. Шейка ступицы 5 кроме тягового крутящего момента должна воспринимать передаваемые от колеса изгибающие моменты.

Из-за повышенной нагрузки на переднюю ось фирма «Рено» на легковых автомобилях мод. 9 и 11 с дизельным двигателем устанавливает двухрядный конический роликовый подшипник (рис. 2.139). Однако на тех же моделях с двигателем с искровым зажиганием устанавливаются радиально-упорные шариковые подшипники. Фирма «Форд» на автомобилях «Фиеста» и «Эскорт» применяет, в принципе, два отдельных подшипника, наружные кольца которых прилегают к ребру 3 (рис. 2.140, 2.141) с жестким допуском по ширине. Расчетами по теории вероятности было доказано, что при сохранении определенных допусков предварительный натяг подшипников качения или установленный зазор остаются в требуемых пределах.

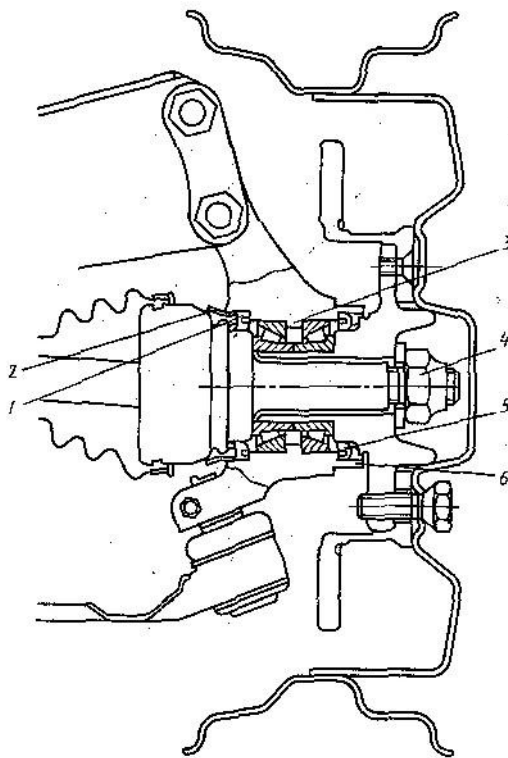
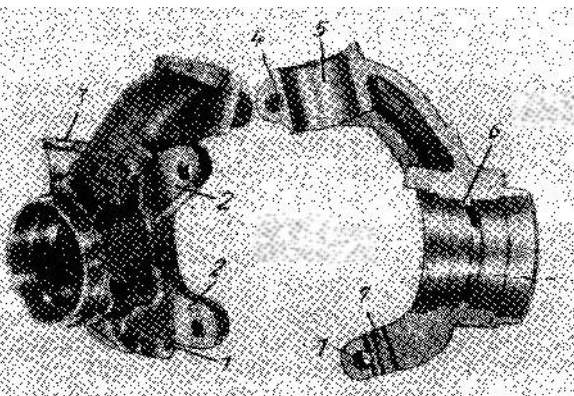


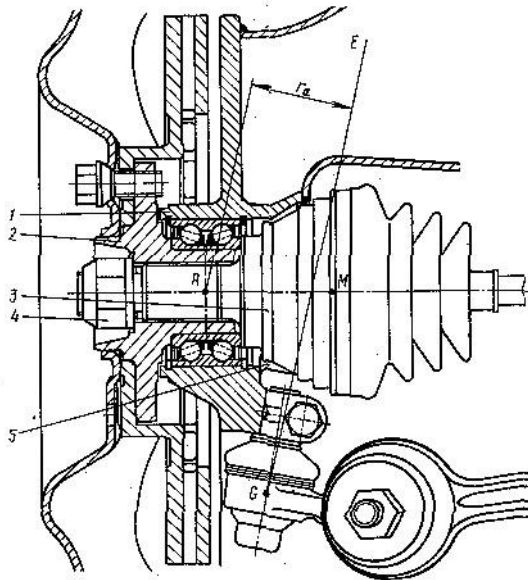
Рис. 2.140. Опора переднего колеса автомобиля «Форд-Фиеста» с двумя взаимно стянутыми коническими роликовыми подшипниками; при затягивании гайки 4 устанавливается правильный зазор. Уплотнение со стороны колеса осуществляется уплотнительной манжетой 5 и шейкой 6 опоры подшипника колеса. Попадание грязи со стороны шарнира полуоси предотвращается охватывающим колпачком 2 и уплотнительной манжетой 1. Манжеты 1 и 5 имеют по две защитные кромки, работающие по периферии и по торцу

Рис. 2.141. Передняя опора подшипника колеса автомобиля «Форд-эскорт», изготовляемая фирмой «Георг Фишер» из материала GGG40. Обе литые лапки 2 служат для крепления суппорта дискового тормоза, а коническое отверстие 3 — для крепления шарнира рулевой тяги. Справа хорошо видно ребро 6, с которым



контактируют оба конических роликовых подшипника. В отверстия 5 и 7 вставляются соответственно пружинная стойка и нижний направляющий шарнир. В поперечных отверстиях 4 и 1 находятся болты для закрепления указанных деталей. Применяемый материал — чугун с шаровидным графитом — имея $\delta_s \geq 15\%$, соответствует по относительному удлинению требованиям, предъявляемым к ответственным деталям шасси. Другие его показатели: $\sigma_B \geq 400$ МПа, $\sigma_{0.2} \geq 270$ МПа

Рис. 2.142. Передняя подвеска автомобиля «Ауди 100» (в разрезе). Двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник с предварительно установленным зазором,



заправленный долговечным смазочным материалом, фиксируется в опоре подшипника колеса двумя стопорными кольцами. Гайка 4 прижимает ступицу 2 к внутренним кольцам. Уплотнение осуществляется двумя уплотнительными кольцами, работающими по бортикам внутренних колец, и установленными перед ними центробежными шайбами. Дополнительной мерой для уплотнения является с наружной стороны малый зазор между опорой 1 подшипника колеса и ступицей 2, а с внутренней стороны — центробежное действие заплечика 3 на неподвижном шарнире равных угловых скоростей фирмы «Лёбро». Выемка 5 в опоре подшипника колеса служит для слива воды. Центр M шарнира лишь немного смещен наружу относительно оси поворота EG , и плечо действия продольной силы $r_a = 53$ мм является относительно небольшим. Последнее обеспечивается отрицательным плечом обкатки $r_s = -12$ мм. Палец нижнего направляющего шарнира G установлен в цилиндрическом отверстии опоры подшипника колеса и удерживается там поперечным болтом, входящим в канавку пальца. Тормозной диск — вентилируемый

Если нагрузка на ось, а значит, и возникающие в контакте колеса с дорогой вертикальные, боковые и продольные силы не так велики, то может быть применен более дешевый двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник, который в увеличенном масштабе показан на рис. 2.127. На рис. 2.142, 2.158 и 6.39 приведены различные примеры его установки в ведущих передних колесах, а на рис. 2.143 — в задней оси автомобилей «Мерседес 190/190Е». Этот подшипник первого поколения не требует регулировки и подгонки. Нужно лишь затянуть заданным моментом гайку 15 и застопорить ее с помощью надеваемого тонкостенного колпачка.

