



МГТУ им. Н.Э.Баумана

Кафедра СМ-10 «Колесные машины»

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

лекция 8

Назначение, конструкции.

преподаватель

Захаров А.Ю.

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

- предназначена для изменения по величине и направлению крутящего момента и передачи его от двигателя к ведущим колесам.
- она обеспечивает длительное разобщение двигателя и ведущих колес, причем на неограниченный срок и без усилий со стороны водителя (по сравнению со сцеплением).

Требования к коробке передач

- обеспечение оптимальных тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля при заданной внешней характеристике двигателя;
- бесшумность при работе и переключении передач;
- легкость управления;
- высокий КПД;

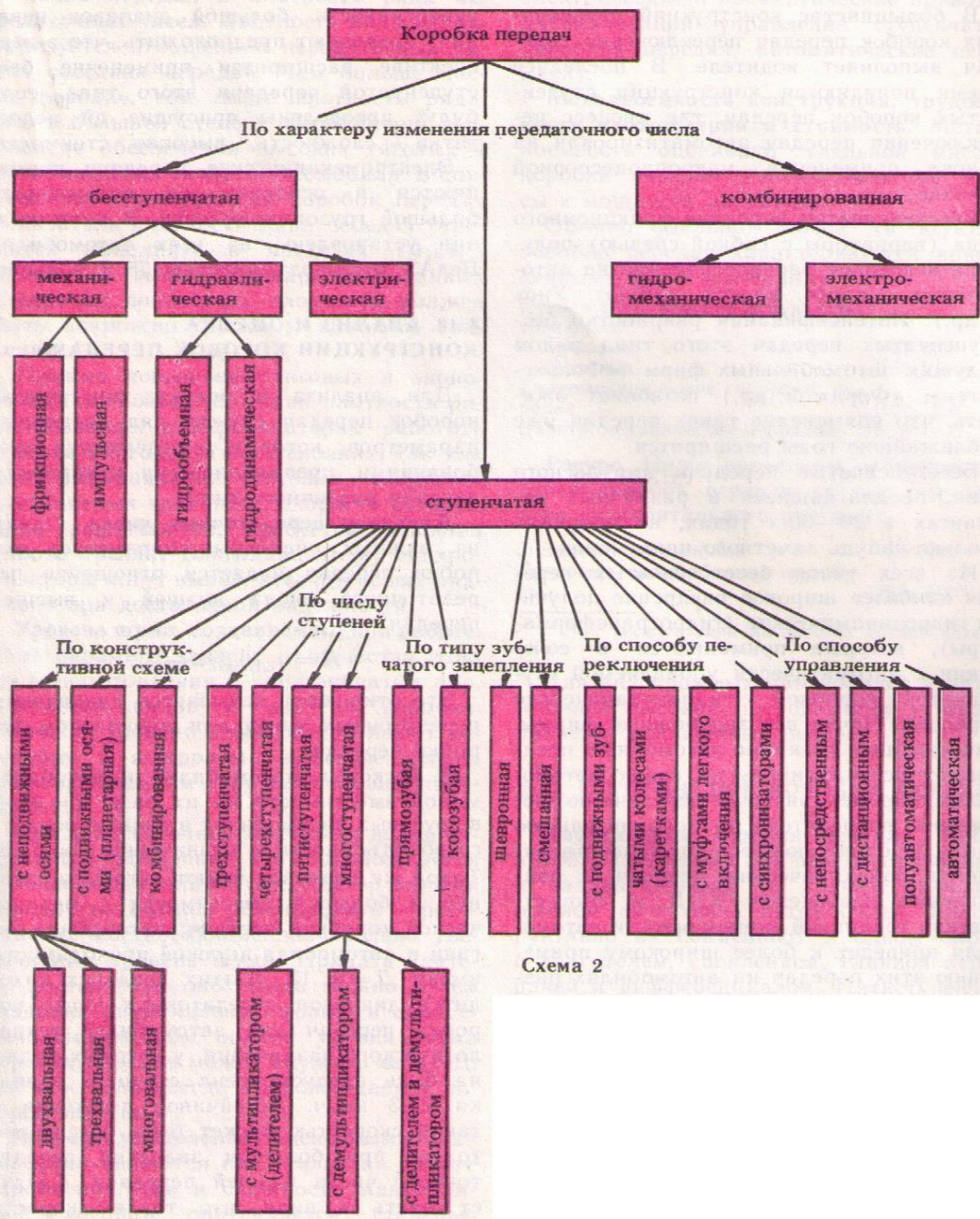


Схема 2

Применение Коробок передач

- На большинстве легковых и грузовых автомобилей устанавливают ступенчатые коробки передач.
- Двухвальные коробки передач с числом передач 4...5 применяют для переднеприводных автомобилей малого класса и заднеприводных — с задним расположением двигателя. Высшая передача часто повышающая. Как правило, большинство передач синхронизировано.
- Трехвальные коробки передач используют для легковых автомобилей, выполненных по классической схеме, грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и автобусов.
- Многовальные коробки передач используют на автомобилях большой грузоподъемности для увеличения числа передач с целью улучшения тяговых и экономических свойств;

Бесступенчатые передачи

- Бесступенчатые передачи фрикционного типа (вариаторы с гибкой связью) получили некоторое распространение на автомобилях малого класса («Фиат Уно» и др.). Интенсификация разработки бесступенчатых передач этого типа рядом ведущих автомобильных фирм («Фольксваген», «Форд» и др.)

Электромеханические передачи

- Электромеханические передачи применяются в основном на автомобилях большой грузоподъемности. В частности, они установлены на всех автомобилях БелАЗ грузоподъемностью 75 т и выше.

Оценка коробок передач

- **Диапазон передаточных чисел. (Д)**
- Один из важных оценочных параметров коробки передач.
- Отношение передаточного числа высшей к низшей передаче

$$D = U_{kп \max} / U_{kп \min}$$

Это отношение называется
Диапазоном передаточных чисел или
Диапазоном коробки передач.

Примеры диапазонов

- *В легковых автомобилях и автобусах малой вместимости на их базе $D = 3...4$;*
- *В грузовых автомобилях в зависимости от грузоподъемности и назначения $D = 5...8$. Такой же диапазон имеют автобусы средней и большой вместимости с механической коробкой передач;*
- *Автомобили-тягачи и автомобили высокой проходимости имеют $D = 9...13$.*
- В этих пределах находится диапазон передаточных чисел коробки передач для автомобилей технологического назначения, у которых должна быть предусмотрена скорость порядка $2...3$ км/ч. Устойчивое движение с такой скоростью может быть обеспечено только при большом значении передаточного числа низшей передачи.
- Такая скорость может быть получена также, если применяется раздаточная коробка с понижающей передачей.

Число передач и плотность ряда передаточных чисел

- Плотность ряда характеризуется отношением передаточных чисел соседних передач. Чем больше число передач, тем выше плотность ряда, тем в большей степени выполняется требование обеспечения высоких тяговых и экономических свойств автомобиля.
- В современных конструкциях коробок передач показатель плотности ряда передач стремятся выполнять в пределах $1,1 \dots 1,5$, причем на высших, синхронизированных передачах показатель плотности должен быть возможно ближе к нижнему значению.
- Помимо повышения тяговых и экономических свойств, большая плотность ряда позволяет синхронизаторам работать в более благоприятных условиях, так как для выравнивания угловых скоростей соединяемых элементов, скорости которых мало различаются, требуется меньшая работа трения. Благодаря этому синхронизаторы могут выполняться меньших размеров при достаточной надежности.

Уровень шума, создаваемого при работе

- Этот параметр зависит от качества, точности изготовления и типа зубчатых пар, жесткости валов и картера коробки.
- Меньший уровень шума обеспечивают косозубые и шевронные зубчатые колеса (одновременно им присуща большая прочность) .
- При недостаточной жесткости валов нарушается зацепление, что сопровождается повышением уровня шума.
- Картер коробки передач не должен резонировать — резонансные составляющие значительно увеличивают уровень шума. Придать картеру достаточную жесткость можно путем создания рациональной формы и оребрения.
- Параметром оценки уровня шума коробки передач может служить ее КПД, так как шум всегда сопровождается потерей энергии.

Легкость управления.

- Оценочными показателями являются
- усилие на рычаге управления,
- сложность манипуляций, которая определяется степенью сложности самой конструкции коробки передач и ее привода
- синхронизаторы, электрические и пневматические приводы, автоматизация управления ступенчатой коробкой передач, автоматические передачи.

Металлоемкость конструкции, трудоемкость изготовления и стоимость.

- Металлоемкость оценивают удельной массой коробки передач — отношением ее массы к мощности двигателя в кг/кВт.
- Обычно удельная масса (в кг/кВт) коробки передач характеризуется приведенными ниже значениями.
- Ступенчатые коробки передач автомобилей:
 - -легковых.....0,3...0,5
 - -грузовых.....0,5...2,0
- Гидромеханические коробки передач
....0,35...2,0
- Электромеханические передачи 5... 10

Ресурс.

- Исчисляется в тыс. км пробега до капитального ремонта.

Легковые автомобили 125...250

Грузовые автомобили и автобусы

...

.....

250...500*

* При эксплуатации на дорогах первой категории.

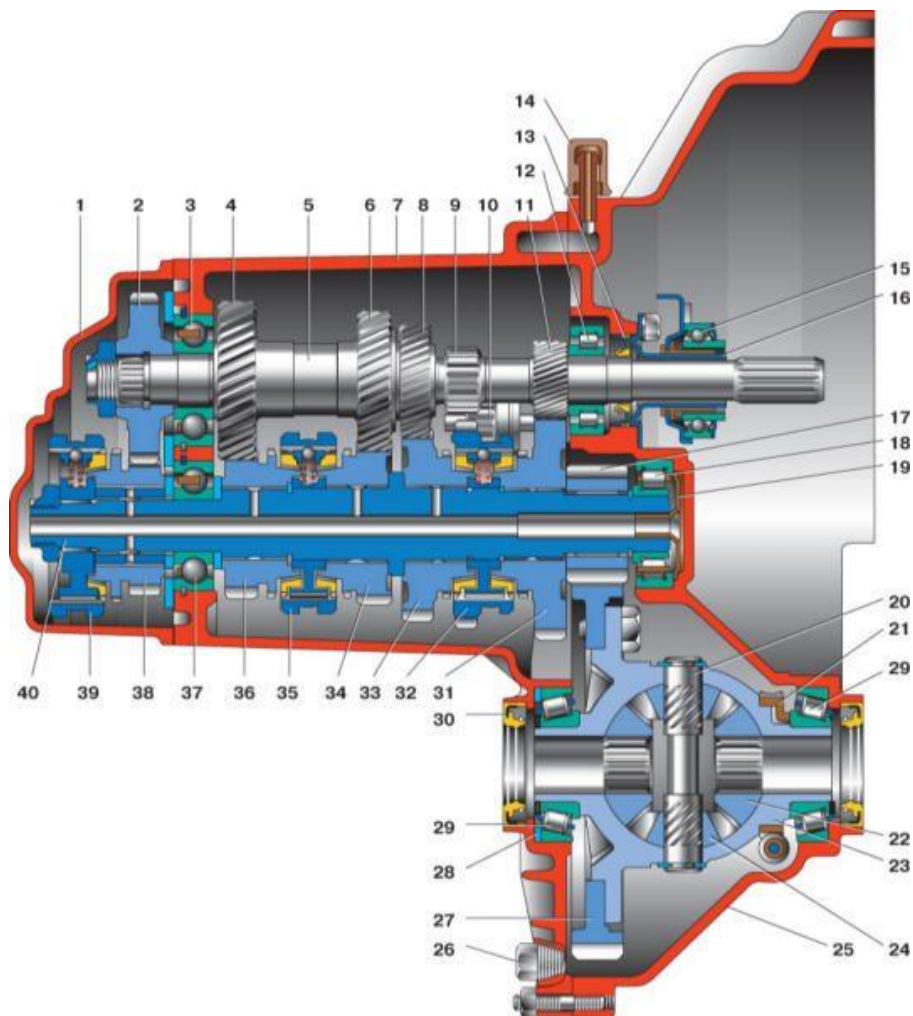
- Для внедорожных автомобилей и автомобилей высокой проходимости устанавливается пониженный ресурс.

СТУПЕНЧАТЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

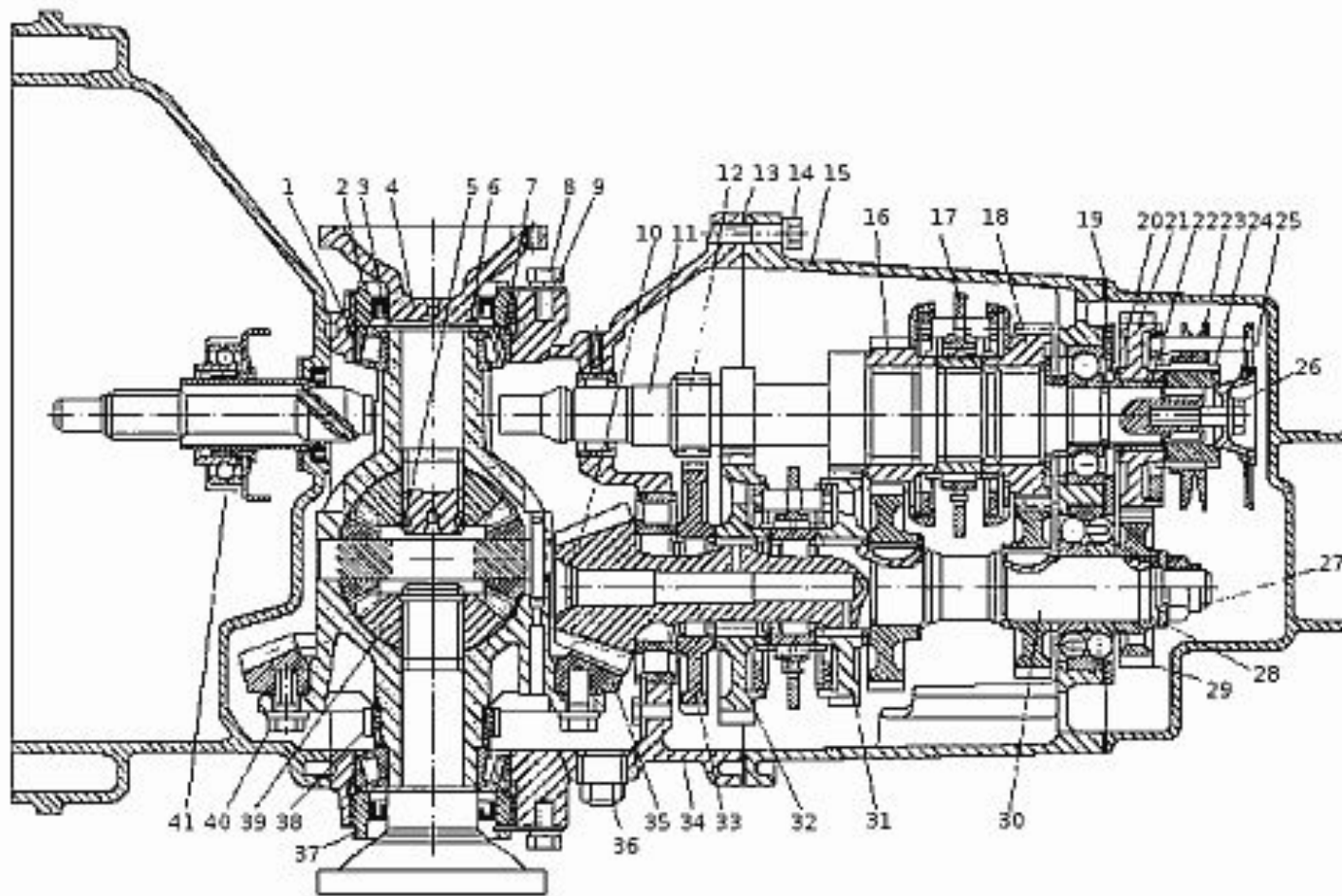
Двухвальные коробки передач

- Такие коробки применяют для переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) автомобилей. Конструктивно их совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.
- При поперечном расположении коробки передач применяется цилиндрическая главная передача. Шестерня главной передачи, выполненная за одно целое с ведомым валом коробки передач, расположена консольно.

КП с поперечным расположением двигателя



КП с продольным расположением двигателя



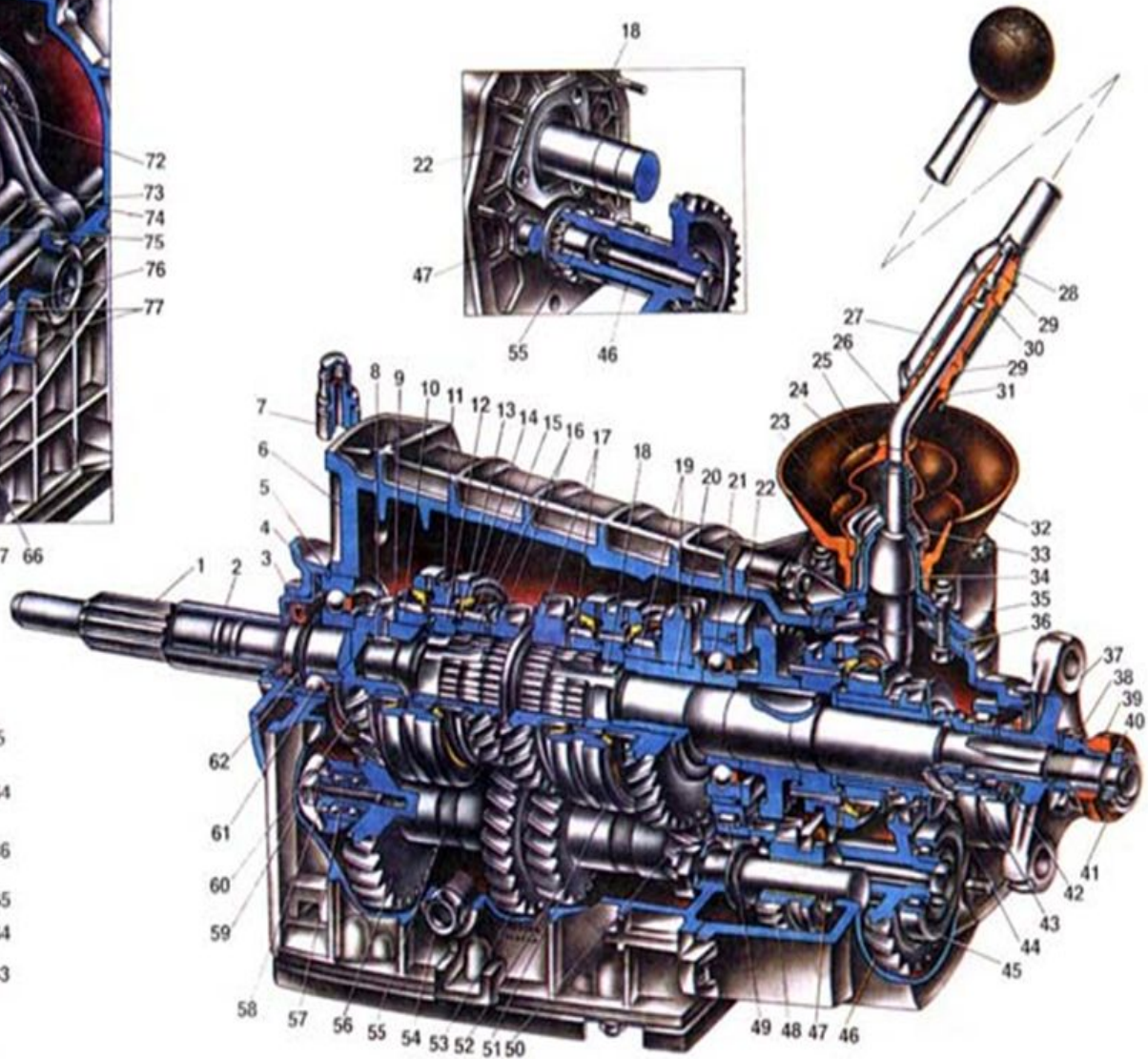
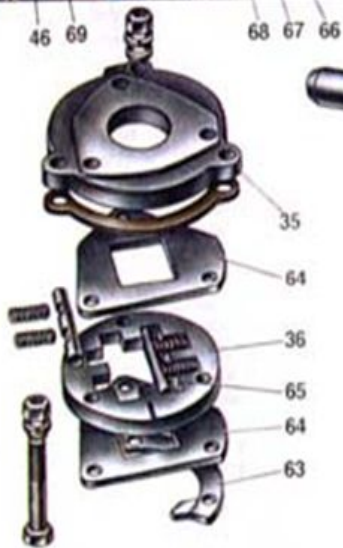
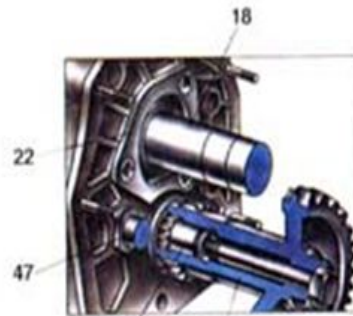
- Размещение синхронизатора на двух валах позволяет несколько сократить длину коробки. При продольном расположении двигателя применяется коническая или гипоидная главная передача. Управление коробкой передач непосредственное.
- При заднем расположении двигателя и коробки (продольно) управление коробкой — дистанционное .
- В двухвальных коробках передач крутящий момент передается двумя зубчатыми колесами. Передаточное число зубчатой пары не должно превышать некоторого предела, близкого 4, так как дальнейшее увеличение передаточного числа приводит к увеличению размеров коробки и повышению уровня шума.
- Передаточное число высшей передачи в таких коробках, как правило, не делают равным единице, число зубьев сопрягаемых зубчатых колес отличается на 1...2, что позволяет обеспечить хорошую прирабатываемость.
- В некоторых конструкциях высшая передача — повышающая.

Достоинства двухвальных коробок передач

- простота конструкции,
- малая масса,
- высокий КПД на промежуточных передачах.

Трехвальные коробки передач.

- Отличительной особенностью трехвальной коробки передач является наличие **прямой передачи**, на которой автомобиль движется большую часть общего пробега.
- На прямой передаче трехвальная коробка имеет более высокий КПД, чем двухвальная, работает менее шумно, так как в этом случае имеют место только гидравлические потери.
- На остальных передачах трехвальной коробки в зацеплении, находятся две пары зубчатых колес, в то время как у двухвальных — одна. Это определяет более низкий КПД, но позволяет иметь на низшей передаче передаточное число $УКПІ = 9$.
- Для дальнейшего увеличения передаточного числа требуется применение многовальных коробок.



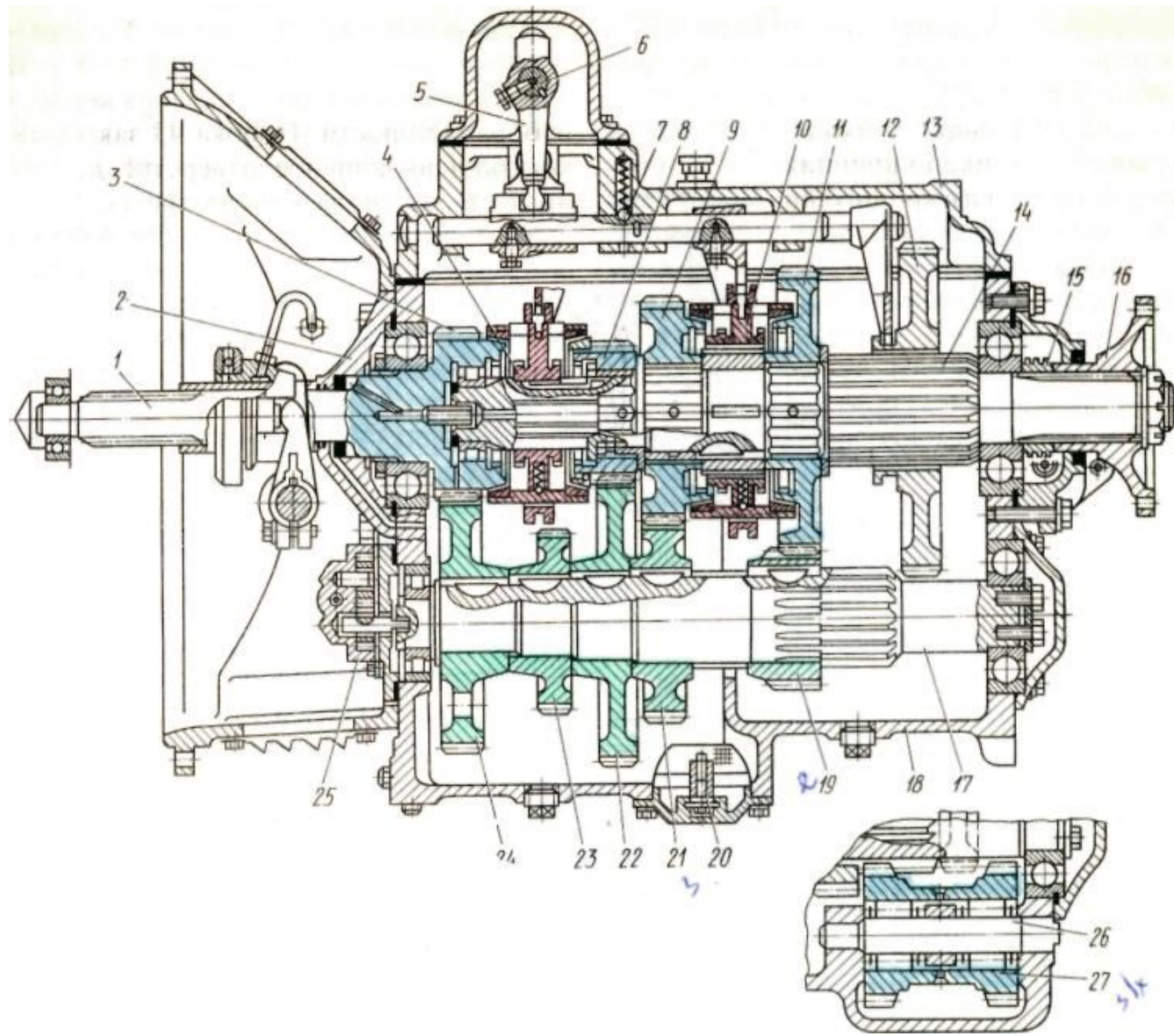
- Все зубчатые колеса передач переднего хода — косозубые и находятся в постоянном зацеплении.
- Включение передач происходит при помощи двух синхронизаторов.
- Зубчатые колеса передачи заднего хода прямозубые. Включение передачи заднего хода осуществляется перемещением промежуточного зубчатого колеса, которое входит в зацепление с зубчатым колесом заднего хода на промежуточном вале и зубчатым венцом, нарезанным на муфте синхронизатора.
- Все зубчатые колеса промежуточного вала выполнены в одном блоке. Блок вращается на подшипниках, установленных на закрепленной в картере оси.

- При применении косозубых зубчатых пар наряду с увеличением прочности и бесшумности коробки передач возникают значительные **осевые силы**, которые дополнительно нагружают подшипники, а также могут вызвать перекос свободно сидящих на ведомом валу зубчатых колес, если вал недостаточно жесткий или если недостаточно точно выдержаны посадочные допуски между зубчатыми колесами и валом.
- При перекосе нарушается зацепление, что приводит к ускоренному изнашиванию зубьев.
- Ступицы зубчатых колес на ведомом валу по возможности выполняют удлиненными, что позволяет уменьшить их перекос.

- При возникновении осевых сил требуется применять усиленные подшипники.
- На промежуточном валу могут быть уравновешены осевые силы, возникающие на зубчатых колесах всех передач, кроме тех, где применяется прямозубая пара (в данном случае зубчатое колесо заднего хода).
- Для уравновешивания осевых сил на промежуточном валу необходимо обеспечить правильный подбор углов наклона зубьев зубчатых колес различных передач.
- На ведущем и ведомом валах осевые силы не могут быть уравновешены, так как эти валы в осевом направлении между собой не связаны.

