

БУКСЫ (ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ)

- По типу подшипников буксы разделяются на две главные группы:
 - а) буксы с подшипниками **скольжения**;
 - б) буксы с подшипниками **качения**.
- Корпус буксы по способу передачи на него вертикальной нагрузки может иметь три исполнения.
 - 1) вертикальная нагрузка передается на корпус буксы **через гнездо**, расположенное в верхней его грани. На гнездо опирается или хомут листовой рессоры, или же промежуточная стойка;
 - 2) вертикальная нагрузка передается на корпус буксы через **буксовые лапы (крылья)**, расположенные в ее нижней части;
 - 3) вертикальная нагрузка через шарнир передается **на наинизшую часть** коробки буксы.

- Во втором и третьем исполнениях обеспечивается **устойчивое равновесие** буксы на шейке оси, что приводит к более **равномерному распределению удельного давления** на подшипник, улучшающему условия его работы.

Челюстной буксовый узел электровоза ВЛ8

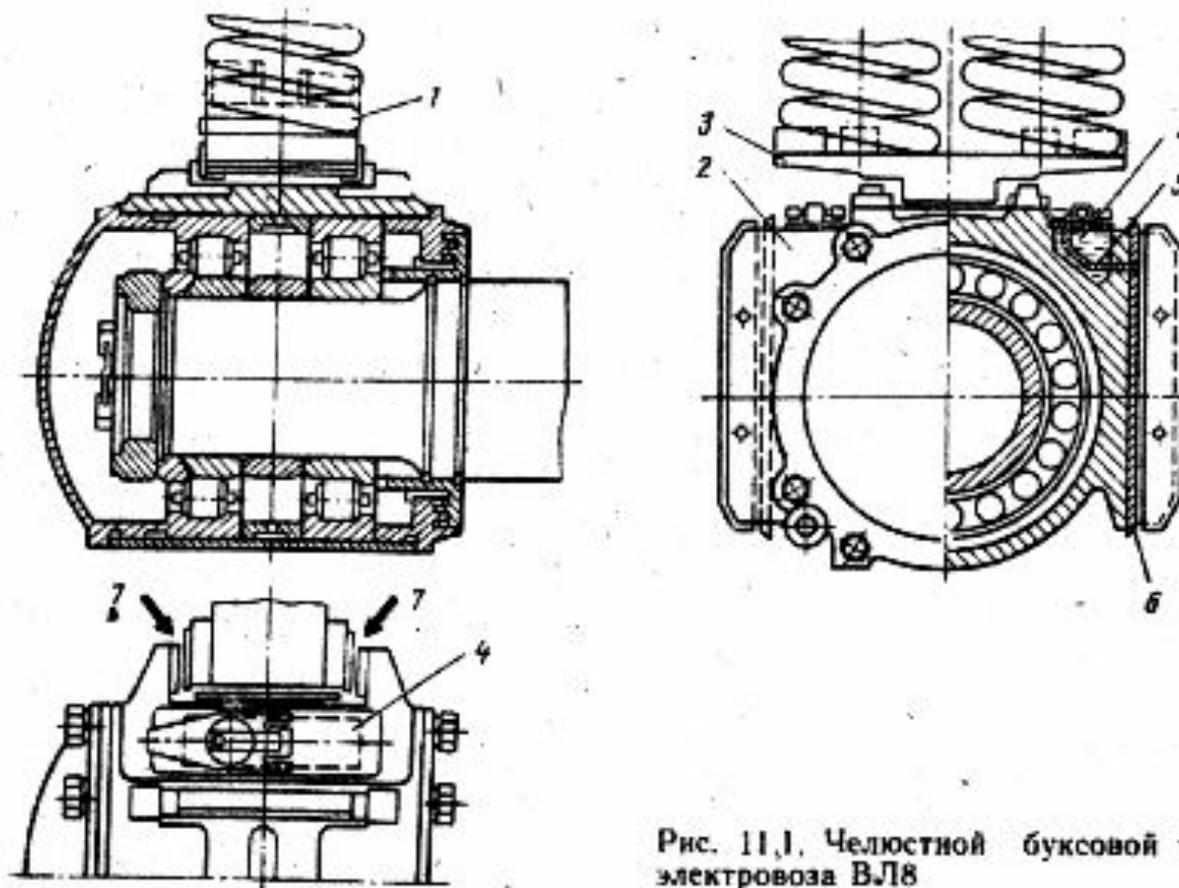


Рис. 11.1. Челюстной буксовый узел электровоза ВЛ8

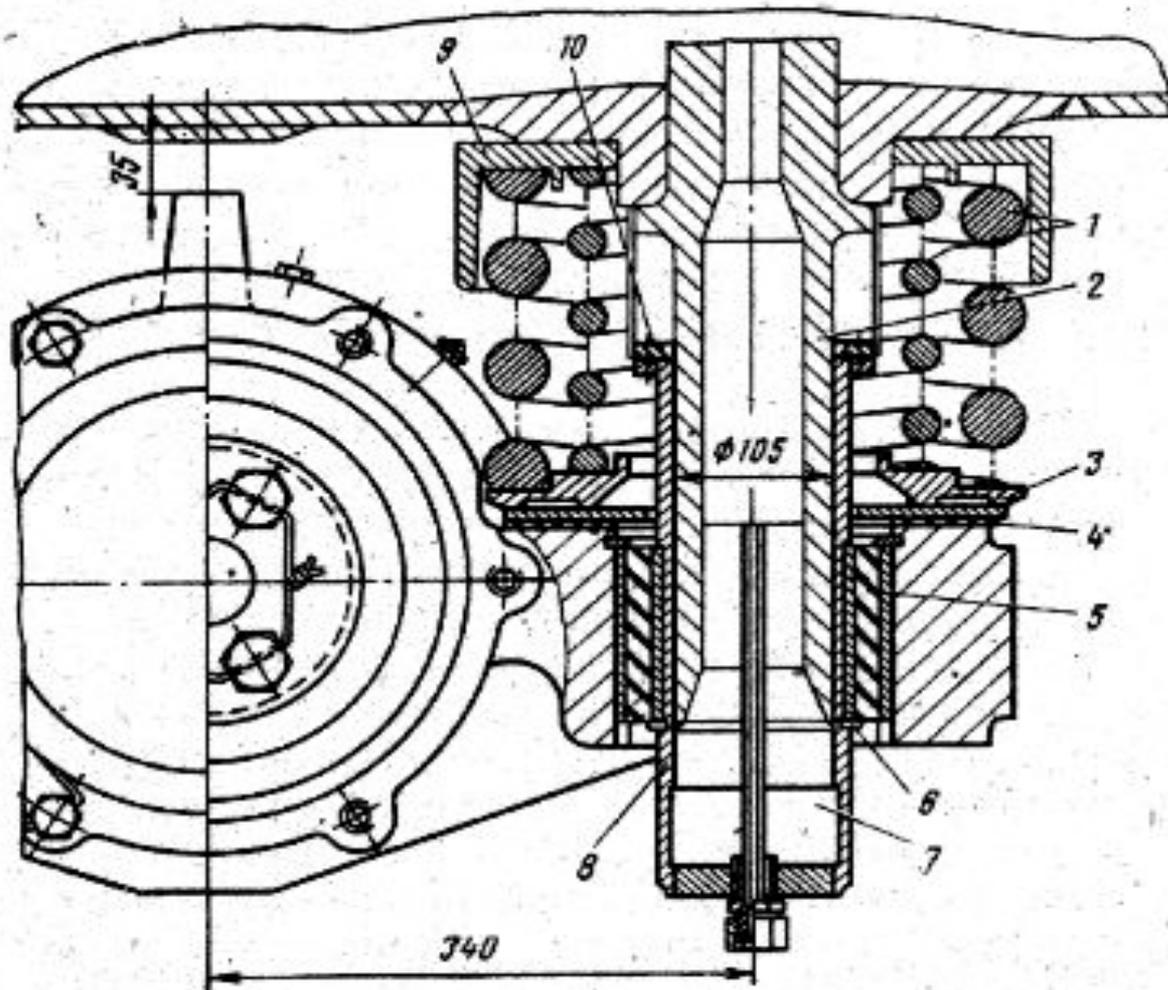
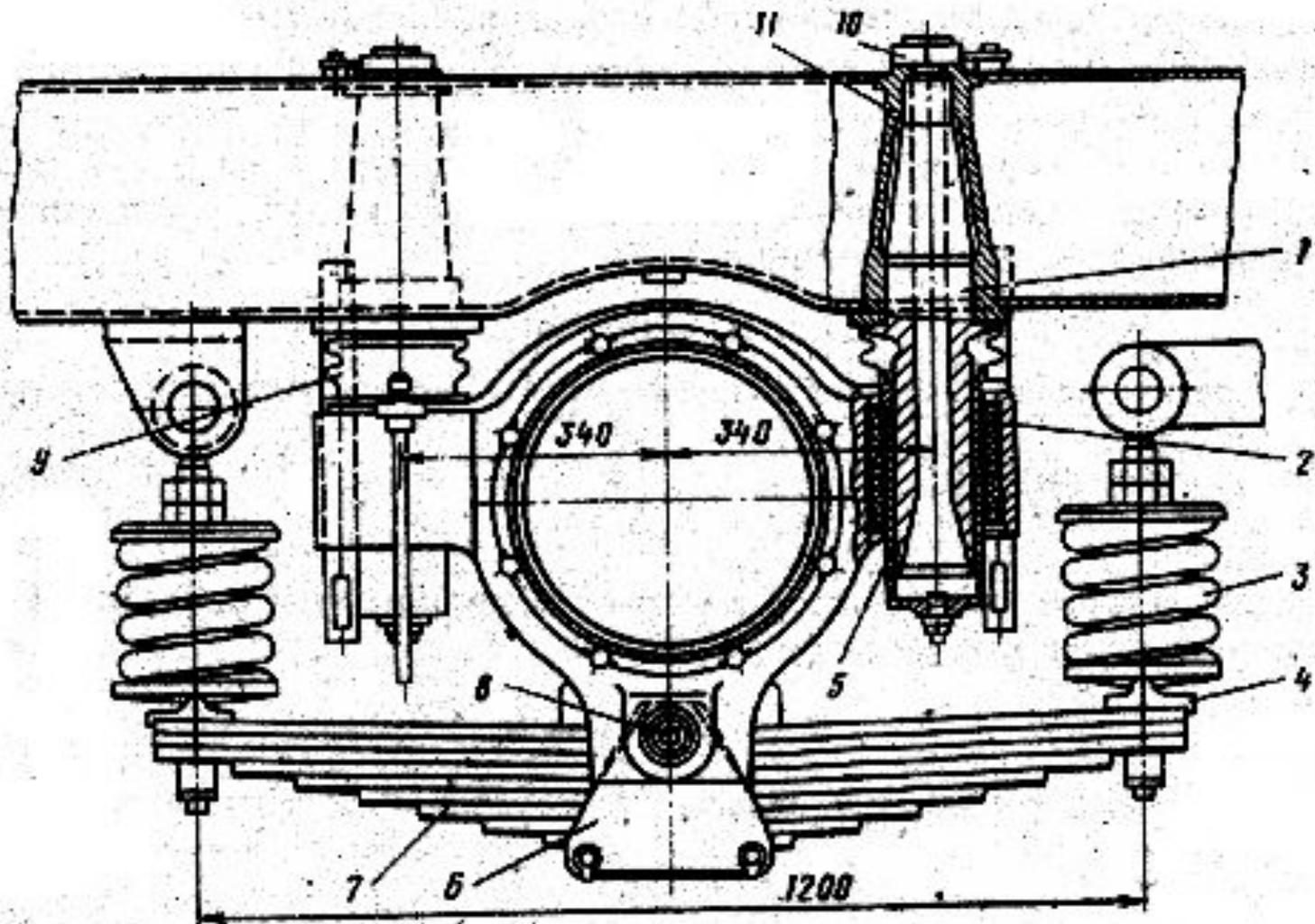
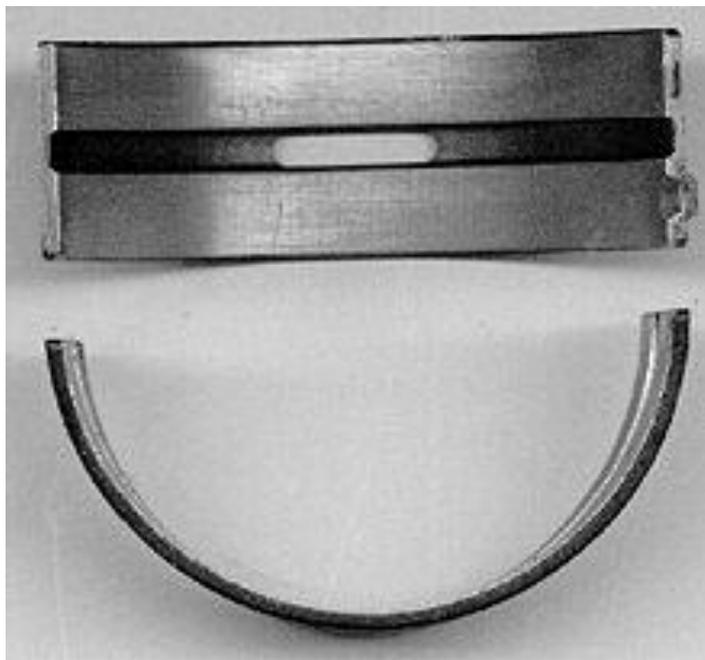


Рис. 11.7. Буксовый узел электровозов ЧС7, ЧС8 с цилиндрическими направляющими: 1 — внешняя и внутренняя пружины; 2 — шпинтон; 3 — поддон; 4 — резиновая шайба; 5 — резинометаллическая втулка; 6 — опорное кольцо; 7 — полость для масла; 8 — стакан; 9 — верхняя опорная чашка; 10 — сальниковое устройство.

Буксовый узел с цилиндрическими несоосными направляющими электровоза ЧС2



Подшипники скольжения



Коренной подшипник скольжения,
коленвала двигателя с заливкой баббитом.

- *жидкой* (минеральные и синтетические масла, вода для неметаллических подшипников),
- *пластичной* (на основе **литиевого мыла** и **кальция сульфата** и др.),
- *твёрдой* (**графит**, **дисфуль** молибдена и др.) и