Подшипники второго поколения благодаря своей компактной конструкции обеспечивают при ведущих колесах еще больше преимуществ, чем при ведомых. Несущее наружное кольцо выполняется в форме фланца и крепится к опоре подшипника колеса, при этом опору можно выполнить менее массивной и снизить требования к ее обработке. На рис. 2.144 показана такая опора передней оси автомобиля «Ситроен СХ». С внутренней стороны подшипник уплотняют манжетой, которая скользит по корпусу неподвижного шарнира равных угловых скоростей. Попадание грязи в подшип-

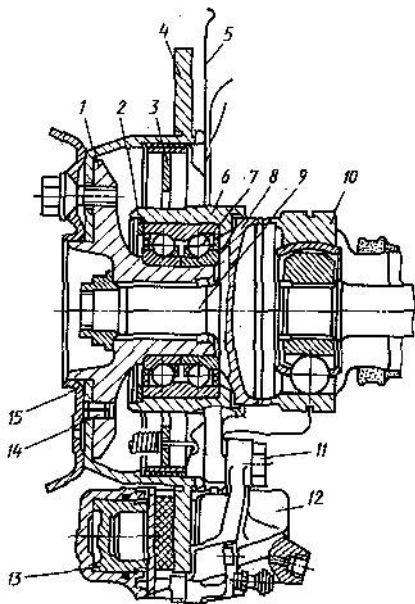


Рис. 2.143. Опора подшипника заднего колеса автомобилей «Мерседес 190/190Е» с подшипником и тормозом. К подвижному шарниру равных угловых скоростей 10 приварен встык вал 9 колеса, который через мелкошлицевой профиль передает тяговый момент дальше на ступицу 1, установленную в радиально-упорном шариковом подшипнике 7, не требующем обслуживания. Целое наружное кольцо фиксируется в опоре 6 подшипника колеса стопорным кольцом 2. Уплотнительные кольца установлены с обеих сторон подшипникового узла, снабженного долговечным смазочным материалом. Дополнительной защитой от грязи служит с наружной стороны щиток 5 (охватывающий тормозной диск 4), а с внутренней — пояс 8 шарнира равных угловых скоростей. Этот пояс входит в выемку на опоре 6 подшипника колеса и образует лабиринт; дополнительное проникновение грязи и воды предотвращается центробежным действием этого колпачка. Тормозной диск 4 прижимается

снаружи к фланцу 1 и стопорится установочным штифтом 14. С внутренней частью диска 4 приводятся в контакт колодки 3 барабанного тормоза с ручным приводом. В нижней части рисунка видна неподвижная тормозная скоба 12, которая двумя болтами 11 крепится к опоре 6 подшипника колеса. Поршень 13 и наружная тормозная колодка показаны в разрезе

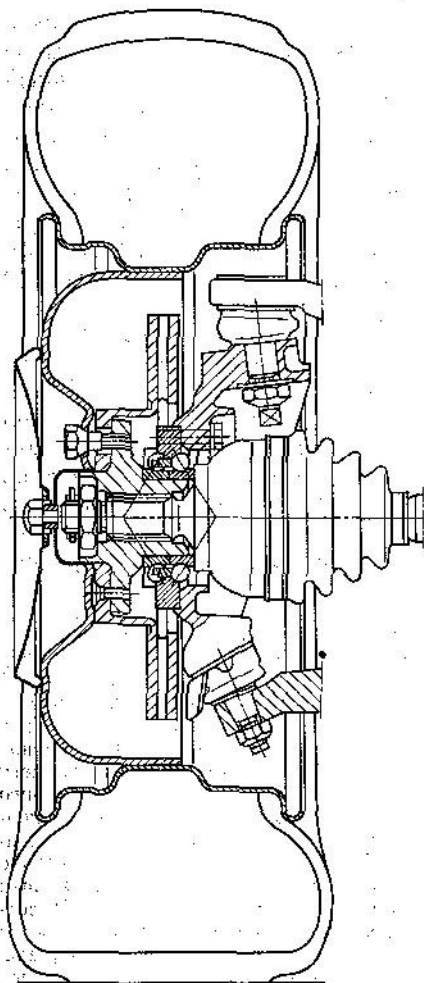


Рис. 2.144. Передняя подвеска автомобиля «Ситроен CX». Наружное кольцо подшипника второго поколения прикреплено болтами к опоре подшипника колеса. Хорошо видны вентилируемый тормозной диск, надетый снаружи на фланец ступицы, и стопорение шестигранной гайки для фиксации вала колеса в ступице. Эту задачу выполняет насадное шплинтующее тонкостенное кольцо

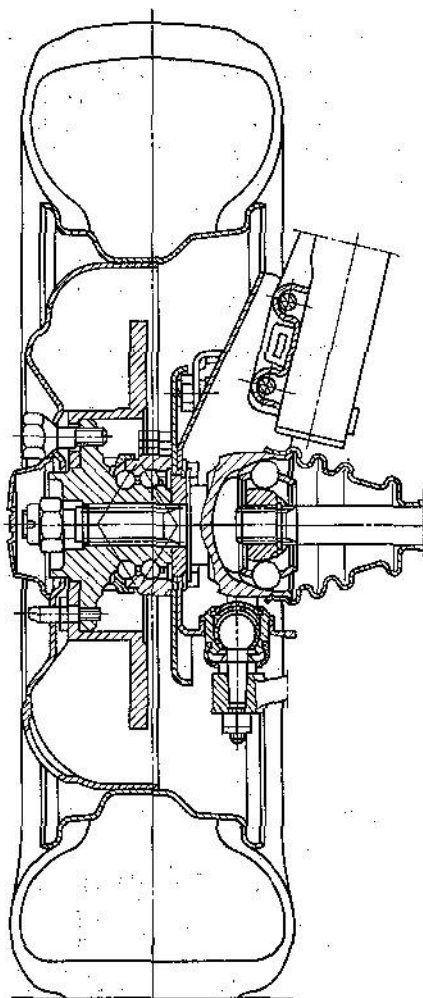


Рис. 2.145. Радиально-упорный шариковый подшипник фирмы СКФ, устанавливаемый в передней оси автомобиля «Фиат-панда». Неподвижный шарнир равных угловых скоростей расположен довольно точно на оси поворота. На уступе корпуса шарнира установлено центробежное кольцо, дополнительно предотвращающее проникновение воды и грязи. Наружное кольцо подшипника крепится болтами к опоре подшипника колеса, изготовленной из листового материала

ник с наружной стороны предотвращается уплотнительной шайбой. Герметизации подшипника способствует центробежное действие вентилируемого тормозного диска.