КП МАЗ 5335

($\Delta=8$)

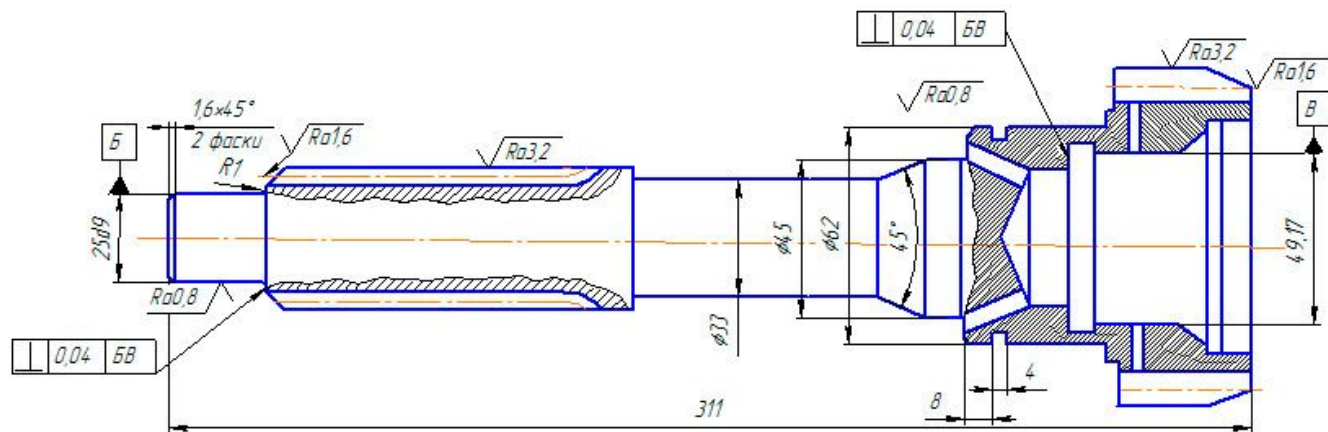


Первичный вал КП

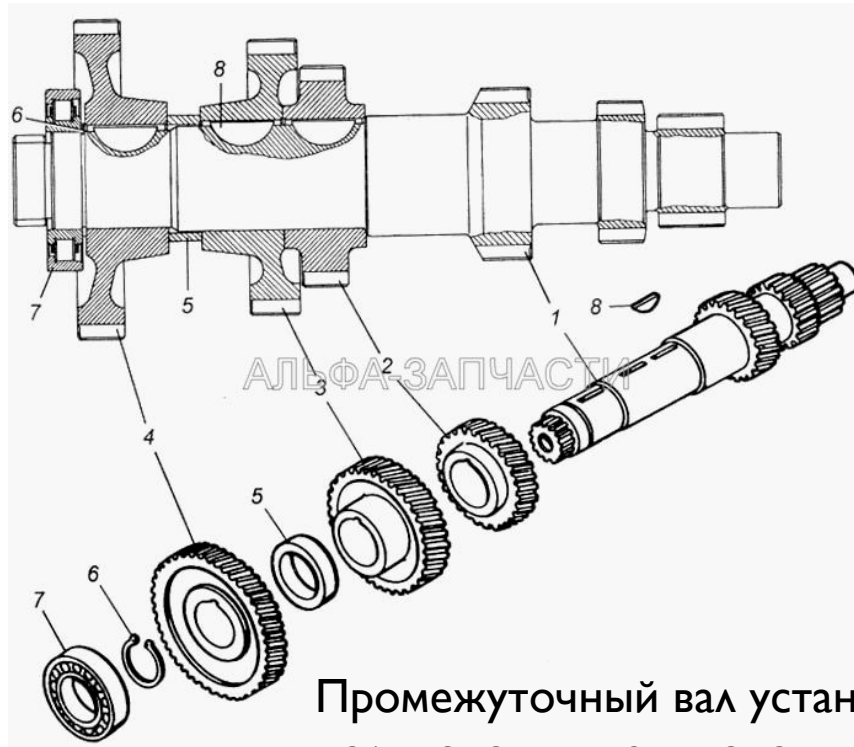


Первичный вал коробки выполнен как одно целое с шестерней.

Чертеж первичного вала КП



Промежуточный вал КП



Промежуточный вал установлен на цилиндрическом роликовом и шариковом подшипниках, шариковый подшипник может воспринимать осевые силы, возникающие на первой передаче и передаче заднего хода. Зубчатое колесо первой передачи нарезано непосредственно на промежуточном валу, остальные — установлены при помощи сегментных шпонок. На этом же валу закреплена шестерня отбора мощности 6.

Вторичный вал КП



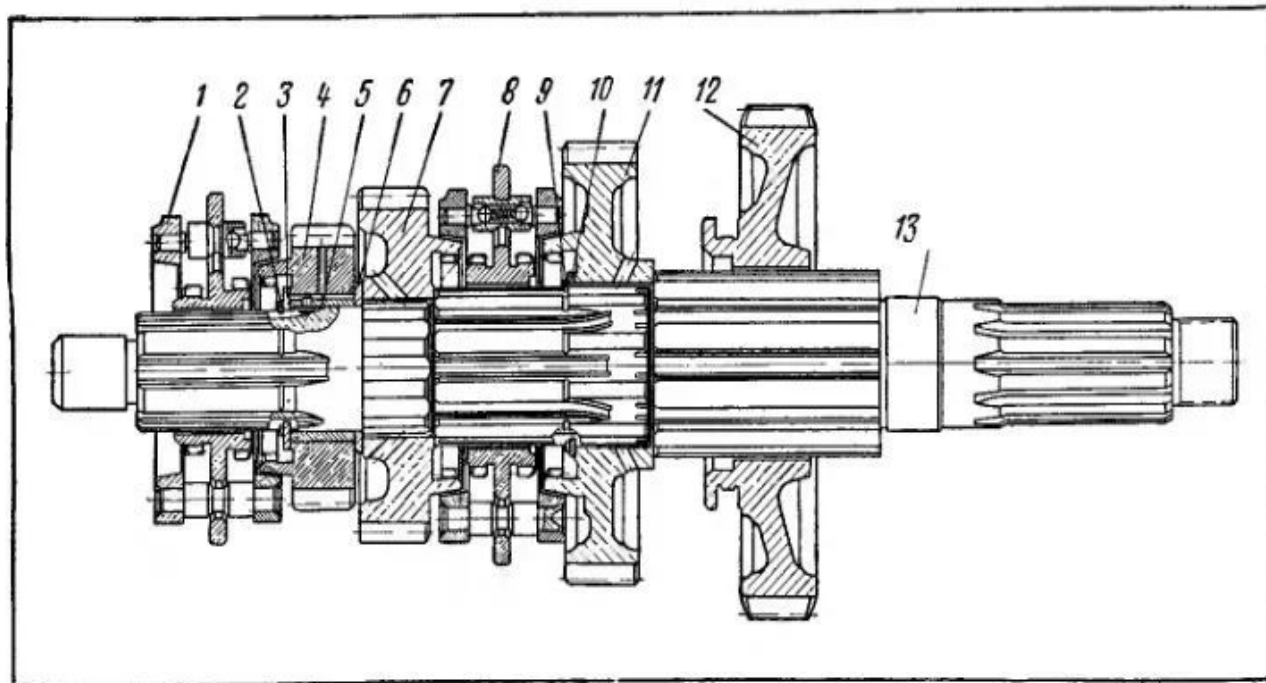


Рис. 6. Ведомый вал коробки передач в сборе:

1 — синхронизатор четвертой и пятой передач; 2 и 9 — замочные кольца; 3, 6 и 10 — упорные шайбы; 4 — шестерня четвертой передачи; 5 — втулка шестерни четвертой передачи; 7 — шестерня третьей передачи; 8 — синхронизатор второй и третьей передач; 11 — шестерня второй передачи; 12 — шестерня первой передачи; 13 — ведомый вал

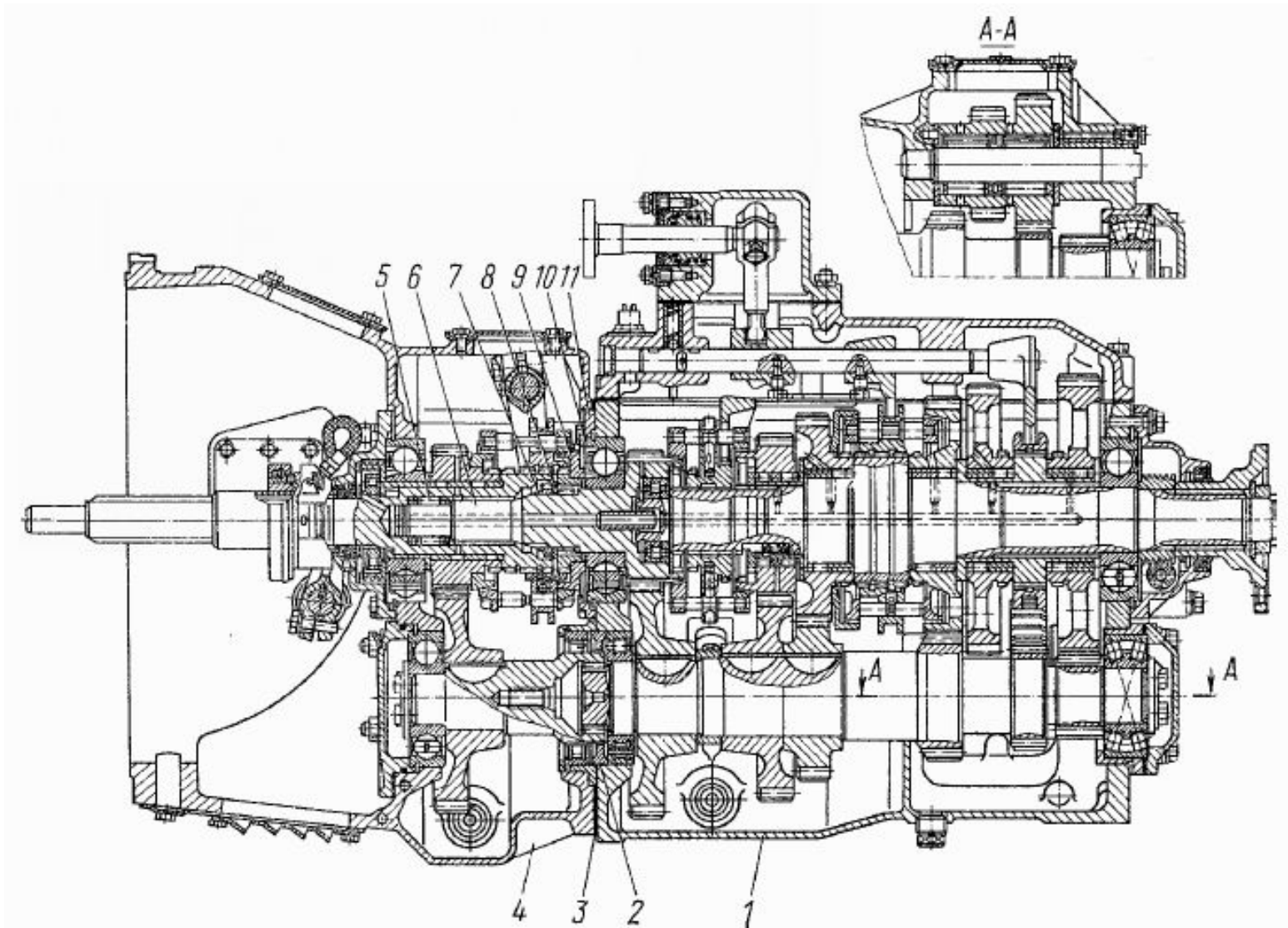
Вторичный вал имеет переменное сечение (наибольшее сечение у шлицованной части, на которой установлена каретка первой передачи и заднего хода).

Внутри вторичного вала выполнен осевой канал, куда подается масло для смазывания втулок свободно сидящих колес пятой, третьей и второй передач. Масло в осевой канал нагнетается шестеренным насосом, имеющим привод от промежуточного вала, через каналы в передней стенке коробки и в крышке ведущего вала, отверстия в ведущем валу и переходную втулку.

Многовальные коробки передач

- Количество валов больше трех.
- Многовальные коробки передач применяются при большом числе передач.
- Представляют собой четырех...шести ступенчатую трехвальную коробку передач со встроенным или совмещенным редуктором.
- Редуктор может быть повышающим или понижающим.