- *газообразной* (различные инертные газы, азот и др.).

Наилучшие эксплуатационные свойства демонстрируют пористые самосмазывающиеся подшипники, изготовленные **методом порошковой металлургии**. При работе пористый самосмазывающийся подшипник, пропитанный маслом, нагревается и выделяет смазку из **пор** на рабочую скользящую поверхность, а в состоянии покоя остывает и впитывает смазку обратно в поры.

Подшипник скольжения — опора механизма, в которой трение происходит при скольжении сопряжённых поверхностей. Подшипник скольжения состоит из корпуса, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется рабочий элемент — вкладыш, или втулка **из антифрикционного** материала и смазывающее устройство.

Между валом и отверстием втулки подшипника имеется зазор, заполненный смазочным материалом, который позволяет свободно вращаться валу. Расчёт зазора подшипника, необходимого для разделения поверхностей трения смазочным слоем, производится на основе **гидродинамической теории смазки**.

При расчёте определяются: минимальная толщина смазочного слоя (измеряемая в мкм), давления в смазочном слое, температура и расход смазочных материалов.

Трение скольжения бывает *сухим, граничным, жидкостным* и *газодинамическим*. Однако даже подшипники с жидкостным трением при пуске проходят этап с граничным трением.

Смазка обеспечивает: низкое трение, разделение подвижных частей, теплоотвод, защиту от вредного воздействия окружающей среды.

Антифрикционные материалы подшипников изготавливают:

- из твердых сплавов (**карбид вольфрама** или **карбид хрома** методом порошковой металлургии, либо высокоскоростным газопламенным напылением),
- баббитов и бронз, полимерных материалов, керамики, твёрдых пород дерева (железное дерево).

Классификация подшипников скольжения

В основу классификации положен анализ режимов работы подшипников по диаграмме Герси-Штрибека.