Еще более легкими и компактными, а также менее нагруженными являются двухрядные радиально-упорные подшипники третьего поколения. Их внутреннее кольцо выполняет роль ступицы, на которой центрируются колесо и тормозной диск (или барабан). На рис. 2.145 и 6.40 показана передняя подвеска автомобиля «Фиат-панда» с подшипником третьего поколения. Опора подшипника колеса изготовлена из листового материала и двумя болтами крепится к пружинной стойке.

Этот подшипник для относительно легкого автомобиля «Панда» имеет шарики, разделенные сепаратором. Повышенные осевые нагрузки требуют полного заполнения полости подшипника шариками и, следовательно, составного внутреннего кольца (рис. 2.146 и 2.133).

К преимуществам, характерным для ведомых колес (см. рис. 2.130), подшипники третьего поколения для ведущих колес добавляют следующие:

1. Значительно упрощается монтаж;
2. Центр 4 неподвижного шарнира равных угловых скоростей может быть расположен близко к оси поворота 5 (рис. 2.147);
3. Наружная шестигранная гайка 2 уже не влияет на безопасность, так как колесо может свободно вращаться, а его вал передавать крутящий момент и без этой гайки;
4. Короткий вал колеса, как показано на рис. 2. 138, можно закреплять обыкновенным болтом с шестигранной головкой и нагружать только на кручение. Функцию ступицы выполняет внутреннее кольцо подшипника;
5. Значительно упрощается форма опоры подшипника колеса, которая проектируется исходя из требований долговечности, а не жесткости. Наружное кольцо подшипника является полностью несущим.

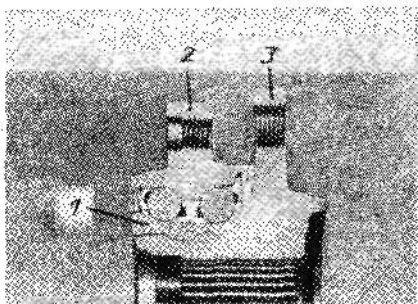


Рис. 2.146. Двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник третьего поколения, предназначенный для ведущего переднего колеса. Внутреннее кольцо выполнено составным (детали 1 и 3) со смещением разъема влево для возможности полного заполнения узла шариками и повышения за счет этого его грузоподъемности. Наружное кольцо 2 соединяется болтами с опорой подшипника колеса. Подшипник снабжен долговечным смазочным материалом. Кромки уплотнительных колец скользят по внутреннему и наружному кольцам

Существовало опасение, что в подшипниках третьего поколения будут перегреваться уплотнения, однако исследования фирмы «Сааб» на новой мод. 9000 не подтвердили этого.

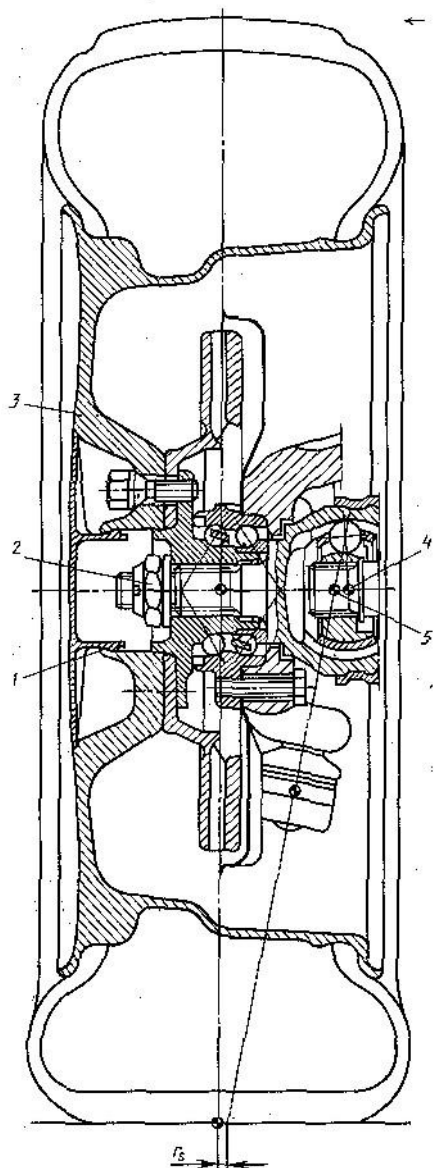


Рис. 2.147. Опора переднего колеса автомобиля «Сааб 9000» с двухрядным радиально-упорным шариковым подшипником третьего поколения. Внутреннее кольцо выполнено составным для возможности полного заполнения телами качения и осуществляет центрирование колеса 3. Шейка 1 пластмассового колпака входит выступом в соответствующую внутреннюю кольцевую канавку. За счет смещения подшипника примерно в центральную плоскость вращения колеса центр 4 подшипника располагается почти на оси поворота 5, а плечо обкатки r_s имеет очень небольшую величину

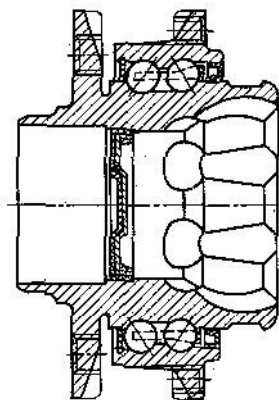


Рис. 2.148. У подшипников четвертого поколения шарнир равных угловых скоростей включен в конструкцию опорного узла колеса. Ступица колеса, корпус шарнира и внутреннее кольцо радиально-упорного шарикоподшипника объединены в одну деталь. Наружное кольцо имеет фланец с резьбовыми отверстиями для крепления к опоре подшипника колеса. Изображенная конструкция разработана для передних ведущих колес

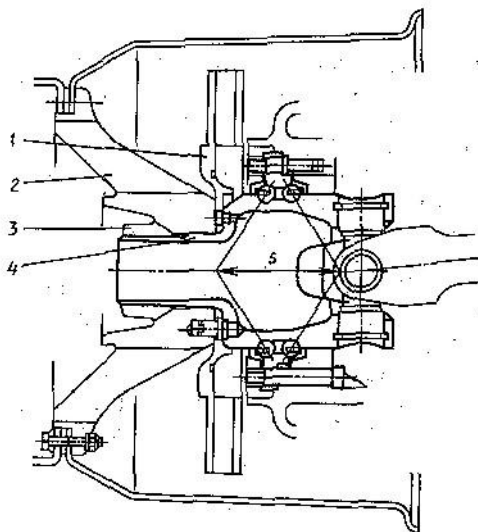


Рис. 2.149. Двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник четвертого поколения фирмы СНР, применяемый на задних ведущих колесах гоночного автомобиля формулы 1 фирмы «Рено». В наружное кольцо привернутое к опоре подшипника колеса, с обеих сторон вставлены уплотнительные манжеты, двойные кромки которых работают, как и шарики, по специально выполненному внутреннему кольцу. Последнее воспринимает с одной стороны крестовину шарнирного вала, а с другой — тормозной диск и колесо, центрирует обе эти детали и благодаря резьбе на трубчатом конце дает возможность быстрой смены колеса. Слева видна гайка необходимого для этого быстродействующего зажима