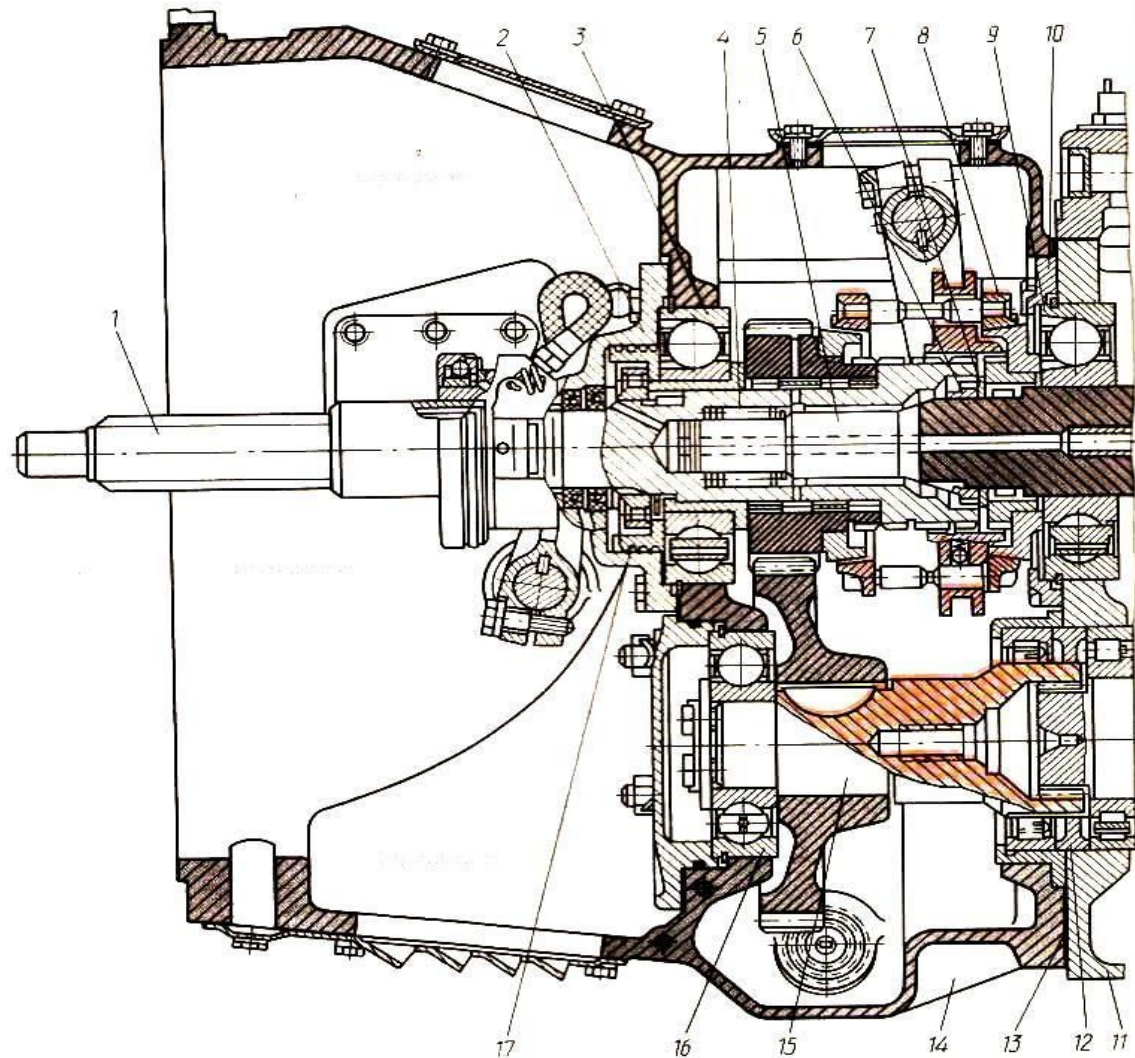
Многовальные коробки передач



Делитель

- Повышающий редуктор (мультипликатор или делитель) **устанавливают перед коробкой передач,**
- Он имеет назначение уменьшить разрыв между передаточными числами соседних передач (уплотнить ряд), незначительно увеличивая диапазон передач.
- В большинстве случаев делитель увеличивает диапазон на 20...25 %;
- Он имеет обычно две передачи — прямую и повышающую, что позволяет увеличить число передач в 2 раза.

Делитель



Десятиступенчатая коробка передач модели 15 (делитель в сборе с коробкой передач): 1—первичный вал делителя, 2—крышка заднего подшипника, 3—шариковый подшипник, 4—передний роликовый подшипник первичного вала коробки передач, 5—первичный вал коробки передач, 6—кольцевая гайка, 7—шайба, 8—синхронизатор делителя, 9—регулирующие прокладки, 10—крышка заднего подшипника первичного вала, 11—картер коробки передач, 12—распорная втулка, 13—уплотнительная прокладка, 14—картер делителя передач, 15—промежуточный вал делителя, 16—передний подшипник промежуточного вала делителя, 17—маслонагнетающее кольцо

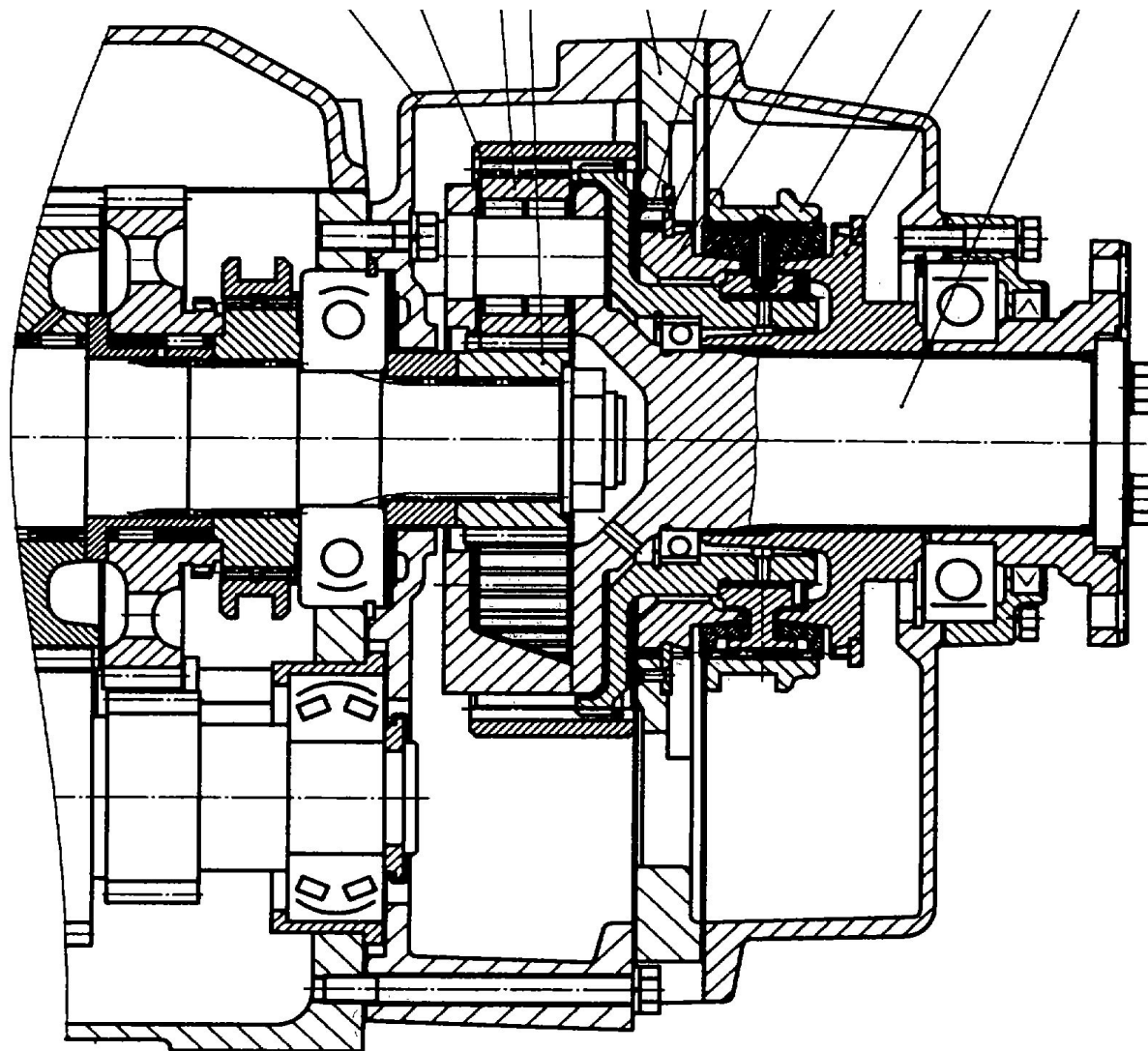
Демультипликатор

- Понижающий редуктор **демультипликатор** размещают за **коробкой передач.**
- Устанавливать демультипликатор перед коробкой передач нецелесообразно, так как при этом зубчатые колеса коробки и валы передач следует рассчитывать на повышенный крутящий момент, что приводит к увеличению их массы и размеров.

Демультипликатор

- Демультипликатор выполняют двух- или трехступенчатым, что позволяет увеличить число передач соответственно в 2 или 3 раза.
- Демультипликатор обычно выполняется с большим передаточным числом, благодаря чему соответственно расширяется диапазон.

Демультипликатор



Диапазон многовальной коробки передач

- Повышающая передача делителя имеет передаточное число 0,815.
- Передаточное число низшей передачи коробки передач при включении прямой передачи делителя составляет 7,82.
- Таким образом, диапазон коробки передач с делителем $\Delta=9,7$.
- Демультпликатор имеет прямую и пониженную передачи с передаточным числом $\Delta=3,5$
- Общий диапазон составляет $\Delta=33,58$

Лучевая диаграмма КП

Обычно одно из передаточных чисел делителя равно единице (прямая передача).

Если $U_{\text{дкпн}} = 1,0$, а $U_{\text{дкпв}} < 1,0$,
делитель **повышающий**

Если $U_{\text{дкпн}} > 1,0$, а $U_{\text{дкпв}} = 1,0$,
делитель **понижающий**.

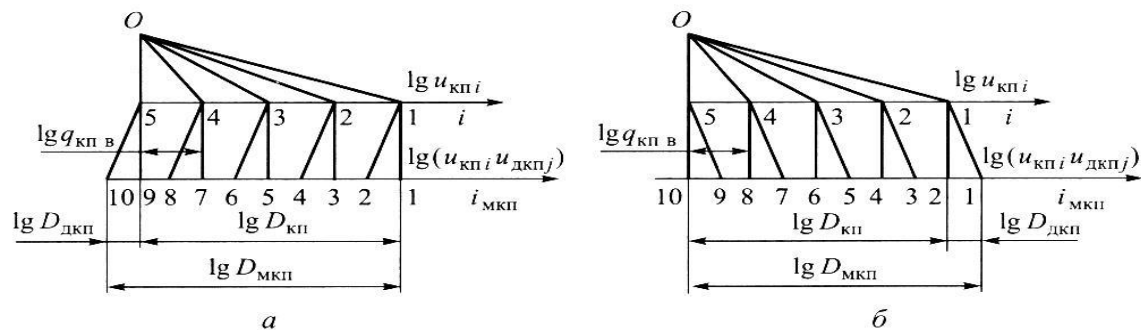


Рис. 4.9. Диаграмма согласования передаточных чисел в базовой и передней дополнительной коробках передач в повышающем (а) и понижающем (б) делителях

Лучевая диаграмма КП

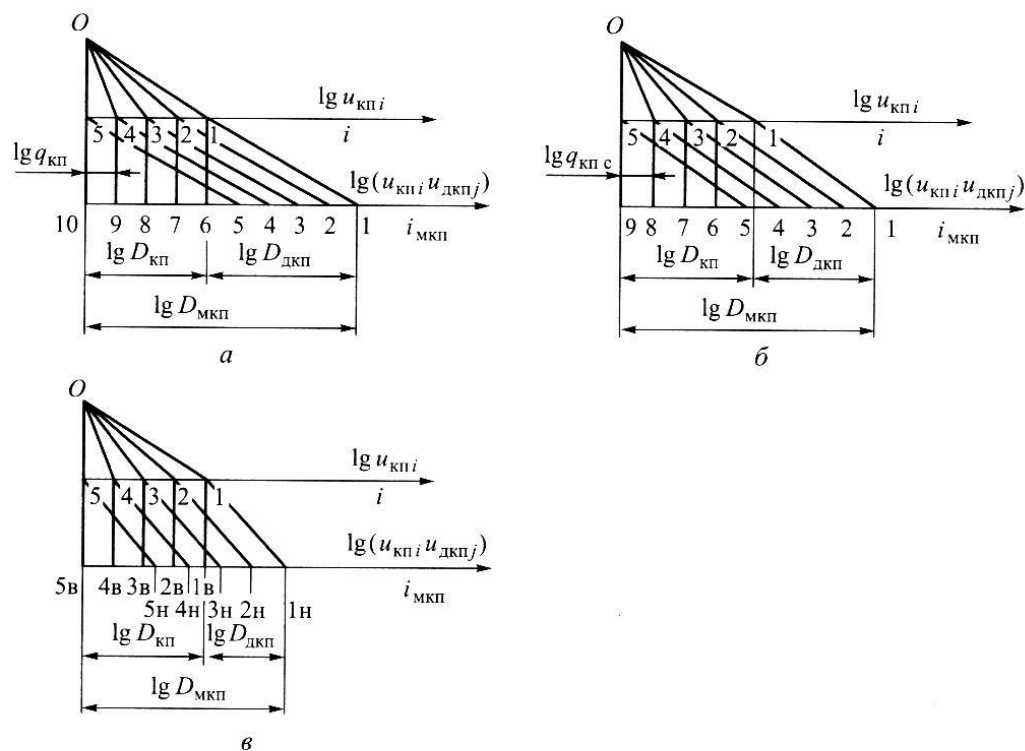
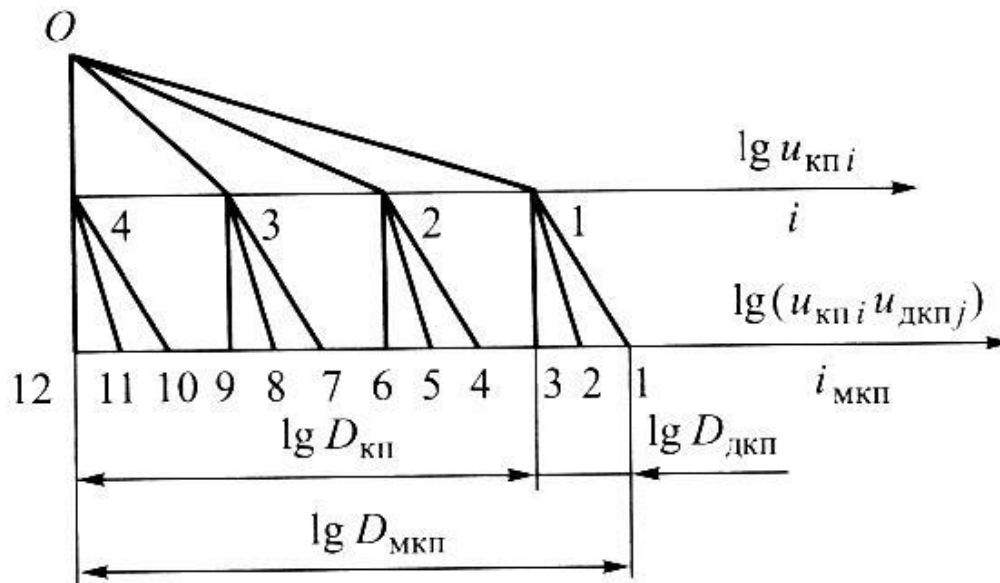


Рис. 4.10. Диаграмма согласования передаточных чисел в базовой и задней дополнительной 2-ступенчатой коробках передач:
a – при максимальном диапазоне многоступенчатой коробки; *b* – при неполном использовании всех передач; *v* – при двухдиапазонной коробке

Лучевая диаграмма КП

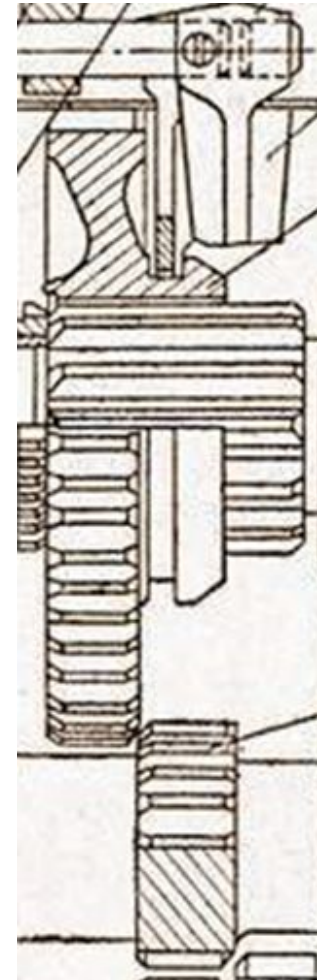


- Диаграмма согласования передаточных чисел в базовой 4-ступенчатой и дополнительной 3-ступенчатой коробках передач

Способы включения передач.