Подшипники скольжения разделяют:

- в зависимости от формы подшипникового отверстия:
 - одно- или многоповерхностные,
 - со смещением поверхностей (по направлению вращения) или без (для сохранения возможности обратного вращения),
 - со смещением или без смещения центра (для конечной установки валов после монтажа);

- по направлению восприятия нагрузки:
 - радиальные
 - осевые,
 - радиально-упорные;
- по конструкции:
 - неразъемные,
 - разъемные,
 - встроенные;
- по количеству масляных клапанов:
 - с одним клапаном,
 - с несколькими клапанами;
- по возможности регулирования:
 - нерегулируемые,
 - регулируемые.

ДОСТОИНСТВА БУКС С РОЛИКОВЫМИ ПОДШИПНИКАМИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

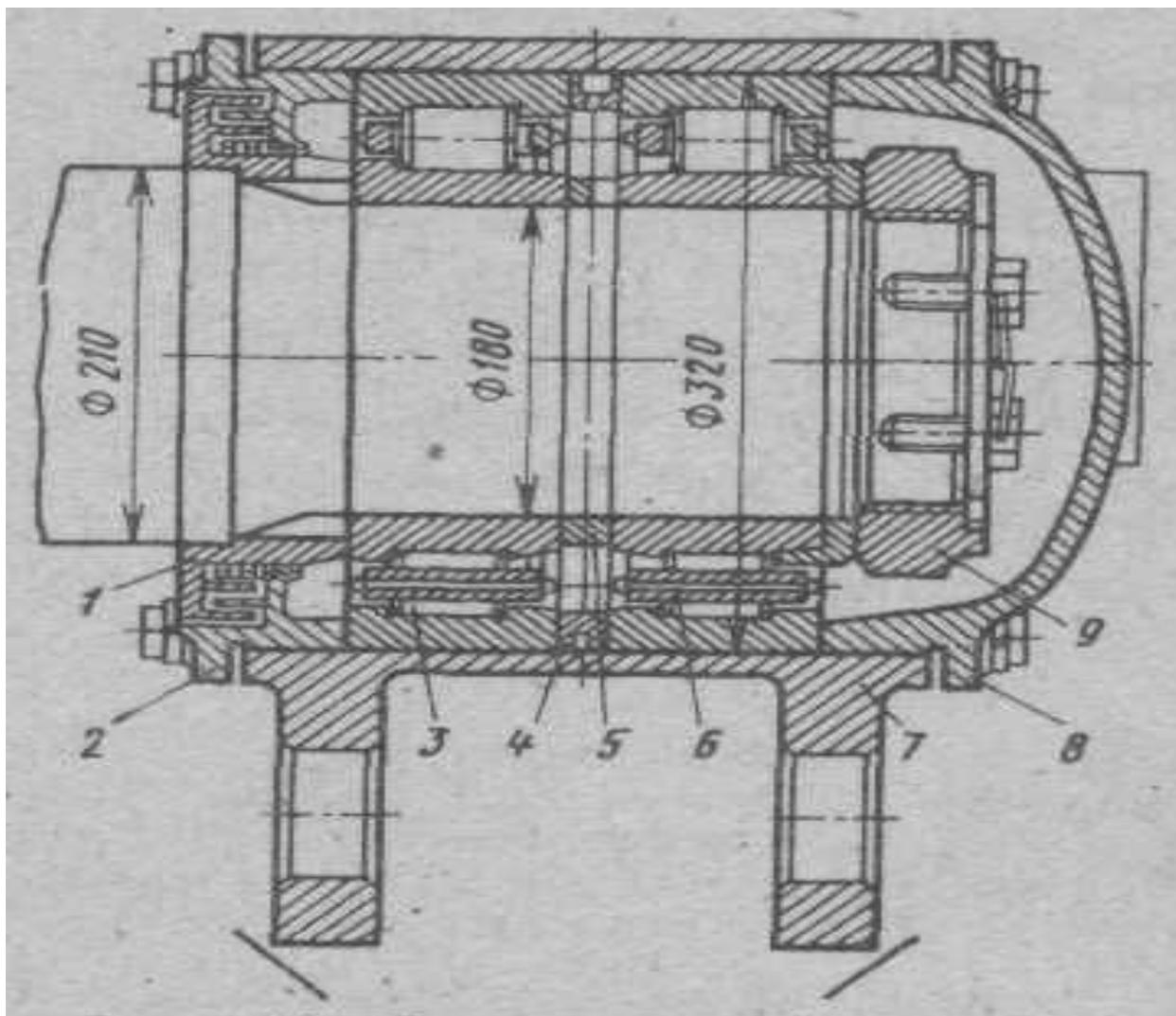
- Букса с роликовыми подшипниками заправляется консистентной смазкой 1—2 раза в год. В остальное время контроль ее нагрева (не должна **быть выше 80°С**, на ощупь рукой) и герметичности.
- Сильный шум и периодические удары и толчки указывают на наличие процесса выкрашивания дорожек и самих роликов. Во всех указанных случаях следует приостановить эксплуатацию и устранить повреждение.
- Расход смазки по сравнению с расходом на буксы со скользящими подшипниками (в 5—10 раз меньше), не требуется перезаправка букс на летнюю и зимнюю смазку.
- При роликовых подшипниках за счет снижения сопротивления движению сокращается расход электроэнергии на тягу поездов в среднем на 10%.
Особенно сильно уменьшается сопротивление движению при трогании поездного состава с места.

Буксы с роликовыми подшипниками

- Буксы изготавливают с роликовыми подшипниками трех типов:
 - а) со сферическими;
 - б) коническими;
 - в) цилиндрическими роликами.
- Существует три вида посадок роликовых подшипников на шейку оси:
 - а) горячая;
 - б) прессовая;
 - в) втулочная.

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ БУКС С РОЛИКОВЫМИ ПОДШИПНИКАМИ

Буксы электровозов ВЛ80, ВЛ10 (рис. 14.9)