Детали этого опорного узла изготавливаются из подшипниковой стали 100Cr6 или из стали C γ 53V. В зоне беговых дорожек они должны иметь поверхностную твердость не менее HRC 60. Высокое содержание углерода в этих сталях (около 1% и 0,53%) допускает термообработку отдельных деталей для получения требуемой высокой поверхностной твердости. Ее обеспечивают и цементуемые стали 20MnCr5, 20MoCr4, 20NiCrMo2, из которых изготавливаются, например корпуса неподвижных шарниров равных угловых скоростей. Эти стали соответствуют описанным в разд. 2.4.6, т. е. подшипники и шарниры могут быть объединены в единый узел. Прототипы такого подшипника четвертого поколения уже изготовлены и испытаны. Шарики в них перекачиваются непосредственно по поверхности корпуса шарнира (рис. 2.148). Широкое применение этих подшипников в передних колесах сопряжено, однако, с рядом проблем, которые позволили считать дальнейшее внедрение этой конструкции нерациональным. В то же время на задних ведущих колесах гоночных автомобилей подшипники четвертого поколения применяются, с успехом (рис. 2.149), обеспечивая следующие преимущества:

1. Малую массу.
2. Небольшое число деталей
3. Простоту монтажа и замены
4. Наружный шарнир расположен глубоко в колесе, полуось получается длиннее и углы в обоих шарнирах уменьшаются
5. Тормозной диск 1 и колесо 2 устанавливаются на корпусе шарнира. Резьба для быстродействующего зажима 3 выполнена на трубчатом хвостовике корпуса 4 шарнира.

2.5.3. Подшипники ведущих колес при зависимой подвеске

В случае зависимой подвески внутренний конец 1 (рис. 2.150) полуоси легковых и легких грузовых автомобилей опирается через коническую полуосевую шестерню и подшипники дифференциала на картер главной передачи, при этом на конец 1 действуют вертикальные силы, которые тем меньше, чем длиннее может быть полуось (расчет сил приводится в [31]). Шлицы полуоси, требуемые для ее привода от полуосевой шестерни, допускают осевое перемещение, т. е. внутренний конец полуоси имеет плавающую опору. В качестве неподвижной опоры наружного конца полуоси обычно применяют установленный в балке радиальный шариковый подшипник, который воспринимает нагрузки s радиальном и осевом направлениях (т. е. во всех трех направлениях, см. рис. 1.1). При увеличенном радиальном зазоре прогиб полуоси не ухудшает работы такого подшипника. На рис. 2.151 показана область разброса угла $\Delta\gamma_e$, определя-

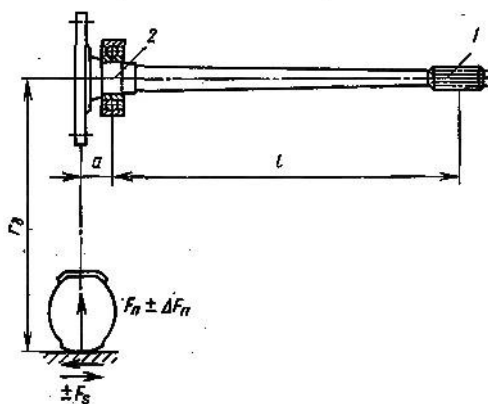


Рис. 2.150. При зависимой подвеске ведущих колес радиальный шариковый подшипник на наружном конце балки должен передавать вертикальные, продольные и боковые силы. Эти силы вызывают реакции, воспринимаемые через внутренний конец 1 полуоси подшипником дифференциала. Чем меньше может быть расстояние a и чем больше длина l , тем меньше будут силы в точке 1 , а значит, и в подшипнике 2

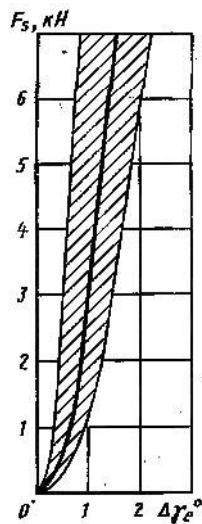


Рис. 2.151. Упругий угол изгиба $\Delta\gamma_e$ на наружном конце полуоси, замеренный на различных легковых автомобилях среднего класса. Статические боковые силы имитируют воздействие на наружное колесо при повороте автомобиля. Приведены область разброса и средняя кривая. На наружном колесе происходит нежелательное увеличение развала

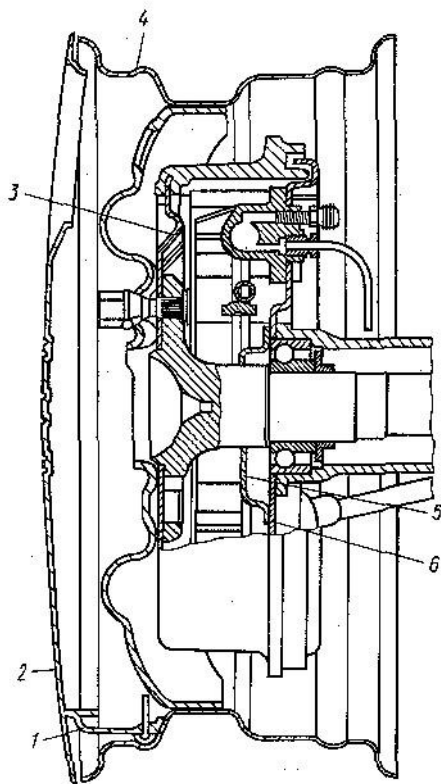


Рис. 2.152. Наружная опора полуоси автомобиля «Опель-рекорд Е». Если служащее для смазывания главной передачи масло просочится через уплотнения, то оно стечет по маслоуловителю 5 и через отверстие 6 вытечет наружу. Тормозной барабан имеет неплоский фланец 3 из листового материала; хорошо виден глубокий обод 4 с двойным подкатом и колпак 2 колеса, эластичные лапки 1 которого входят изнутри в углубление, обусловленное подкатом на наружной полке обода

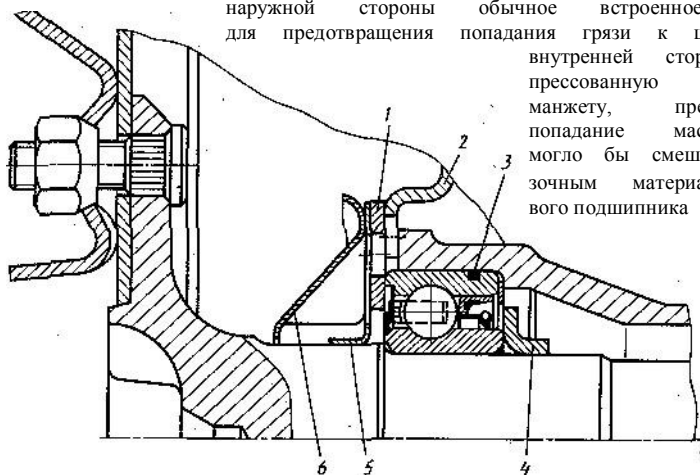


Рис. 2.153. Заправленный долговечным смазочным материалом радиальный шарикоподшипник имеет с наружной стороны обычное встроенное уплотнение для предотвращения попадания грязи к шарикам, а с внутренней стороны — запрессованную радиальную манжету, предотвращающую попадание масла, которое могло бы смешаться со смазочным материалом шарикового подшипника