Перемещение зубчатого колеса

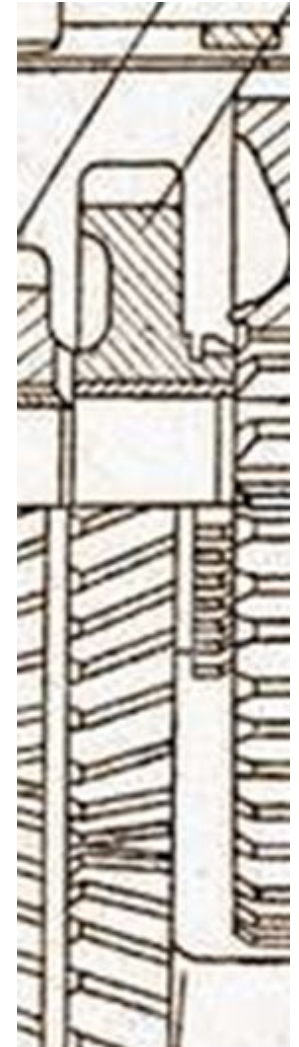
- при помощи подвижных зубчатых колес (кареток) применяется главным образом для первой передачи и передачи заднего хода, включение которых производится в условиях, когда автомобиль неподвижен.
- при включении ударная нагрузка от сил инерции ведомого диска сцепления и вращающихся с ним деталей коробки передач приходится на один или два зуба включаемых колес, что приводит к быстрому износу торцов зубьев, сколу зубьев, а иногда к поломкам;
- для включения передачи требуется переместить каретку на всю длину зуба, что приводит к увеличению длины коробки передач, а следовательно, и ее массы.



Способы включения передач.

Зубчатой муфтой

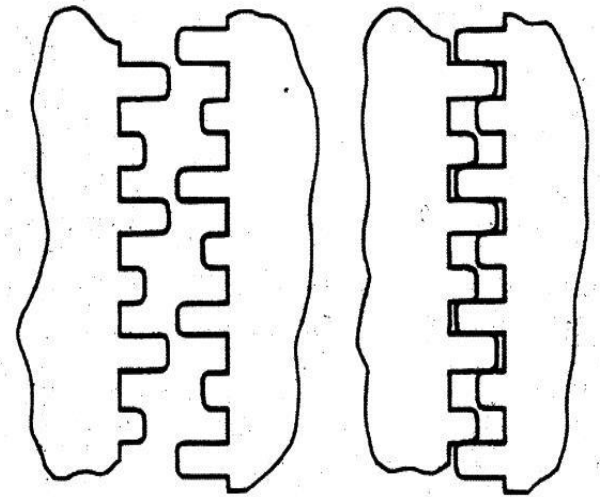
- Включение с помощью кулачковых или зубчатых муфт.
- В этом случае ударные нагрузки при включении распределяются между всеми зубьями или кулачками, что, однако, не снижает шума при включении и не облегчает процесса включения.



Способы включения передач.

Зубчатой муфтой легкого включения

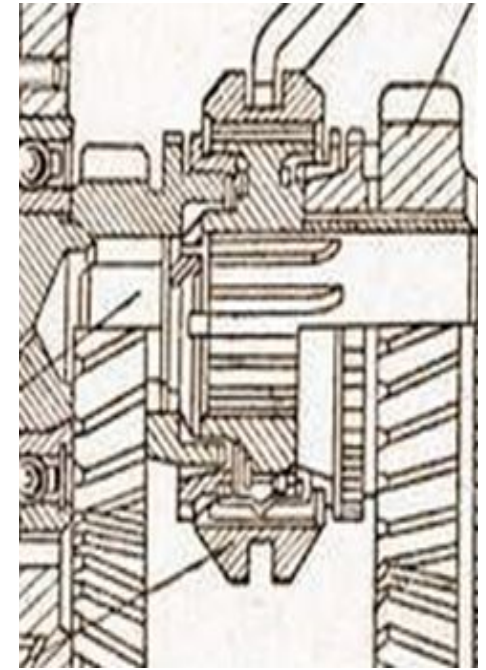
- Для облегчения процесса включения широкое распространение получили так называемые муфты легкого включения,
- кулачки или зубья укорочены через один, так же как кулачки или зубья включаемого зубчатого колеса.
- Они во много раз увеличивают в процессе включения вероятность попадания удлиненных кулачков или зубьев в промежутки между удлиненными кулачками или зубьями включаемого колеса.
- Муфты легкого включения применяются на ряде автомобилей и в настоящее время.



Способы включения передач.

С помощью синхронизаторов

- Синхронизаторы.
- Полностью исключают ударную нагрузку и шум в процессе включения передач.
- В современных ступенчатых коробках передач применяют синхронизаторы, выравнивающие угловые скорости соединяемых элементов перед включением передач.
- Коробки передач могут быть полностью синхронизированы, когда все передачи включаются при помощи синхронизаторов, но в большинстве случаев наряду с синхронизаторами на высших передачах применяются также кулачковые или зубчатые муфты, а часто подвижные зубчатые колеса (каретки) для включения низших передач.
- Синхронизаторы могут быть одностороннего (для включения одной передачи) и двустороннего (для включения двух передач) действия.



Синхронизаторы

- В настоящее время используют только инерционные синхронизаторы, которые блокируют включающую зубчатую муфту.
- До тех пор, пока кинетическая энергия деталей, вращающихся вместе с ведомым диском сцепления (при выключенном сцеплении и нейтральном положении коробки передач), не будет поглощена работой трения в синхронизаторе. Этот момент времени соответствует полному равенству угловых скоростей синхронизируемых элементов.

Конструкции синхронизаторов

Инерционный синхронизатор включает следующие элементы:

- выравнивающий — фрикционный элемент, поглощающий энергию касательных сил инерции вращающихся масс;
- блокирующий — устройство, препятствующее перемещению включающей зубчатой муфты до полного выравнивания угловых скоростей;
- включающий — зубчатая муфта, включающая передачу.
- Наибольшее распространение получили конусные синхронизаторы в которых выравнивающим элементом является конусная муфта. Иногда применяются в качестве выравнивающего элемента многодисковые муфты

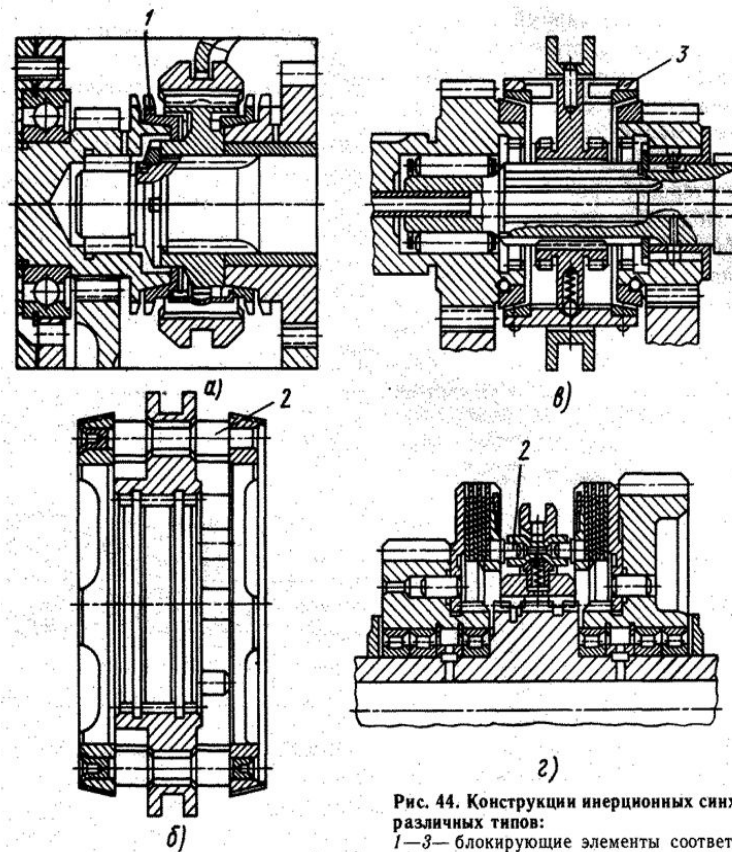


Рис. 44. Конструкции инерционных синхронизаторов различных типов:
1—3—блокирующие элементы соответственно зубчатое кольцо, пальцы, цилиндр

Синхронизаторы

- Работа трения (работа буксования) синхронизатора пропорциональна квадрату разности угловых скоростей соседних передач и не зависит от времени.
- Для уменьшения работы буксования синхронизатора необходимо увеличивать число передач в коробке, чтобы сблизить передаточные числа соседних передач; при этом также улучшаются тягово-экономические свойства автомобиля.
- Однако при увеличении числа передач возрастает момент инерции вращающихся деталей и, следовательно, работа буксования синхронизатора, а также усложняется управление коробкой передач.
- В выполненных конструкциях коробок передач рациональное согласование влияния рассмотренных противоречивых факторов нашло отражение в том, что шаг ряда передаточных чисел выбирают в пределах $1,1 \dots 1,5$.

Синхронизаторы

- По расчетным данным, удельная работа трения (в МДж/см²) синхронизатора автомобилей находится в следующих пределах.
- Легковых 0,03...0,1
- Грузовых 0,05...0,4
- Нижние пределы соответствуют высшим передачам коробки передач, верхние — низшим передачам.
- Время выравнивания угловых скоростей (буксования) в этих расчетах принималось
- для легковых автомобилей 0,3... 1 с;
- для грузовых — 0,5...2 с.
- Больше время соответствует низшим передачам.

Работа синхронизатора

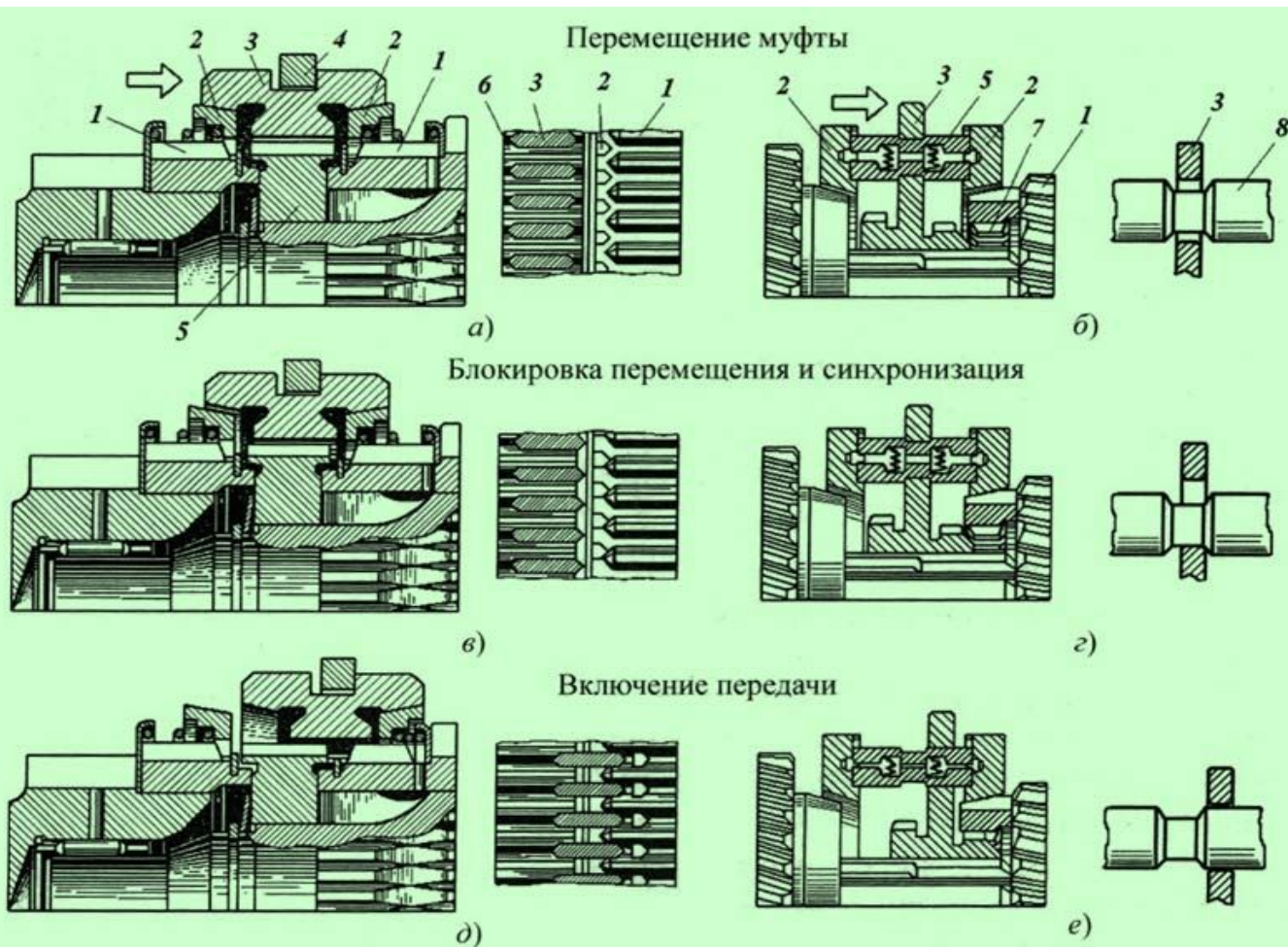


Рис. 2. Работа синхронизаторов: а, в, д — с блокирующими зубчатыми кольцами; б, г, е — с блокирующими пальцами; 1 — зубчатые колеса вторичного вала; 2 — блокирующие зубчатые кольца; 3 — муфта синхронизатора; 4 — вилка переключения передач; 5 — фиксатор; 6 — ступица; 7 — зубчатый венец зубчатого колеса вторичного вала; 8 — блокирующий палец