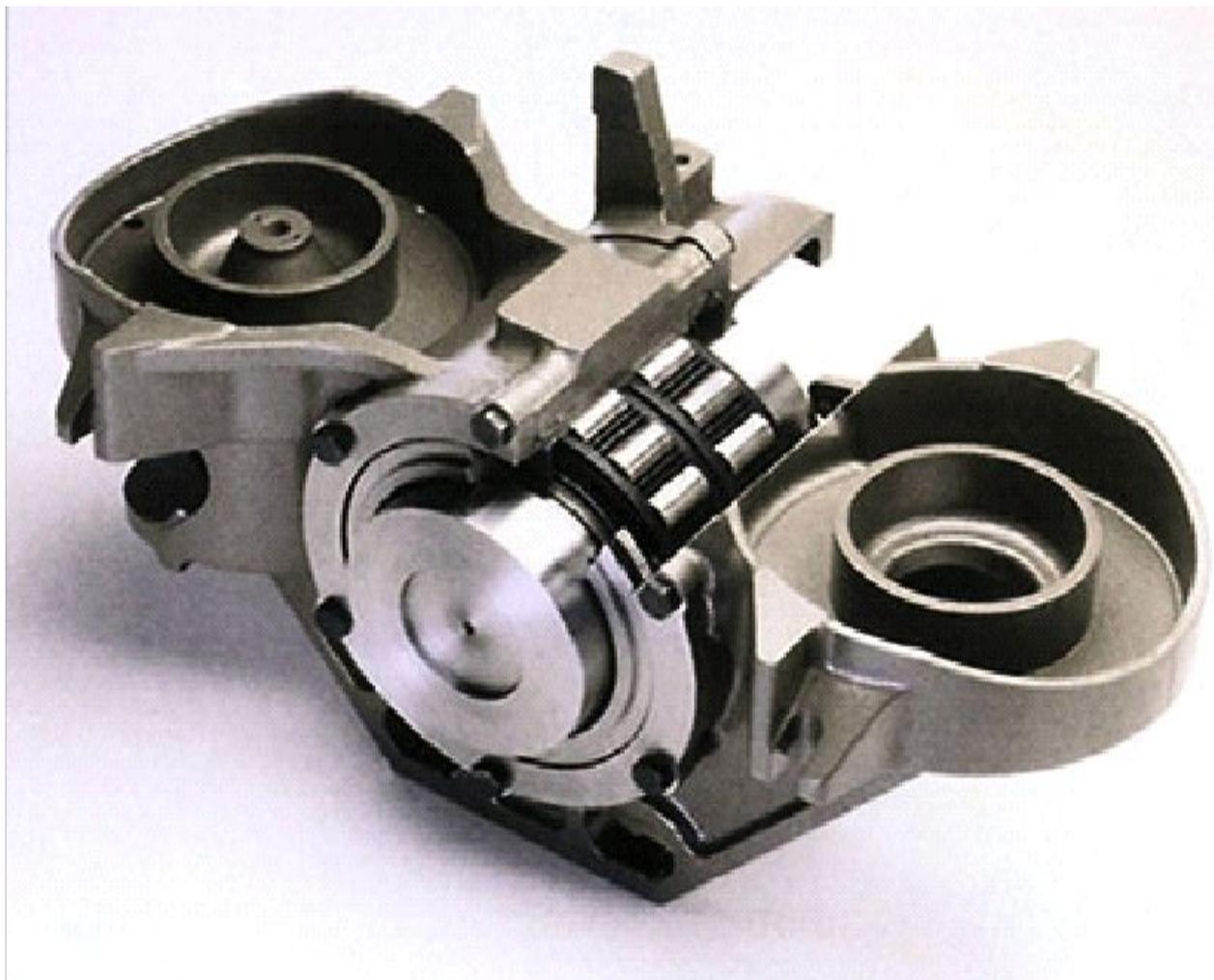


- Буксы электровозов ВЛ80, ВЛ10 (рис. 14.9) имеют литой корпус 7, подшипники с цилиндрическими роликами 3 и 6. передняя 8 и задняя 2 крышки, которые к корпусу буксы крепятся болтами.
- Внутренние кольца подшипников (**нагревают до температуры 120 °С**) и монтируют на шейке оси и зажимают гайкой 9. **Натяг при этом 0,04 ÷ 0,06 мм.** Расстояние между наружными и внутренними кольцами подшипников фиксируется дистанционными кольцами 4 и 5, ширина которых определяет продольный осевой разбег буксы на оси, равный 0,5—1,0 мм.
- Боковые силы от рамы тележки к колесной паре в буксе рассматриваемой конструкции передаются через торцы роликов, бурты колец и съемное упорное кольцо.
- Подшипниковые узлы колесных пар высокоскоростного тягового подвижного состава в большинстве случаев имеют двойные конические подшипники

Развитие буксовых подшипников качения

- Средние межремонтные интервалы буксовых подшипников, тыс. км:
 - 1957 г 130
 - 1965 г 450
 - 1988 г 1000
 - 1995 г 1500
- Достигнуто более чем 10-кратное увеличение межремонтных интервалов, это позволяет уменьшить размеры инвестиций, так как чем меньше простоя в ремонте, тем меньше парк для выполнения данного объема перевозок.

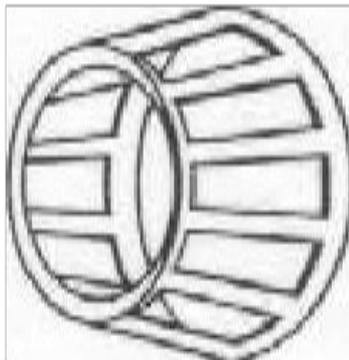
8. Буксовый узел электровоза семейства Taurus (в разрезе)



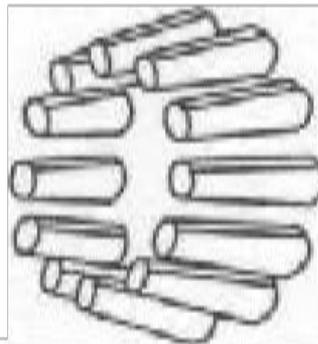
Компоненты однорядного роликового конического подшипника тип Т5



Наружное
кольцо
подшипника



Сепаратор
подшипника



Конические
ролики

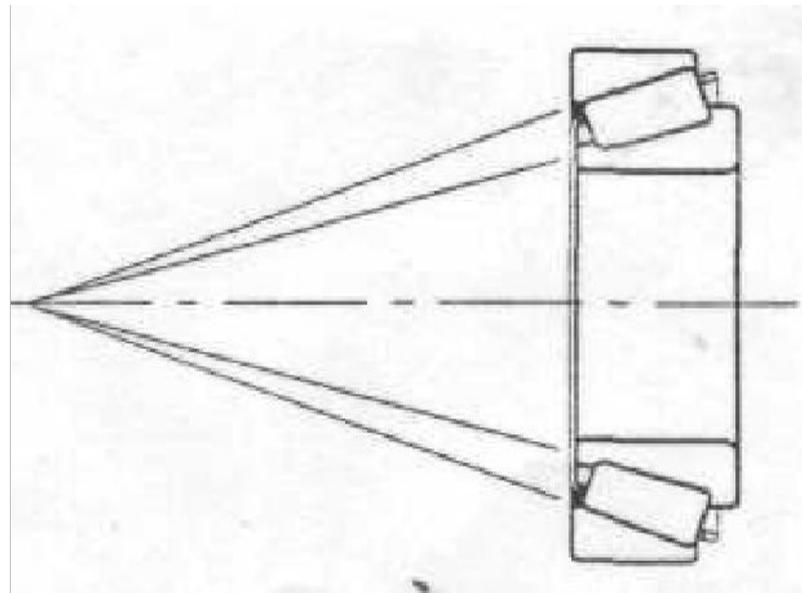


Внутреннее
кольцо
подшипника

Расположенные под углом дорожки качения дают возможность коническому подшипнику качения нести комбинации радиальной и осевой нагрузок.

ПРАВИЛЬНОЕ КАЧЕНИЕ

Продолжение дорожек качения и роликов конического роликового подшипника сконструирована таким образом, что соответствующие линии сходятся в одной точке оси вращения, как показано. Это дает в результате истинное качение роликов по дорожкам качения в каждой точке, расположенной вдоль тела ролика.



Основные конструктивные особенности подшипника типа Temket:

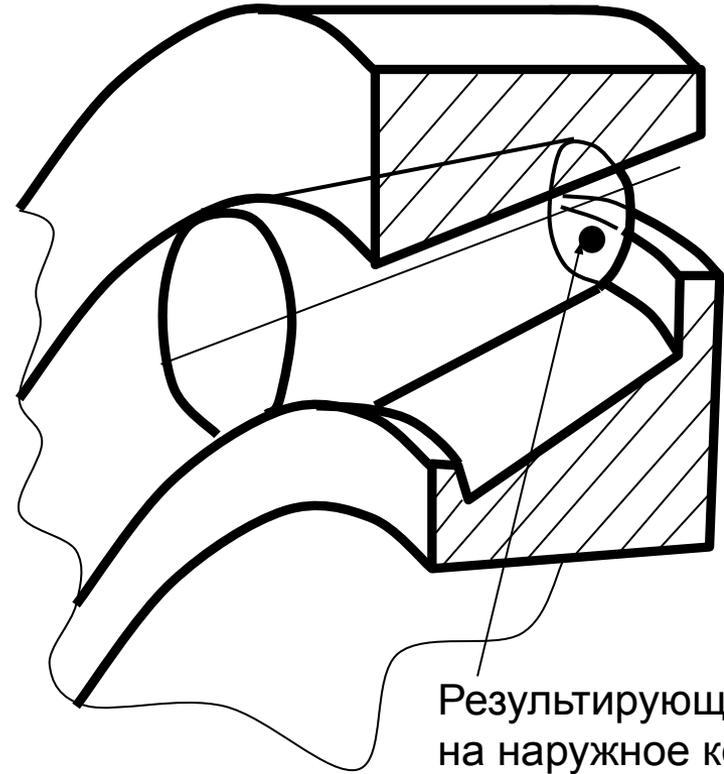
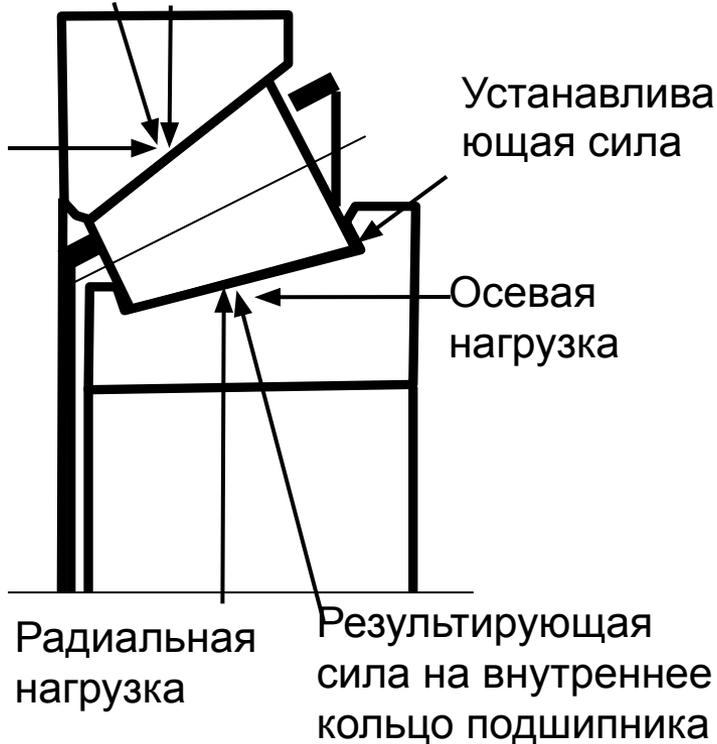
1. Все вершины конусных поверхностей сведены в одну общую точку.
2. Общая точка всех вершин конических поверхностей заведена на осевую линию вращения подшипника.
3. Все поверхности катания зацементированы на глубину 2-3 мм.
4. Применяется специальная смазка, количество которой строго регламентировано (например: 100 ± 4 г).
5. Трехслойная защита от внешнего воздействия и выхода смазки наружу.