ющего упругое отклонение конца полуоси под действием статических боковых сил, а на рис. 2.152 и 2.153 — типичная наружная опора. Внутреннее кольцо уплотненного с обеих сторон подшипника упирается в напрессованное кольцо 4 (см. рис. 2.153) углового сечения, а наружное — удерживается фланцем 1, прижимающим одновременно тормозной щит 2. Перед этим фланцем на полуоси расположен центробежный отражатель 5, предотвращающий попадание продуктов износа тормозов в подшипник. Маслоуловитель 6 не допускает попадания масла к тормозным накладкам. Масло, просочившееся через уплотнения, стекает через отверстие вниз. Наружное кольцо уплотнено кольцом 3 круглого сечения, заложным в канавку.

Обычный конический роликовый подшипник, в отличие от радиального шарикового подшипника, не может передавать силы

Рис. 2.154. Конические роликовые подшипники фирмы «Тимкен»: справа — обычное исполнение «TS», воспринимающее осевые силы только в одном направлении, слева — подшипник UNIT, который может передавать эти силы в обоих направлениях

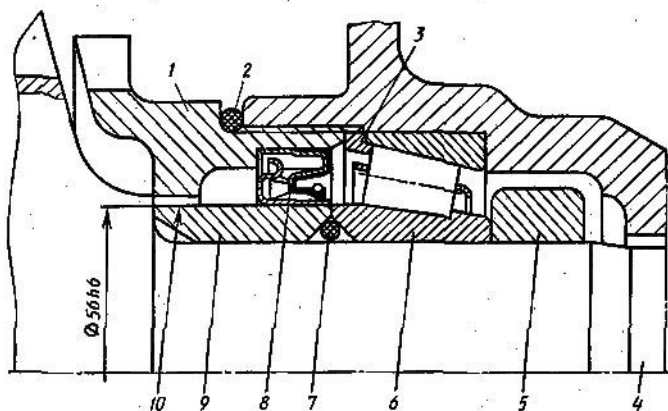
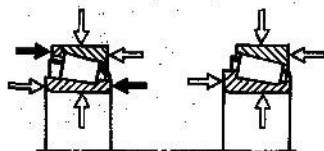


Рис. 2.155. Опора заднего колеса легкого грузового автомобиля «Фольксваген LT». На полуоси 4 установлена дистанционная втулка 9 и внутреннее кольцо 6 конического роликового подшипника, воспринимающего силы во всех направлениях. Детали 9 и 6 удерживаются в осевом направлении кольцом 5, напрессованным на полуось 4. Проникновение грязи и влаги предотвращается с внутренней стороны кольцом 7 круглого сечения. Балка оси имеет на конце внутреннюю резьбу, в которую ввертывается гильза 1. Эта гильза прижимает кольцо с буртиком 3 к наружному кольцу подшипника и, кроме того, образует узкий щелевидный зазор 10. В гильзе 1 и на втулке 9 сидит «универсальный патрон» 8 фирмы «Гётце», обеспечивающий надежное уплотнение. Проникновение воды в резьбу предотвращается кольцом круглого сечения 2

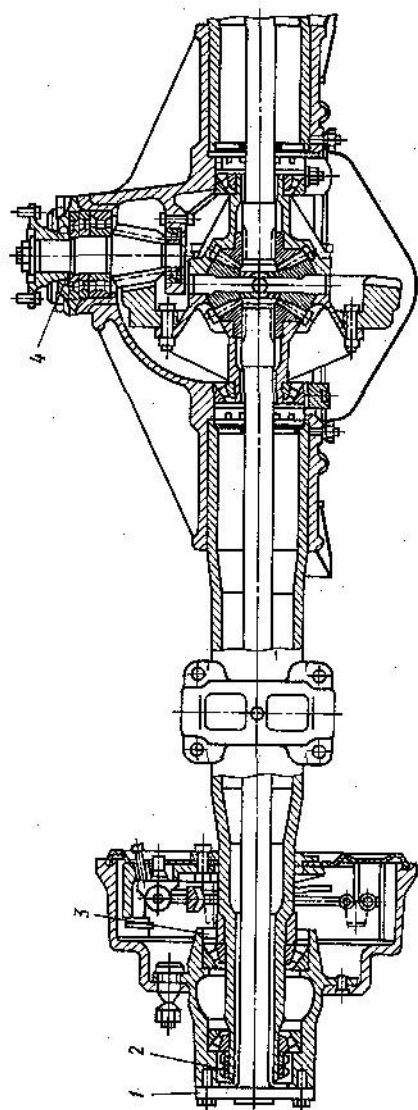


Рис. 2.156. Задний мост грузового автомобиля с двумя коническими роликовыми подшипниками для опоры ступицы на шейку балки моста. Регулировка зазора в подшипнике осуществляется двумя круглыми гайками 2 на наружном конце балки. Полуось, нагружаемая только кручением, соединяется фланцем 1 со ступицей колеса. Вал ведущей шестерни установлен в радиальном шарикоподшипнике и в роликовом подшипнике 4. В опоре колеса функцию уплотнения выполняет манжета 3

во всех направлениях. Однако фирма «Тимкен», совершенствуя подшипники наиболее распространенного типа *TS*, нашла решение, позволяющее нагружать ролики с обеих сторон (рис. 2.154). С этой целью наружное кольцо подшипника дополнено кольцом с буртиком, которое для облегчения сборки приклеивается. Ролики имеют жесткий допуск на длину ($\pm 12,5$ мкм) и шлифованные торцы. Осовой зазор составляет до монтажа 0,18—0,46 мм и после него 0,03—0,38 мм. Кроме того, на внутреннем кольце подшипника *UNIT* отсутствует левый направляющий буртик, он заменен правым буртиком на малом диаметре беговой дорожки. На рис. 2.155 показан такой подшипник в смонтированном виде.

Большие нагрузки на заднюю ось и сдвоенные шины не позволяют на тяжелых грузовых автомобилях применить приведенные выше опоры полуразгруженных полуосей. Как уже было пока-

зано на рис. 2.117 и 2.123, для них почти всегда используются два разнесенных конических роликовых подшипника, установленных на шейке балки моста. Такая опора оси представлена на рис. 2.156. После снятия полуоси можно отрегулировать зазор в подшипниках с помощью гайки и контргайки.