Блокирующие устройства синхронизаторов

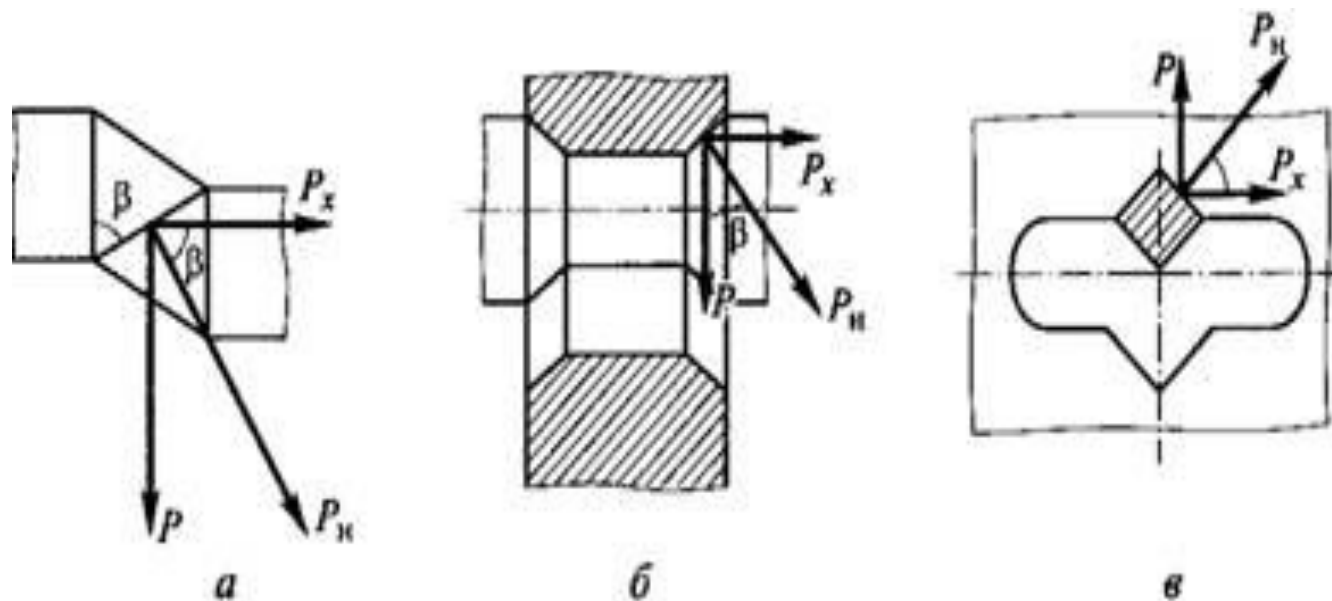
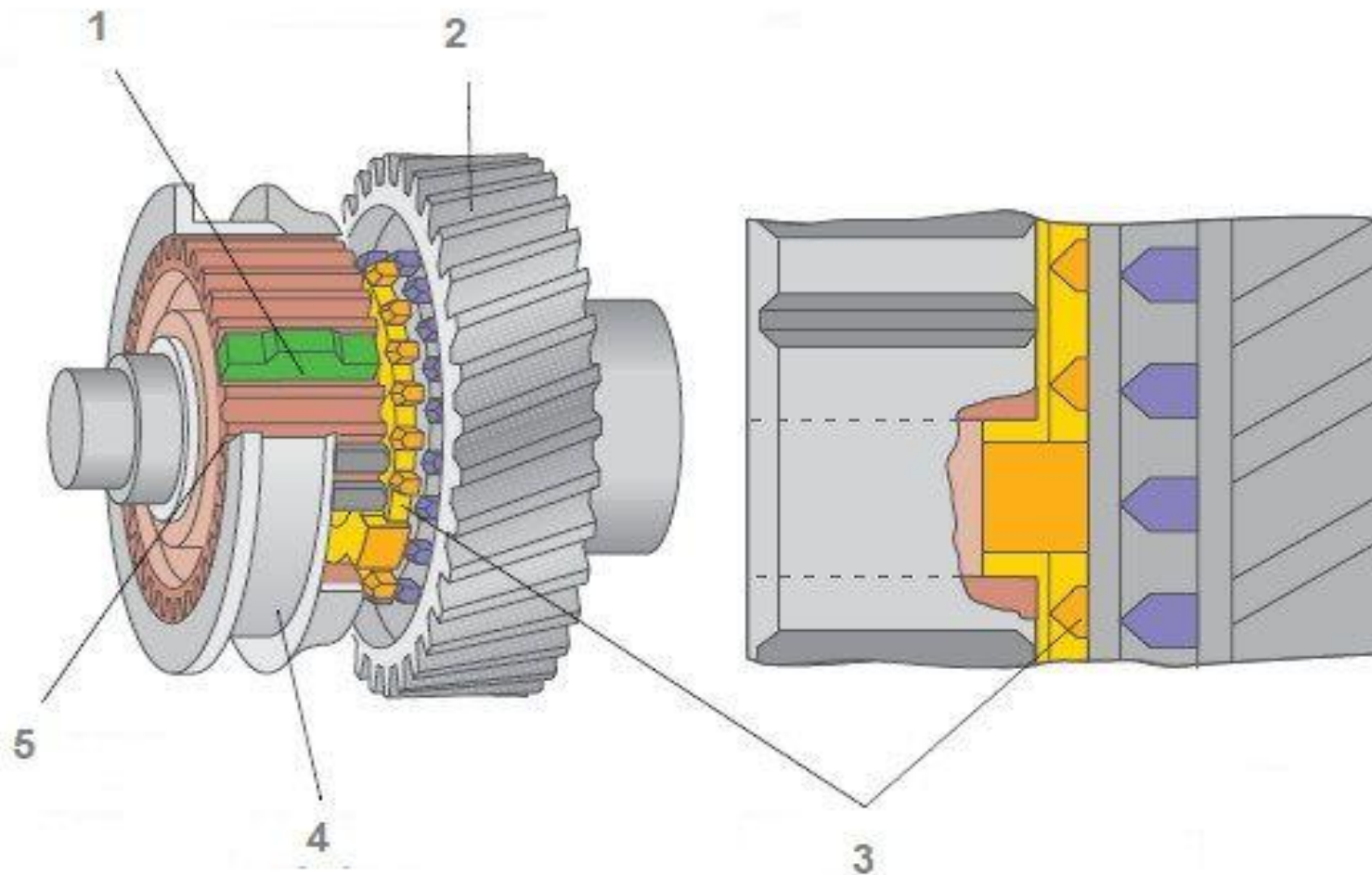
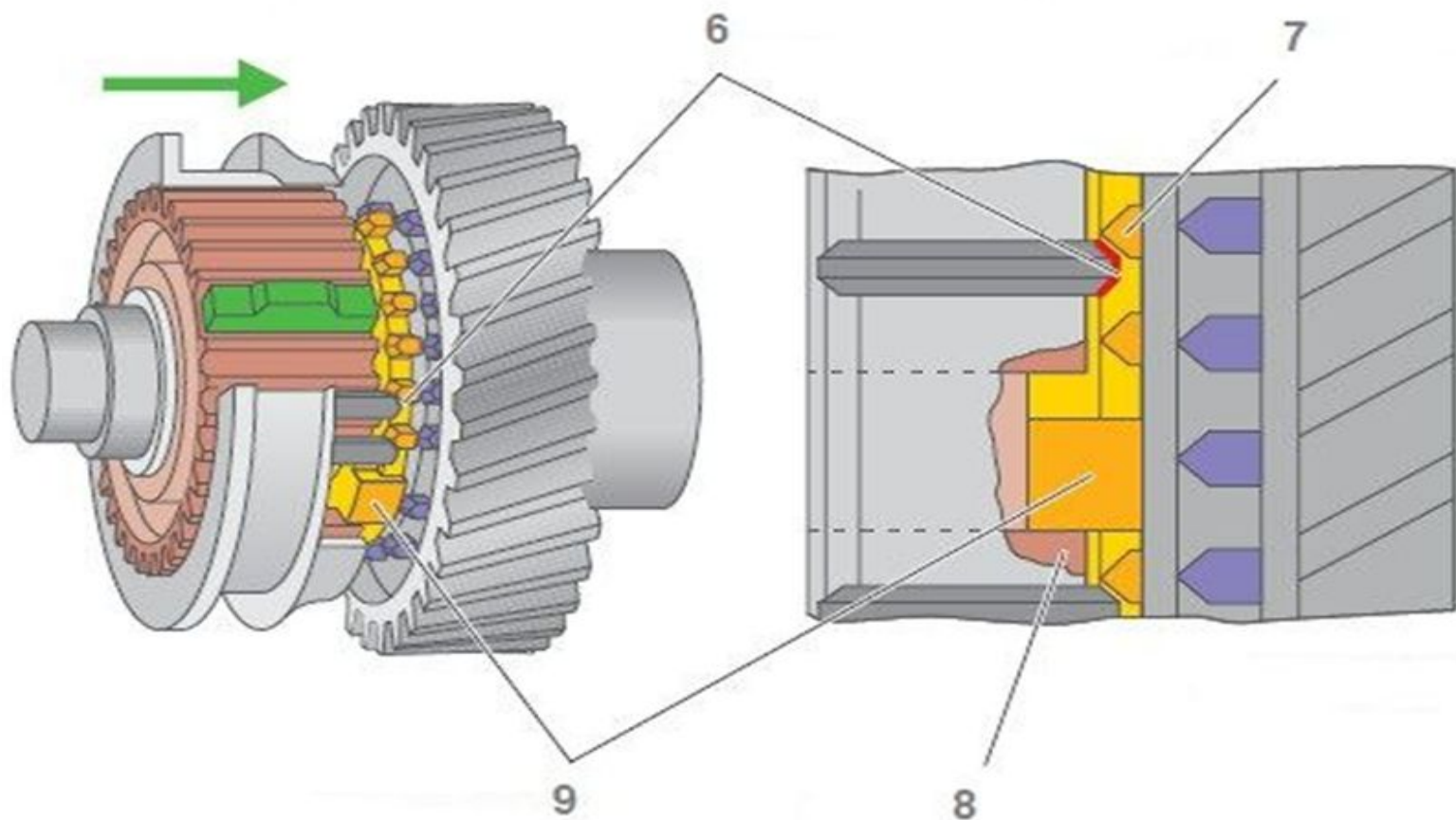


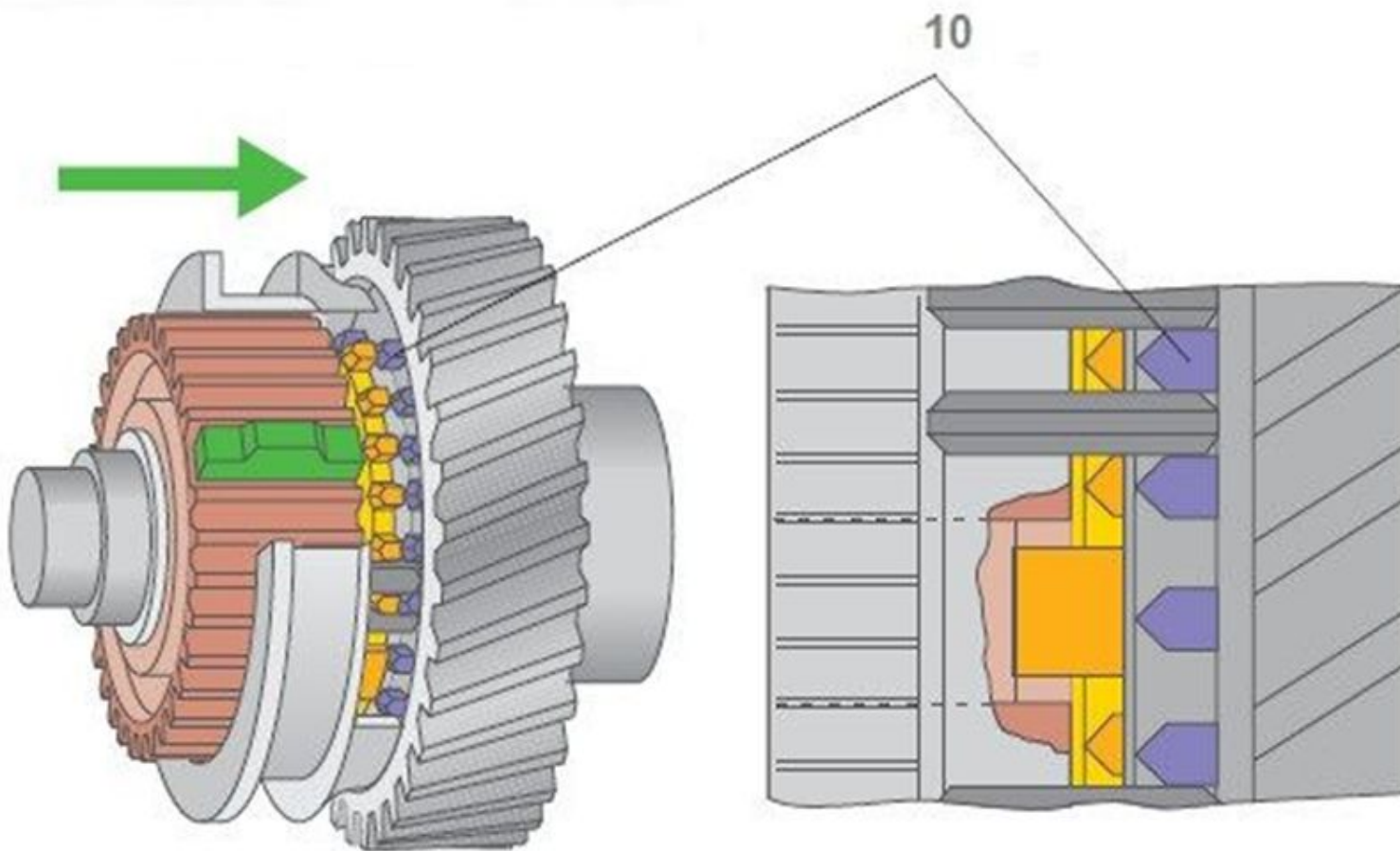
Рис. 3.27. Схемы блокирующих устройств синхронизаторов:
а — с блокирующими зубьями; б — с блокирующими пальцами; в — с блокирующими вырезами



1. сухарь
2. включаемая шестерня
3. блокирующее кольцо
4. муфта синхронизатора
5. ступица



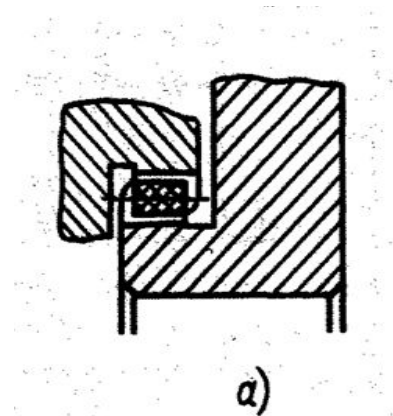
- 6. торец шлица муфты синхронизатора
- 7. торец шлица блокирующей муфты
- 8. паз в ступице
- 9. выступ блокирующего кольца
- 10. зубчатый венец шестерни



10- включающие зубья

Предотвращение самовыключения передач

- **самовыключение передач** – один из дефектов, наблюдающихся в процессе эксплуатации.
- При износе зубьев и при повышенных посадочных зазорах, а иногда при недостаточной жесткости валов коробки передач появляются осевые силы, которые выводят зубья зубчатых пар или муфты из зацепления и передача выключается.
- выполнение зубчатых муфт с перекрытием (заштрихованная зона на рис а);
- после некоторого периода эксплуатации площадка контакта деформируется, образуя уступ, препятствующий самовыключению.