НЕБОЛЬШАЯ УСТАНОВЛИВАЮЩАЯ СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ СО СТОРОНЫ ПОЯСКА ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА, ВЫРАВНИВАЕТ РОЛИКИ НА ДОРОЖКЕ КАЧЕНИЯ.

Результирующая сила на наружное кольцо подшипника

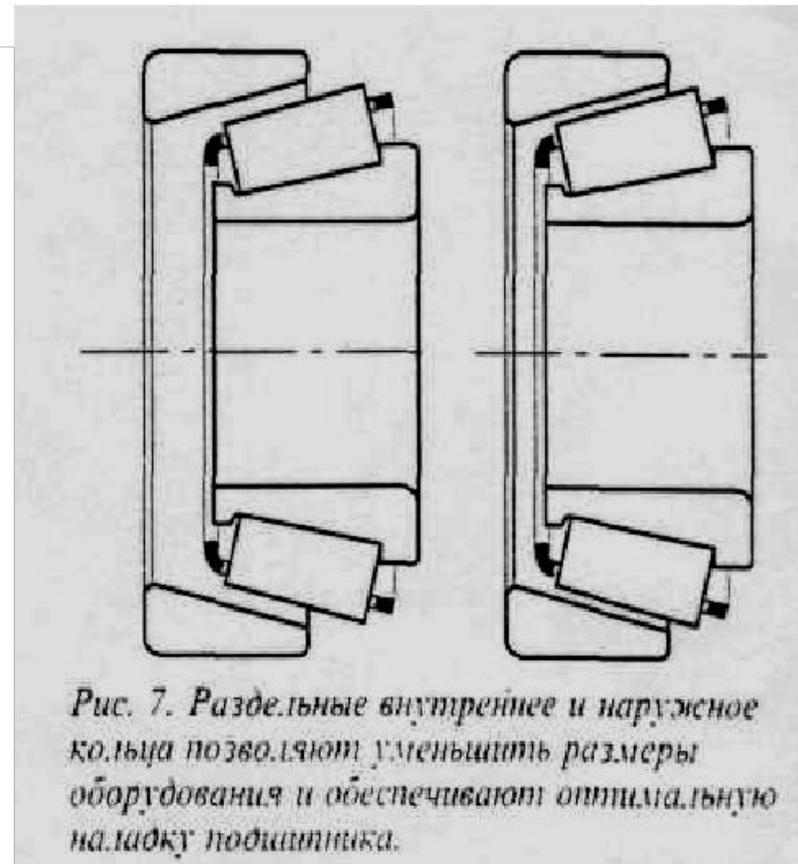
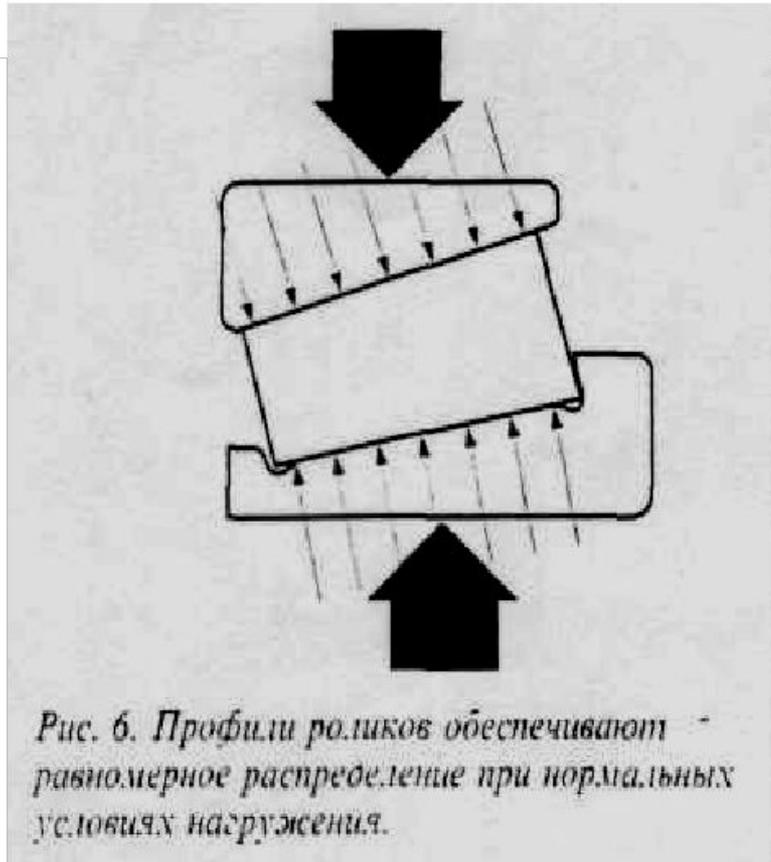
Радиальная нагрузка

Осевая нагрузка



ГЕОМЕТРИЯ ЗОНЫ КОНТАКТА

Стандартные конические роликовые подшипники имеют такие профили деталей, которые обеспечивают равномерное распределение напряжений на пятно контакта при нормальных условиях нагружения по всей эффективной длине пятна контакта (рис. 6).



ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ

Когда к коническому роликовому подшипнику прикладывается радиальная нагрузка, линия действия этой нагрузки смещается на угол, определяемый подшипником. Обычно этот факт более известен как центр эффективной нагрузки (а).

Существует два важных следствия.

Во-первых, однорядные подшипники необходимо устанавливать в виде противоположно направленных пар так, чтобы подшипники являлись зеркальными отражениями друг друга и чтобы любая сила, которая пытается отделить любой подшипник, имела бы противодействие со стороны другого подшипника.

Во-вторых, подшипники могут быть установлены таким образом, чтобы эффективный центр смещался одним или двумя способами (смотрите рис).