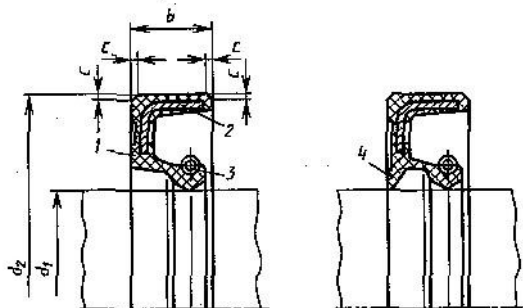
2.5.4. Уплотнение подшипников

Уплотнительные манжеты. Наиболее известной является радиальная уплотнительная манжета для валов по стандарту ДИН 3761 с кромкой из эластомера (синтетической резиновой смеси, рис. 2.157). Уплотнительная кромка манжеты с небольшим усилием прижимается пружинкой к цапфе, предотвращая тем самым выход смазки (форма А). Если такая манжета не исключает проникновения снаружи грязи и воды, то рекомендуется применять манжету формы AS с дополнительной защитной кромкой, которая предотвращает попадание грязи непосредственно в зону уплотнения. Эта кромка расположена с небольшим наклоном и почти касается поверхности цапфы. Плотное прижатие кромки к цапфе ведет к увеличению сопротивления вращению. Если в условиях сильного загрязнения такой манжеты недостаточно, устанавливают уплотнительную манжету с центробежным действием (см. рис. 2.124), предусматривают дополнительный лабиринт (рис. 2.158) или применяют специальную уплотнительную манжету с двумя защитными кромками. Ее наружный корпус заполнен смазкой и образует с валом очень небольшой зазор, что в значительной мере предотвращает проникновение грязи и твердых частиц (рис. 2.159).

Качество уплотняемой поверхности. Для обеспечения долговечности уплотнения, т. е. малого износа уплотнительной кромки, важное значение имеет качество рабочей поверхности вала. Для предотвращения насосного действия на этой поверхности не должно быть винтовых следов обработки, а параметры шероховатости поверхности по международному стандарту ИСО/Р 468 в направлении, перпендикулярном направлению обработки и пере-

Рис. 2.157. Радиальные уплотнительные манжеты для валов по стандарту ДИН 3761: слева — обычная форма А, справа — с дополнительной защитной кромкой (форма AS). В переработанном стандарте (от января 1984 г.) имеются и другие формы:

1 — деталь из эластомера;
2 — каркас; 3 — пружинка;
4 — защитная кромка



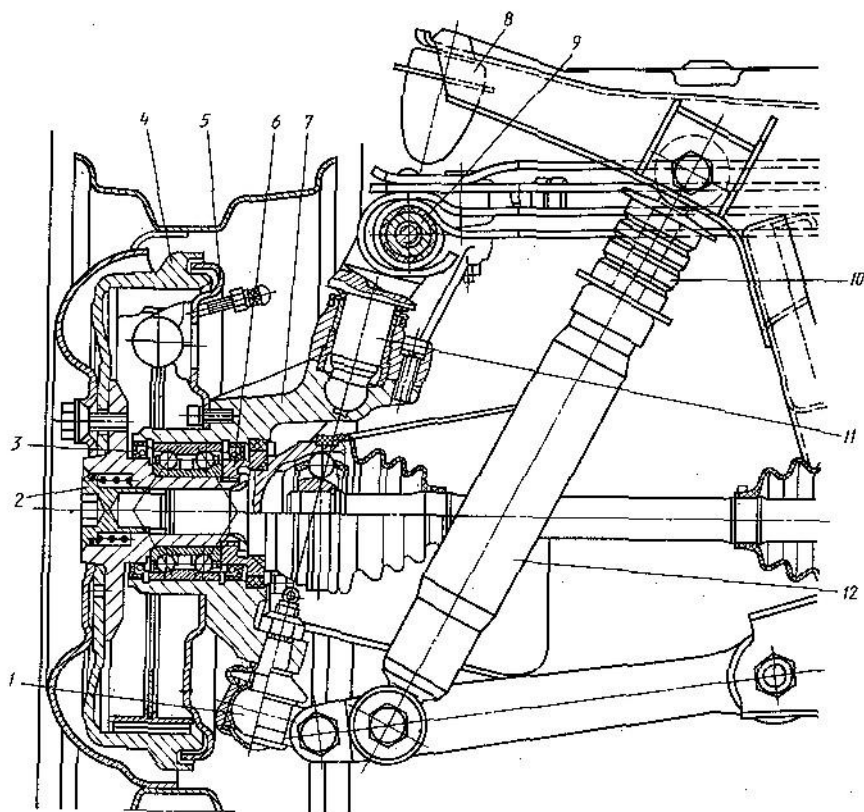


Рис. 2.158. Передняя и задняя подвески полноприводного многоцелевого легкого автомобиля «Фольксваген-илтис» с барабанными тормозами сконструирована таким образом, что отдельные узлы спереди и сзади одинаковы и могут быть быстро заменены. Двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник, установлен между стопорными кольцами. Дополнительной грязе- и водозащитой со стороны колеса являются: тормозной щит 5, образующий малый зазор с кромкой тормозного барабана 4, радиальная уплотнительная манжета 3 и кольцо круглого сечения на гайке 2 вала колеса. На гайку 2 опирается пружина, чем обеспечивается постоянное усилие поджатия. Опасность загрязнения с внутренней стороны еще больше, чем с наружной. Поэтому между подшипником и неподвижным шарниром равных угловых скоростей фирмы «Лёбро» сидит кольцо 6, образующее лабиринт с отверстием в опоре 7 подшипника колеса. По этому кольцу 6 скользит радиальная уплотнительная манжета с защитной кромкой; кольцо круглого сечения предотвращает попадание воды к шарниру. Требуемую прогрессивность характеристики обеспечивают ширококошелевая рессора (показанная на рис. 2.7), дополнительный упругий элемент 10 и буфер сжатия 8. Элемент 10 установлен на амортизаторе 12, внутри которого имеется буфер отбоя. Нижний шарнир 1 из-за действия сил амортизатора является «несущим», он установлен конусом в опоре 7 подшипника колеса. На верхнем шарнире при ходах отбоя и сжатия колеса возникает изгибающий момент. Причиной этого является момент скручивания, возникающий в сайлент-блоке 9, запрессованном в проушину рессоры. Опора верхнего шарнира выполнена в виде цилиндрического хвостовика 11