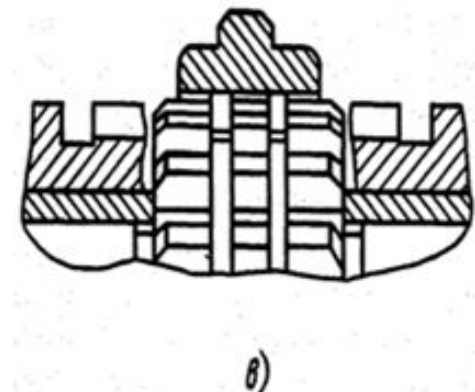
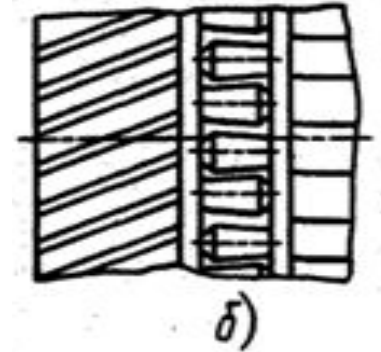
Предотвращение самовыключения передач

- На рис. 6 показано замковое устройство, в котором зубья муфты выполнены конусными; при передаче крутящего момента самовыключению муфты препятствует не только трение между зубьями, но и осевая составляющая силы, действующей в зацеплении. Встречаются замковые устройства с зубьями более сложной конфигурации.
- В настоящее время получило широкое применение замковое устройство (рис 7).

Шлицевая часть вала, по которой перемещается зубчатая муфта, расчленена двумя канавками; ширина шлицев в средней части на 0,4...0,6 мм больше, чем в крайних рядах. Канавки на внутренней поверхности муфты выполнены по ширине шлицев вала в среднем ряду.

При включенной передаче зубчатая муфта находится на шлицах крайнего, ряда и передаваемым крутящим моментом ее шлицы прижимаются к шлицам вала. При этом боковые выступы шлиц среднего ряда служат замковым устройством, не позволяющим передаче самовыключаться.

Выключение передачи не представляет трудности, так как в этом случае сцепление выключается и через передачу не передается крутящий момент.



Подшипники КП

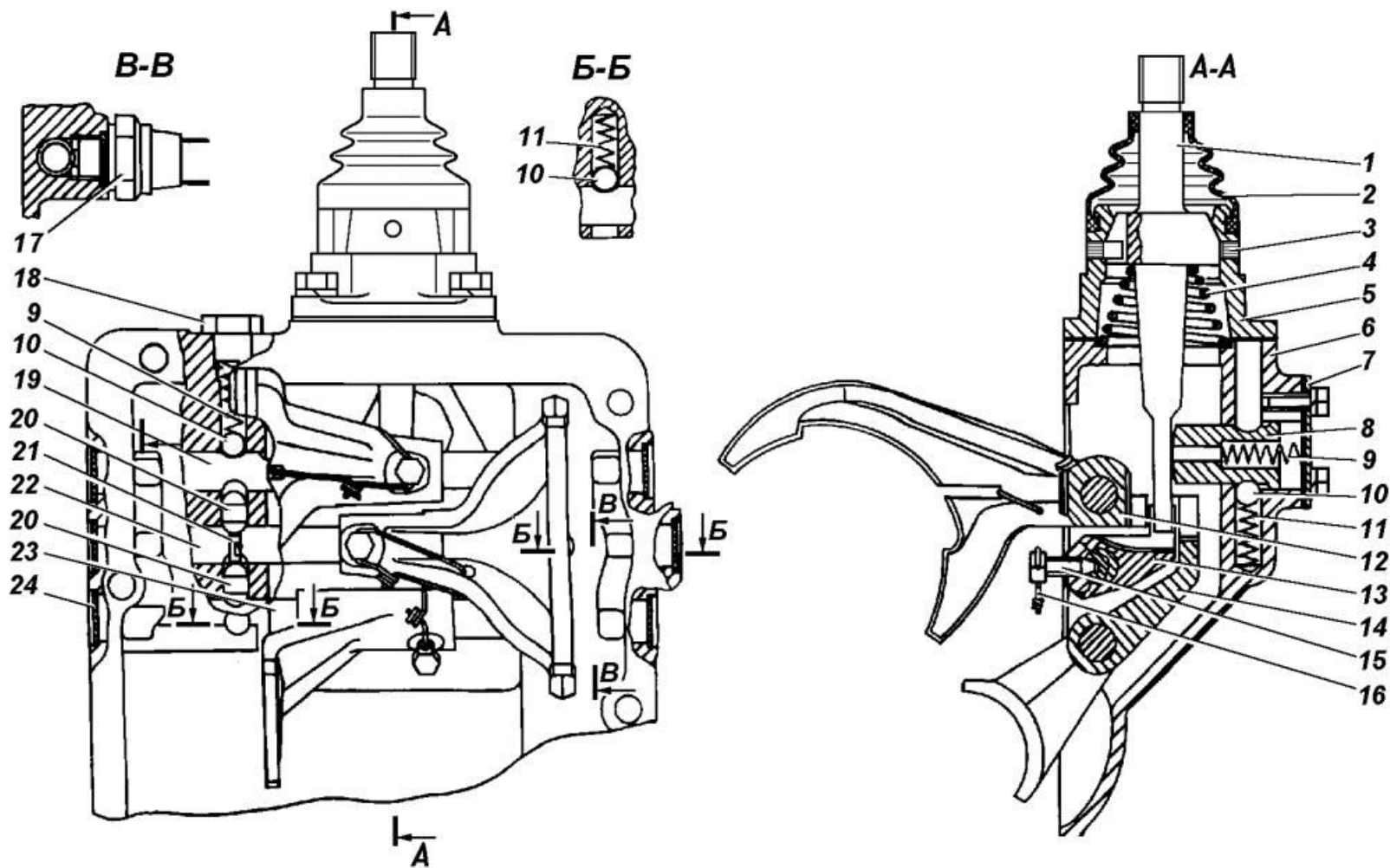
- применяются подшипники качения различных типов:
 - шариковые радиальные,
 - шариковые радиально-упорные,
 - роликовые радиальные с цилиндрическими роликами, - роликовые радиально-упорные с коническими роликами
 - игольчатые.



Подшипники КП

- Подшипники, устанавливаемые на валу коробки передач, в большинстве конструкций воспринимают радиальные и осевые нагрузки.
- При установке шариковых подшипников осевую нагрузку воспринимает один из подшипников, поэтому наружное кольцо этого подшипника закрепляется в картере, а наружное кольцо другого подшипника имеет такую посадку в картере, которая позволяет ему перемещаться при тепловом удлинении вала.
- Одновременно такая установка подшипников позволяет упростить их монтаж. С этой же целью один из подшипников применяют роликовый с цилиндрическими роликами.

Механизм управления непосредственный



Привод управления дистанционный

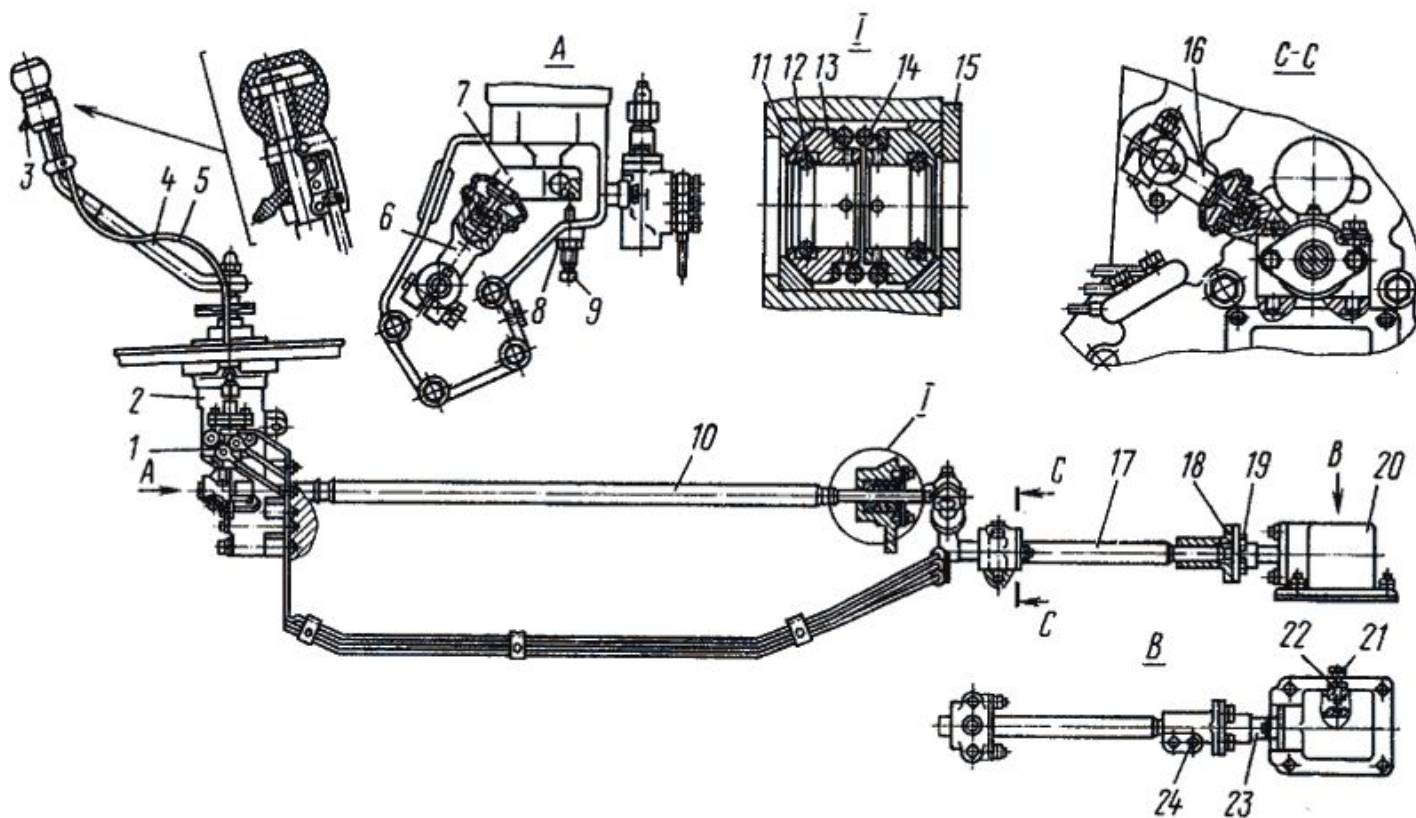
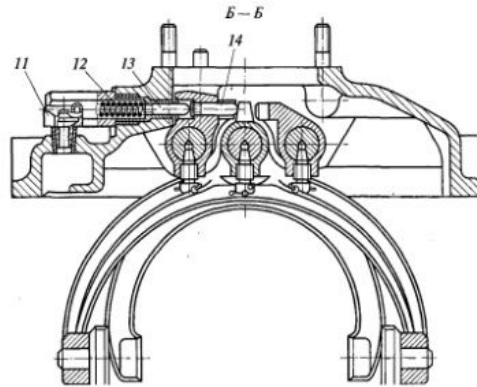
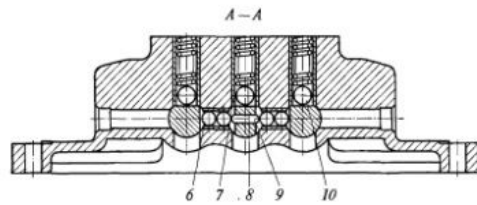
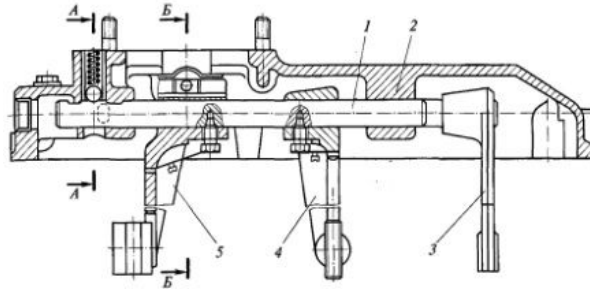