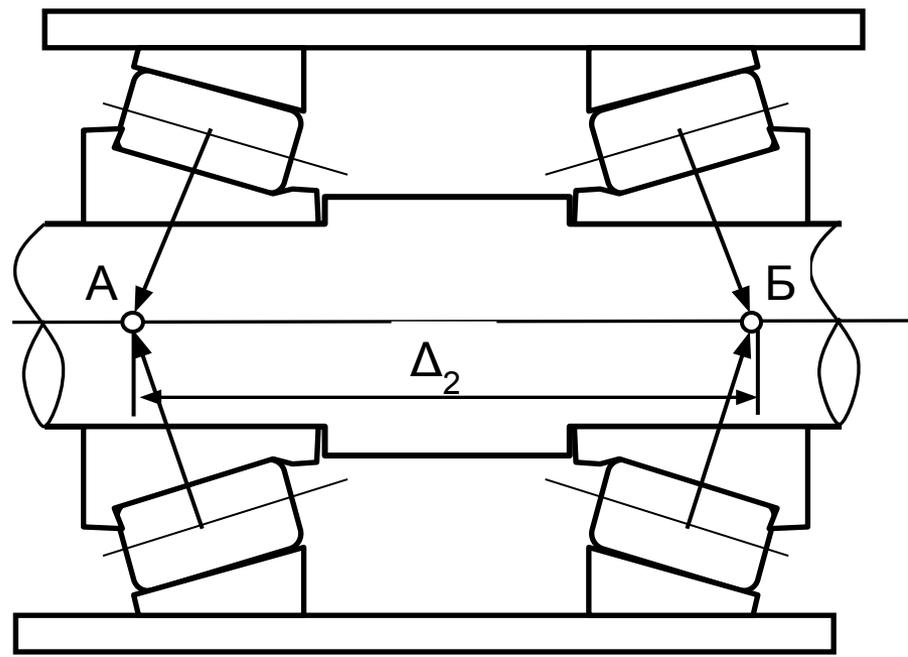
Прямая установка, при которой небольшие торцевые поверхности роликов направлены на внешнюю сторону, увеличивает жесткость центрально приложенной нагрузки.

Непрямая установка, при которой небольшие торцевые поверхности роликов направлены на внутреннюю сторону, увеличивает расстояние между эффективными центрами и повышает жесткость вала в случае консольно приложенной нагрузки

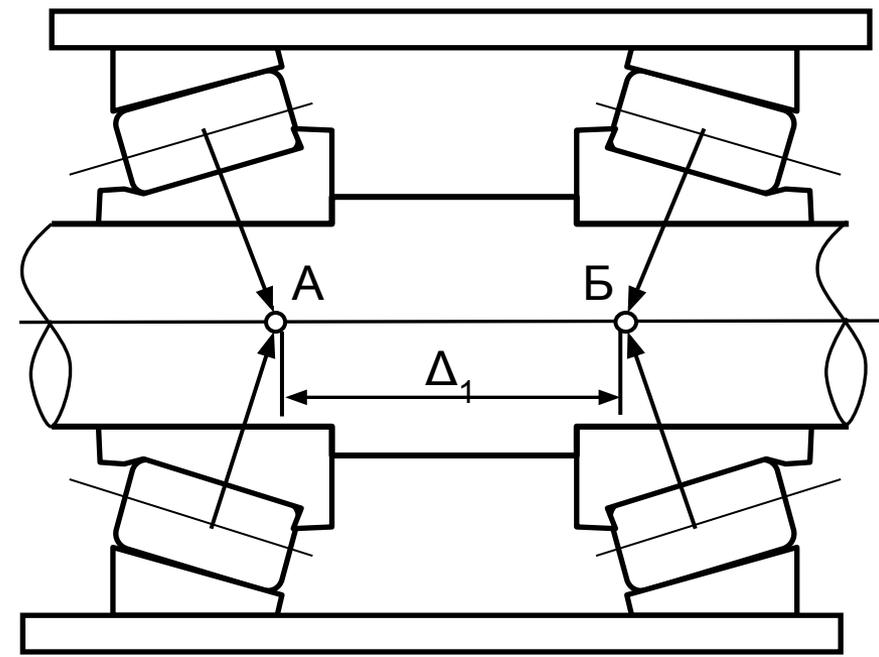
Материалы подшипников Подшипники фирмы "Тимкен" изготавливаются из сталей, низкоуглеродистых цементируемых марок. После механической обработки поверхностный слой деталей подшипников науглероживается на глубину 2-3 мм, Введенный углерод и легирующие добавки обеспечивают сочетание твердого усталостностойкого поверхностного слоя и вязкой пластичной сердцевины (рис. 9).

Другим выгодным следствием цементации деталей конических роликовых подшипников является создание остаточных напряжений сжатия в поверхностных слоях.

Выбор конфигурации установки для однорядных подшипников, показывающий положения центров



Прямой монтаж



Непрямой монтаж

Расстояние между эффективными центрами - Δ_2

МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИЯ СЕПАРАТОРОВ

Поскольку сепаратор конического роликового подшипника обычно не несет нагрузки, а служит только для распределения роликов по окружности дорожек качения, в большинстве подшипников фирмы "Тнмкен" сепараторы выполнены штампованными из низкоуглеродистой мягкой стали.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Радиальные однорядные шарикоподшипники (см. табл. 96). способны воспринимать осевую нагрузку, величина которой не должна превышать 70 % неиспользованной допустимой радиальной нагрузки. перекос внутреннего кольца по отношению к наружному не более 15',

Радиальные роликоподшипники с короткими цилиндрическими роликами применяют при необходимости создать «плавающую» опору (наружное кольцо перемещается в осевом направлении по телам качения); подшипник воспринимает только радиальную нагрузку.

Более удобны для монтажа, чем шарикоподшипники, и обладают большей радиальной грузоподъемностью.

Радиальные двухрядные сферические (самоустанавливающиеся) шарикоподшипники для восприятия радиальной нагрузки; и одновременно небольшую осевую нагрузку в обе стороны, величина которой не должна превышать 20 % неиспользованной допустимой радиальной нагрузки.

Могут работать при значительном перекосе (до 3°) внутреннего кольца относительно наружного, вызванном несоосностью посадочных мест или прогибом вала от действия нагрузок.

Радиальные сферические двухрядные роликоподшипники (см. табл. 102). могут воспринимать одновременно с радиальной нагрузкой также и двустороннюю осевую нагрузку, которая не должна превышать 25 % неиспользованной допустимой радиальной нагрузки. Могут работать при больших перекосах (до 3°) оси внутреннего кольца относительно оси наружного.

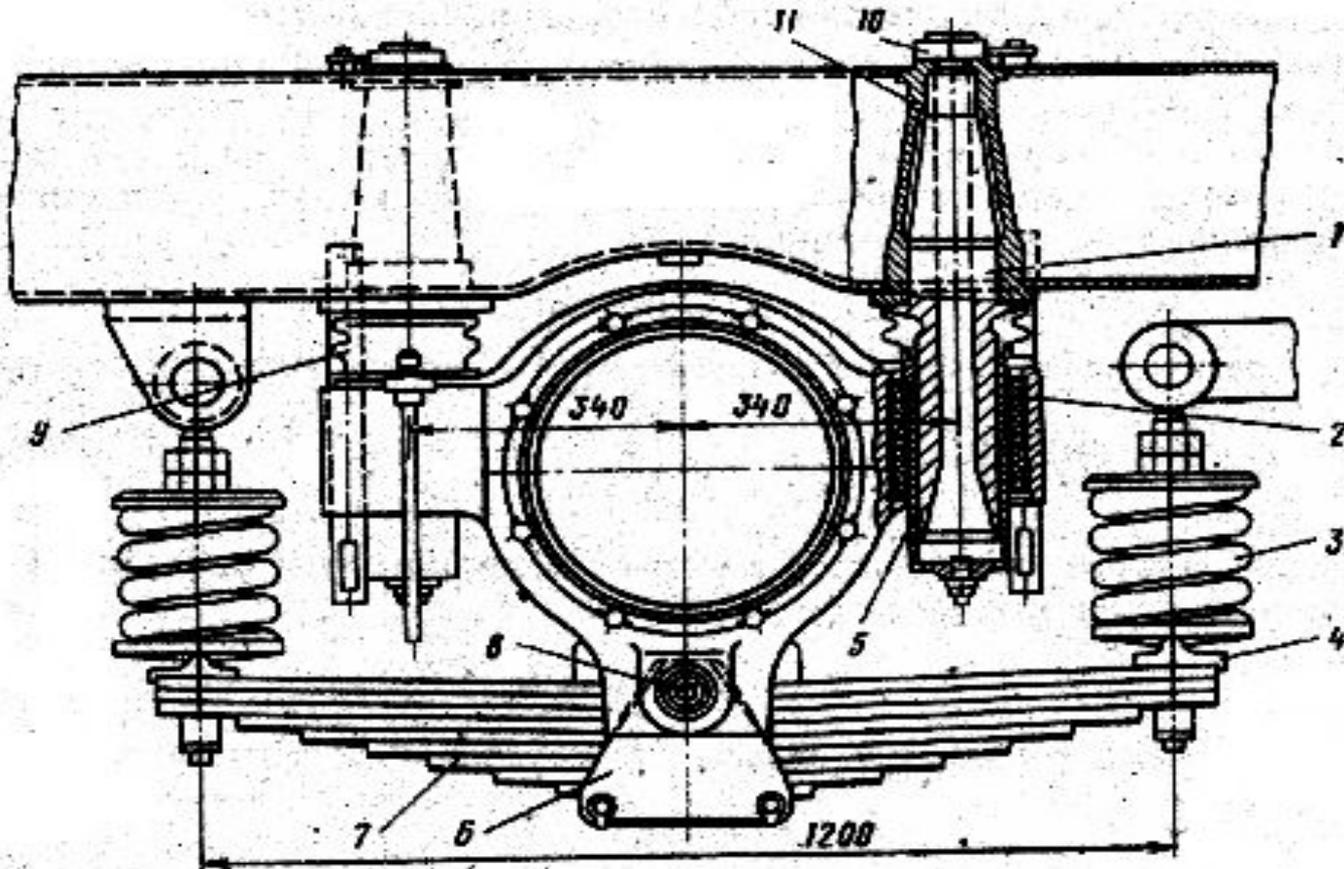
Радиально-упорные шарикоподшипники.