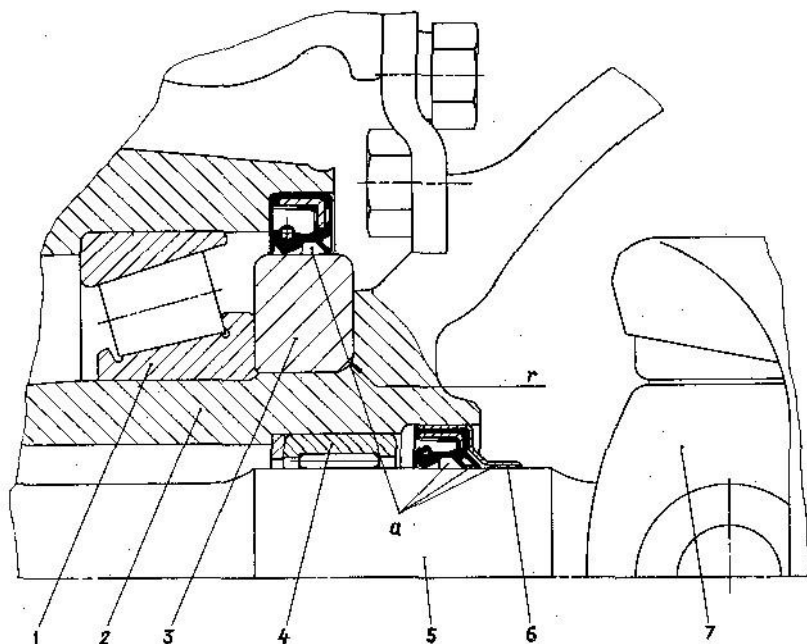


Рис. 2.159. Уплотнение подшипников на грузовом автомобиле высокой проходимости с зависимой подвеской. Подшипник 1 колеса и положение сдвоенного шарнира 7 соответствуют рис. 2.117. Вал 5 колеса установлен в игольчатом подшипнике 4 и из-за возможности сильного загрязнения со стороны сдвоенного шарнира уплотнен специальной манжетой фирмы «Гётце» с двойной защитной кромкой и дополнительным металлическим кожухом. Последний образует с валом малый зазор 6. Смазочный материал, заполняющий все это уплотнение, замедляет коррозию и удлиняет тем самым срок службы уплотнения. Для уменьшения концентрации напряжений на радиусе r шейки опоры 2 подшипника колеса установлено промежуточное кольцо 3, на котором легко получить требуемую для манжеты, заполненной смазочным материалом, скользящую поверхность. Манжета предотвращает загрязнение конических роликовых подшипников 1: a — смазочный материал

мещения, должны иметь следующие значения: $R_a=0,2\div0,8$ мкм, $CLA=8\div25$ мкм, $R_z=1,0\div4,0$ мкм, $R_{\max}\leq 6,3$ мкм. Это значения требуются для обеспечения смазывания даже при небольшом количестве смазочного материала. Если же вал не только вращается, но и перемещается в осевом направлении, для обеспечения герметичности параметры шероховатости поверхности не должны превышать следующих значений: $R_a=0,2$ мкм, $CLA=8$ мкм и $R_z=0,8$ мкм. Допуск на диаметр вала соответствует h_{11} по ИСО. Несоосность вала и монтажного отверстия под уплотнительную манжету не должна превышать 0,15 мм, а радиальное биение при частоте вращения до 1500 мин⁻¹—0,18

или 0,3 мм (в зависимости от свойств эластомера). Более подробные данные содержатся в каталоге «Радиальные уплотнительные манжеты для валов» фирмы «Гётце».

Необходимо учитывать также твердость рабочей поверхности вала. При окружной скорости до 4 м/с она должна составлять не менее $HRC\ 45$, что соответствует пределу прочности $\sigma_B \geq 1450$ МПа. У легированных улучшаемых сталей такая прочность достигается без дополнительной обработки поверхности. Опасность попадания грязи и повышенная окружная скорость требуют твердости не менее $HRC\ 55$ и глубины закалки 0,3 мм в окончательно обработанном состоянии. Оба эти условия могут быть обеспечены только поверхностной закалкой цементируемой стали по ДИН 17210 или улучшаемой стали по ДИН 17200 с содержанием углерода не менее 0,44%. Изготовление вала из улучшаемой стали, как правило, обходится дешевле. Подшипниковые стали имеют поверхностную твердость свыше $HRC\ 60$ и, если уплотнительная кромка скользит непосредственно по внутреннему кольцу подшипника или корпусу шарнира, требование относительно твердости будет выполнено (см. рис. 2.153).

Уплотнение подшипников при независимой подвеске колес. Подшипниковый узел получается более компактным по ширине, если, как показано на рис. 2.127, в наружное кольцо вставлены с обеих сторон два плоских специальных уплотнительных кольца, скользящих по поверхности внутреннего кольца. При независимой подвеске ведущих колес вода и грязь могут проникать в подшипник с обеих сторон. Однако с наружной стороны этому препятствует центробежное действие вращающегося с большой окружной скоростью тормозного диска. С внутренней

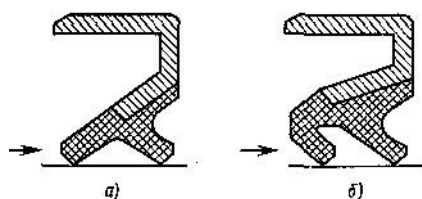


Рис. 2.160. При нагреве подшипника качения (например, вследствие продолжительного торможения) возникает избыточное давление. Это давление не может уменьшиться, если одна кромка прилегает к внутреннему кольцу навстречу направлению давления (исполнение *а*). Вариант *б* представляет лучшее решение при уплотнении двумя кромками: обе они направлены наружу и возникающее в полости подшипника давление может уменьшиться

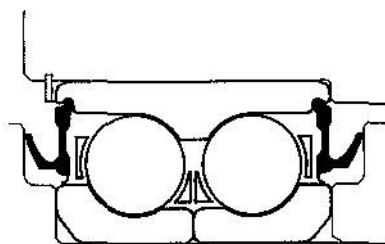


Рис. 2.161. Установленные в наружном кольце двухкромочные уплотнения фирмы *СНР*. Уплотнительные кромки скользят по внутреннему кольцу, а грязезащитные кромки — по боковым поверхностям; свободное пространство между кромками заполнено смазочным материалом. В разрезе видны сепараторы, разделяющие шарики

стороны аналогичный эффект может быть достигнут угловым кольцом 5 (рис. 2.139). Той же цели служит показанный на рис. 2.142 кольцевой буртик 3. Щелевидный зазор между корпусом 8 шарнира и опорой 6 подшипника колеса (см. рис. 2.143) также улучшает грязезащиту.