Одинарный подшипник может воспринимать осевую нагрузку действующую в одном направлении. Для фиксации вала в обоих направлениях подшипники необходимо устанавливать попарно, что позволяет осуществить предварительный натяг в комплекте.

Игольчатые роликоподшипники Игольчатые подшипники воспринимают только радиальную нагрузку весьма чувствительны к перекосам рабочих поверхностей.

БУКСОВЫЙ УЗЕЛ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ

Кинематическая пара представляет собой две вертикальные цилиндрические направляющие (шпинтоны) и две скользящие по ним втулки (стаканы). Как правило, шпинтоны закреплены в раме тележки, а стаканы — на буксе (рис. 11.6).



Технологическая простота обработки цилиндрических поверхностей позволила обеспечить скользящую посадку шпинтона и стакана и, как следствие, беззазорное ведение колесной пары, что в свою очередь способствует высокой устойчивости движения тележки.

Установка стаканов в буксовых кронштейнах на резиновых втулках обеспечила некоторую гибкость продольной и поперечной связей колесной пары с рамой тележки, что способствует снижению поперечного воздействия на путь. Низкий коэффициент трения, обусловленный хорошими условиями смазки, способствует снижению эффекта «загрубления» гибкости вертикальной связи колесной пары с рамой тележки при реализации сил тяги и торможения.

.

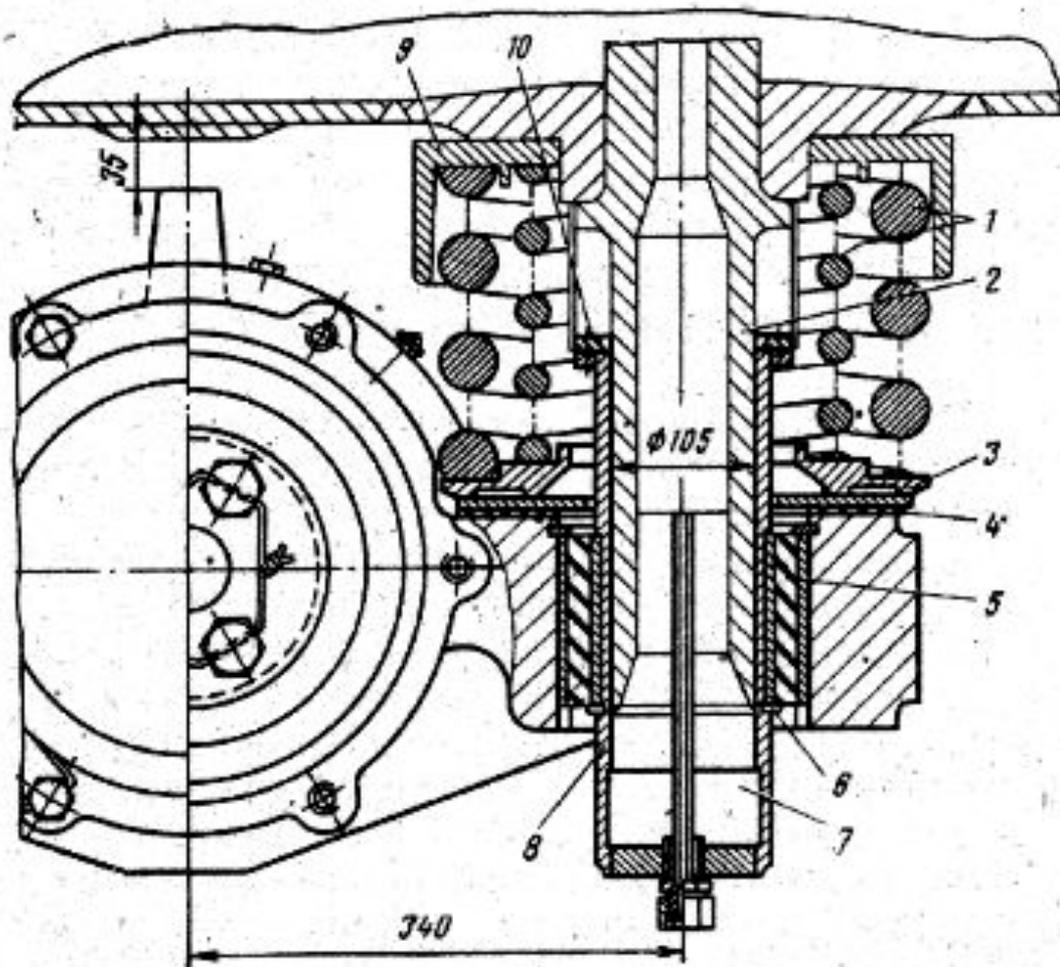
К недостаткам этой конструкции можно отнести необходимость применения дефицитной бронзы и периодического добавления смазки. Последнее допустимо на локомотиве, но в условиях моторвагонного подвижного состава из-за большого числа букс практически нецелесообразно.

Буксовые узлы с несоосными цилиндрическими направляющими (т.е. два шпинтона с параллельными расположенными осями) применяют, в частности, на электровозах ЧС1, ЧС2, ЧС3, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200. При проходе односторонней вертикальной неровности ось колесной пары поворачивается относительно рамы тележки и буксовых направляющих в поперечной относительно пути плоскости; применение сферических буксовых подшипников предотвращает возможность защемления роликов в этой ситуации.

Конические роликоподшипники (см. табл. 108 и 109). Подшипники являются радиально-упорными и предназначены для одновременного восприятия радиальных и осевых нагрузок. Так как наружное кольцо съемное, подшипник удобен для раздельного монтажа . весьма чувствительны к осевой игре, при сильной затяжке резко повышается температура, при значительной осевой игре возможно разрушение подшипника.

Упорные шарикоподшипники. Одинарные подшипники типа 8000 предназначены для восприятия осевой нагрузки в одном направлении, двойные типа 38000 — в обоих направлениях.

Буксовый узел электровозов ЧС7, ЧС8 с цилиндрическими направляющими:



- 1 — внешняя и внутренняя пружины;
- 2 — шпиртон;
- 3 — поддон;
- 4 — резиновая шайба; 5 — резино-металлическая втулка;
- 6 — опорное кольцо;
- 7 — полость для масла;
- 8 — стакан;
- 9 — верхняя опорная чашка;
- 10 — сальниковое устройство.

От недостатков классической конструкции, вызванных наличием поверхностного трения, свободен буксовый узел с цилиндрическими направляющими, в котором соосные перемещения буксы вдоль направляющих осуществляются за счет деформаций сдвига многослойного цилиндрического резино-металлического блока (рис. 11.8). Такие буксовые узлы применены на тележках (Y-230, Y-231) французского скоростного электропоезда TGV. Основная часть вертикальной нагрузки воспринимается витой пружиной, расположенной над буксой. Резинометаллический блок частично выполняет также функции гасителя колебаний.