Ресурс подшипника, заправленного смазочным материалом на весь срок службы, зависит в большой степени от уплотнения. Если указанные меры защиты от грязи и воды оказываются недостаточными, применяют уплотнительные манжеты с двойными кромками (рис. 2.160 и 2.161). Они хотя и увеличивают ширину подшипникового узла, однако обеспечивают герметичность. Еще надежнее предохраняют от проникновения воды и грязи три кромки (рис. 2.162) или дополнительные центробежные шайбы (рис. 2.163). В случае ведущих колес наружное кольцо 1 подшипника запрессовано в опору подшипника колеса и с обеих

Рис. 2.162. Тройное уплотнение фирмы СНР. Уплотнительная манжета для валов запрессована в наружное кольцо. Три кромки манжеты скользят по угловому кольцу, напрессованному на внутреннее кольцо подшипника

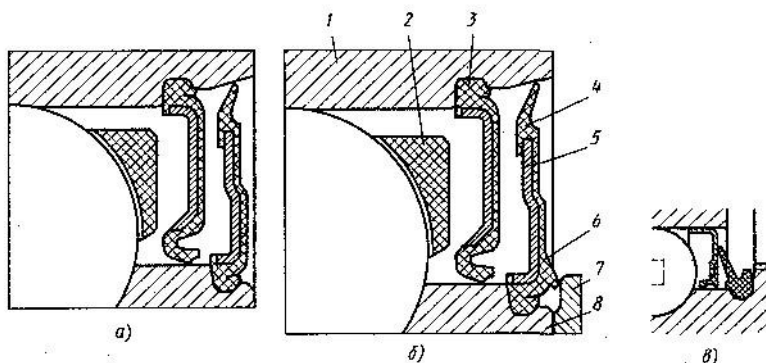
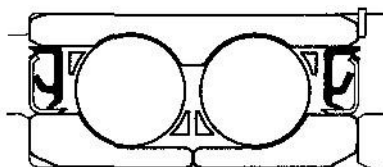


Рис. 2.163. Три различных уплотнения фирмы ФАГ, предусмотренные для подшипниковых узлов с долговечным смазочным материалом и применяемые на ведущих колесах. Дополнительно к уплотнительным шайбам 3, скользящим с обеих сторон по внутреннему кольцу 8, предусмотрены еще центробежные шайбы 5, которые вращаются вместе с внутренним кольцом 8 и привулканизированные кромки 4 которых прилегают к наружному кольцу лишь с минимальным давлением прижатия (вариант а). В варианте б) дополнительные кромки 6 плотно прилегают к зажатым вместе с внутренним кольцом деталям 7, препятствуя проникновению влаги, которая могла бы через посадочное место внутреннего кольца попасть в подшипник. Вариант в) имеет запрессованную в наружное кольцо радиальную уплотнительную манжету, по боковой стенке которой скользит кромка центробежной шайбы (в этом варианте — эластичной). Центробежная шайба вращается вместе с внутренним кольцом. Шарик разделен сепараторами 2

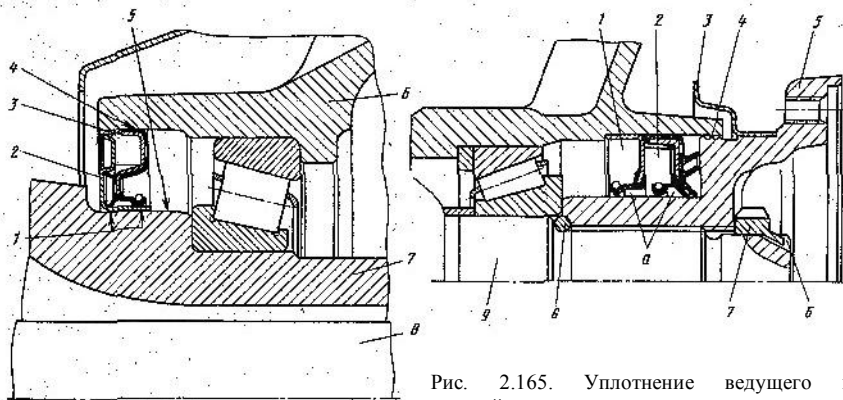


Рис. 2.164. Опора заднего колеса внедорожного грузового автомобиля. Конический роликовый подшипник установлен на конце картера 7 моста. Наружное кольцо подшипника установлено в ступице 6 колеса, которая с наружной стороны соединяется болтами с полуосью 5. В качестве уплотнения служит «универсальный патрон» фирмы «Гётце», в котором три уплотнительные кромки работают по закаленному кольцу 2, поверхность которого соответствует требованиям обеспечения герметичности (см. разд. 2.5.4). Свободное пространство между кромками заполнено смазочным материалом. Преимущество этой конструкции состоит в том, что посадочная поверхность 5 (по которой могли бы скользить кромки) уже может быть выполнена без соблюдения особых требований к ее твердости и состоянию; между кольцом 2 и корпусом 3 остается небольшой щелевидный зазор. При стоянке просочившаяся вода направляется верхней защитной кромкой вниз и там вытекает. При движении вращается ступица 6, оказывая определенное центробежное действие. Уплотнение патрона относительно отверстия и вала осуществляют привулканизированные покрытия 4 и 1

5 вращается вместе с внутренним кольцом 8, поэтому она не только осуществляет уплотнение в неподвижном состоянии, но при вращении оказывает еще центробежное действие. Четыре уплотнительных элемента на один подшипник должны были бы при такой конструкции увеличивать трение, и, следовательно, несколько повышать сопротивление вращению. Однако надежная защита

Рис. 2.165. Уплотнение ведущего вала главной передачи на внедорожном грузовом автомобиле. На фланце 5 вала сидит охватывающий шейку картера центробежный отрагатель 3, который из-за большой частоты вращения карданного вала обеспечивает особенно хорошую грязезащиту. Кроме того, фланец 5 имеет гребешку 4, образующие лабиринт с отверстием в картере. В этом отверстии установлены обе радиальные уплотнительные манжеты 1 и 2. Две защитные кромки внешней манжеты 2 скользят по торцевой поверхности фланца 5, обеспечивая стекание вниз просочившейся при стоянке воды. На ведущем валу 9 проникновение воды и влаги предотвращается кольцом круглого сечения 8. Фланец 5 крепится на валу 9 гайкой 7. После ее затягивания заданным моментом стопорение осуществляется вдавливанием трубчатого хвостовика гайки в паз 6

его сторон установлены однокромочные уплотнительные шайбы 3, которые скользят по внутреннему кольцу 8. Уплотнительная кромка 4 шайбы 5 прилегает к скосу наружного кольца 1 или (в исполнении «в») к торцу радиальной уплотнительной манжеты для вала. Шайба

этого подшипника позволяет снизить усилие прижатия всех уплотнительных кромок и тем самым уменьшить потери на трение.

При ведомых колесах требуется уплотнение подшипника только с внутренней стороны, так как с наружной стороны он защищен колпачком (см. рис. 2.126, 2.128 и 2.134).

Уплотнение подшипников при зависимой подвеске ведущих колес. Установленные с наружной стороны уплотнения должны предотвращать как вытекание масла (которое снизило бы эффективность торможения), так и проникновение грязи, продуктов износа тормозов или воды в подшипник качения и в полость картера моста. Решения, обычные для легковых и легких грузовых автомобилей, показаны на рис. 2.153 и 2.155. Труднее выполнить уплотнение подшипников ведущих колес внедорожных автомобилей. Грязевая нагрузка этих автомобилей значительна и коррозия под действием просочившейся воды может разрушить уплотнительные кромки в зонах уплотнения 3 и 4 (см. рис. 2.156). На рис. 2.164 показан «универсальный патрон» фирмы «Гётце», а на рис. 2.165 — уплотнение ведущего вала главной передачи. Большая частота вращения карданного вала повышает эффективность грязезащиты центробежного отражателя 3.