Для обеспечения оптимального сочетания продольной и поперечной жесткостей соединения колесной пары с рамой тележки этот блок выполнен в виде двух продольно ориентированных секторов.

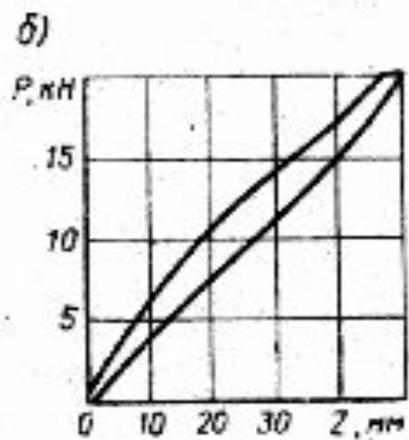
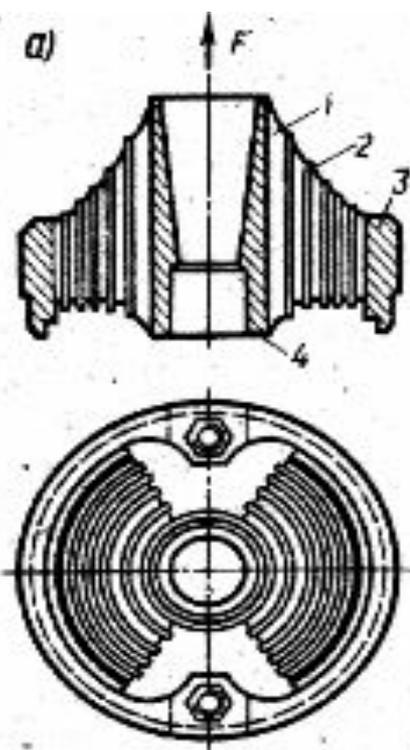


Рис. 11.8

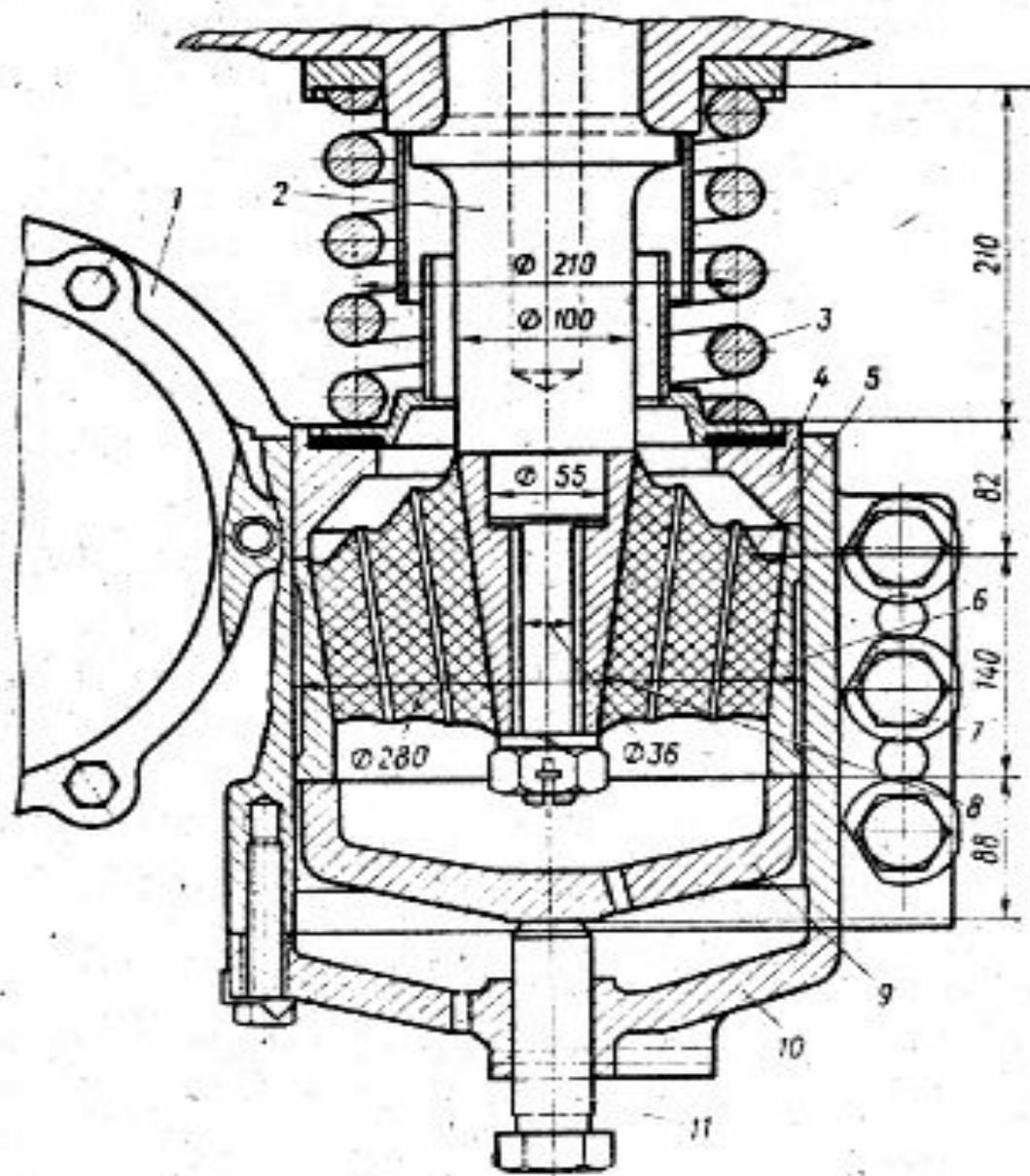


Рис. 11.9

Рис. 11.8. Резинометаллический блок (а) буксового узла тележек Y2-30 скоростного электропоезда TGV (Франция) и его характеристика (б); 1— резина; 2—стальная армирующая, пластина; 3—внешняя втулка; 4 — внутренняя втулка

Рис. 11.9, Модифицированный буксовый узел электровоза ЧС7 с резинометаллическими блоками: 1—Корпус буксы; 2—шпинтон; 3—буксовая пружина; 4 — опора пружины; 5 — резинометаллический блок; 6—обойма резинометаллического блока; 7 — болты; 8—внутренняя обойма резино-металлического блока; 9— подвижная опора; 10 — неподвижная опора; 11—винт, регулирующий высоту пружины.

В модифицированном буксовом узле электровоза ЧС7 цилиндрическая пара трения заменена резино-металлическим блоком с концентрическими коническими резино-металлическими элементами (**рис. 11.9**). Эти элементы выполняют три функции: создают беззазорную упругую продольную и поперечную связи без поверхностного трения в условиях взаимных вертикальных перемещений буксы и шпинтона,

Шарнирно-поводковый механизм. Массовое применение началось после создания резинометаллических шарниров (сайлент-блоков), позволивших избавиться от поверхностного трения и связанных с ним износов.

Применен впервые фирмой Alsthom с поводками, расположенными в разных уровнях и установленными по схеме антипараллелограмма (рис. 11.10). В пределах относительных перемещений колесной пары и рамы тележки, возникающих в эксплуатации (± 20 мм), механизм обеспечивает прямолинейное поступательное движение корпуса буксы. Поводки, соединяющие буксу с рамой тележки, имеют по два резинометаллических шарнира, в которые входят цилиндрические сайлент-блоки, передающие продольные силы, и торцовые резинометаллические шайбы — (амортизаторы), воспринимающие поперечные усилия. Оси шарниров по концам обрабатывают под клин, что обеспечивает их беззазорную посадку в пазы кронштейнов рамы. Выбирая размеры резиновых деталей и материал резины, можно получать различные значения жесткости связи буксы с рамой по разным координатам. В расчете на буксу (ВЛ10; ВЛ80) $J_x = 1680$ кН/м, $J_y = 785$ кН/м, ярд $J_z = 45,6$ кН/м в.