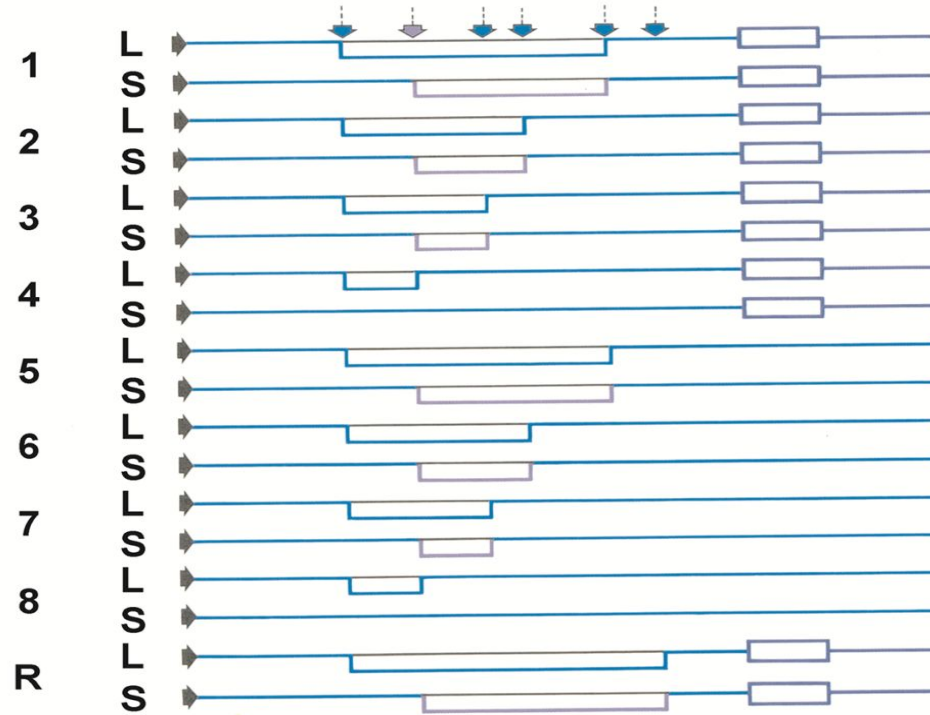
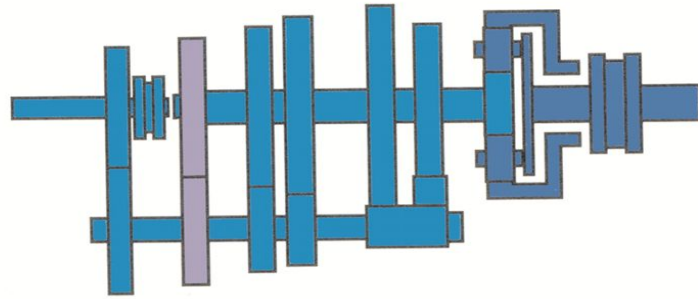
Рис. 138. Привод управления механизмом переключения передач: 1 - кран управления делителем; 2 - опора рычага переключения передач; 3 - переключатель крана; 4 - рычаг переключения передач; 5 - трос крана управления с оплеткой; 6 - головка передней тяги управления; 7 - рычаг наконечника; 8, 22 - контргайки; 9, 21 - винты установочные; 10 - тяга передняя управления; 11 - сухарь шаровой опоры; 12 - кольцо уплотнительное; 13 - втулка шаровой опоры; 14 - пружина; 15 - крышка; 16 - рычаг передней тяги; 17 - тяга промежуточная; 18 - фланец стяжной регулировочный; 19 - болт; 20 - опора; 23 - шток рычага переключения передач; 24 - болт крепления регулировочного фланца

Механизм переключения



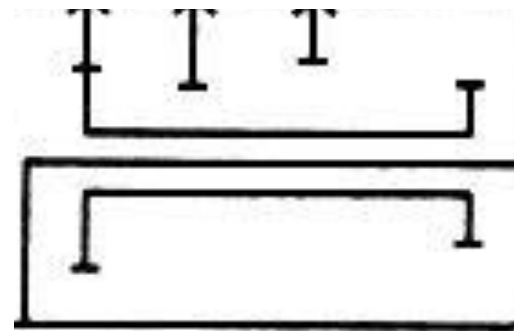
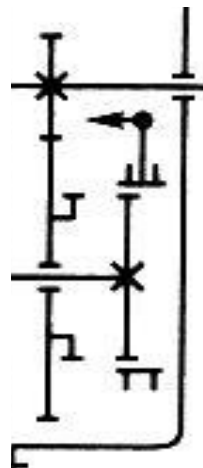
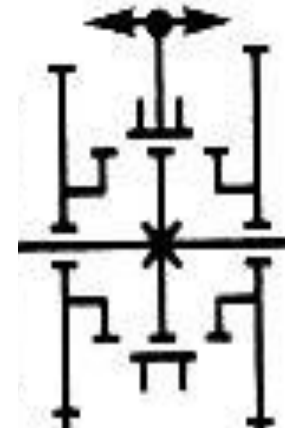
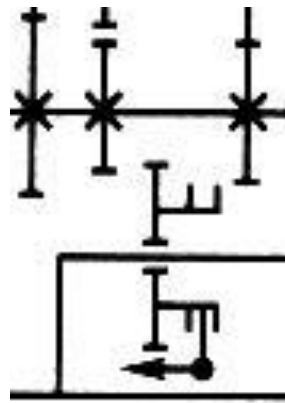
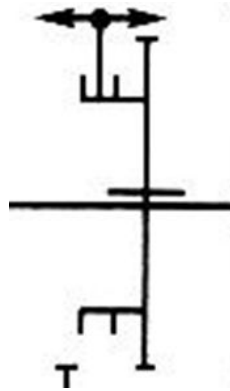
- Фиксация штока от перемещения
- Механизм препятствующий включению 2-х передач
- Центрирующий механизм

ДИАГРАММА СИЛОВОГО ПОТОКА



при включенном демультипликаторе - 

Условные обозначения на схемах



Схемы коробок передач

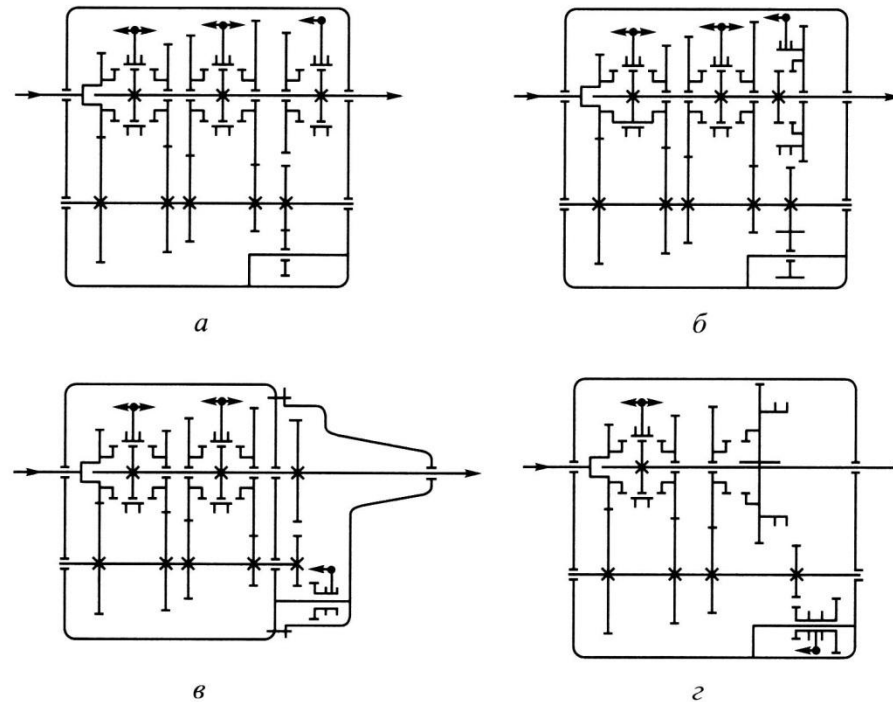


Рис. 4.1. Схемы 4-ступенчатых соосных коробок передач с двумя степенями свободы:
a, б – постоянное зацепление зубчатых колес всех передач; *в* – то же, кроме заднего хода;
г – то же, кроме первой передачи и заднего хода

Схемы коробок передач

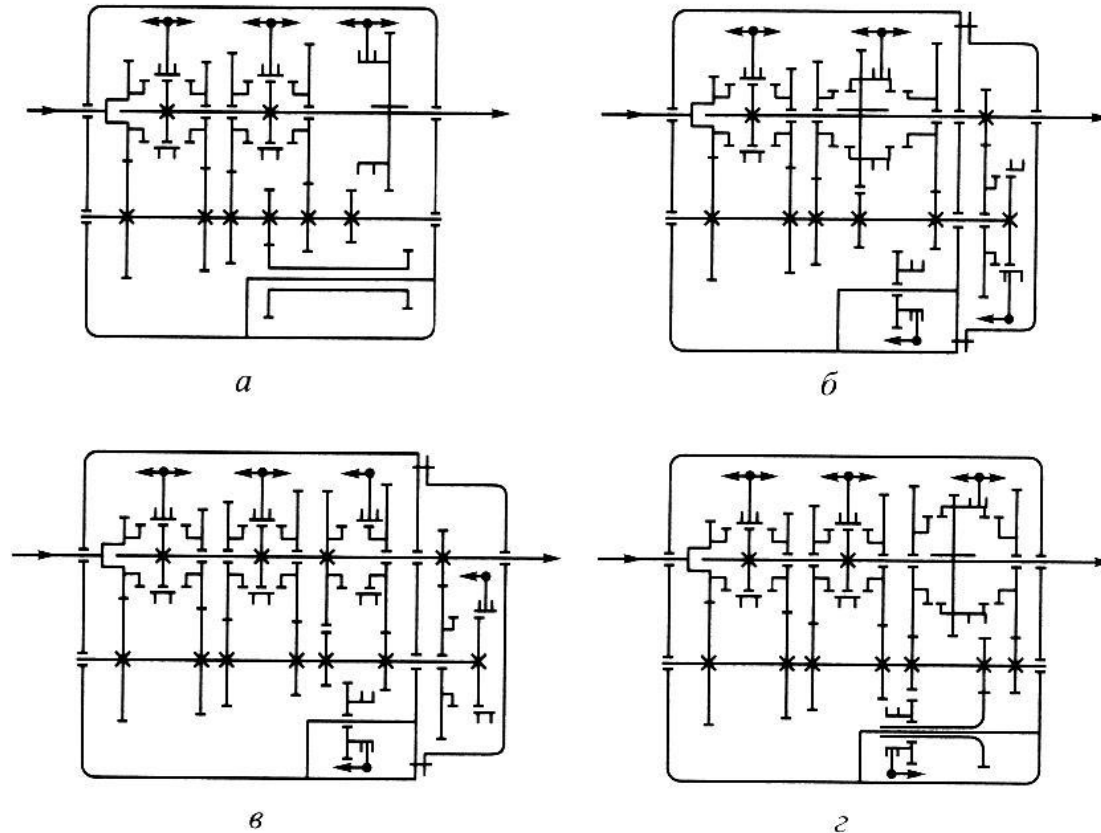


Рис. 4.2. Схемы 5-ступенчатых (*a*, *б*) и 6-ступенчатых (*в*, *г*) соосных коробок передач с двумя степенями свободы:

a – передвижное зубчатое колесо первой передачи и заднего хода; *б-г* – то же, только заднего хода

Схемы коробок передач

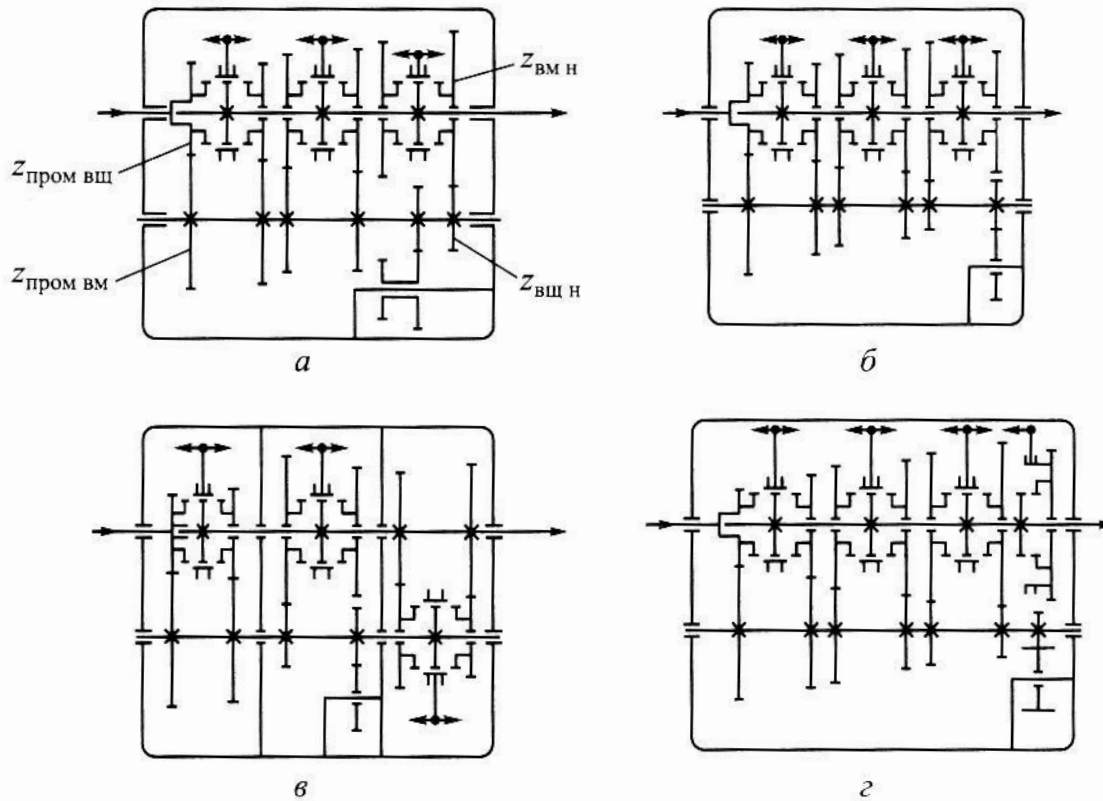
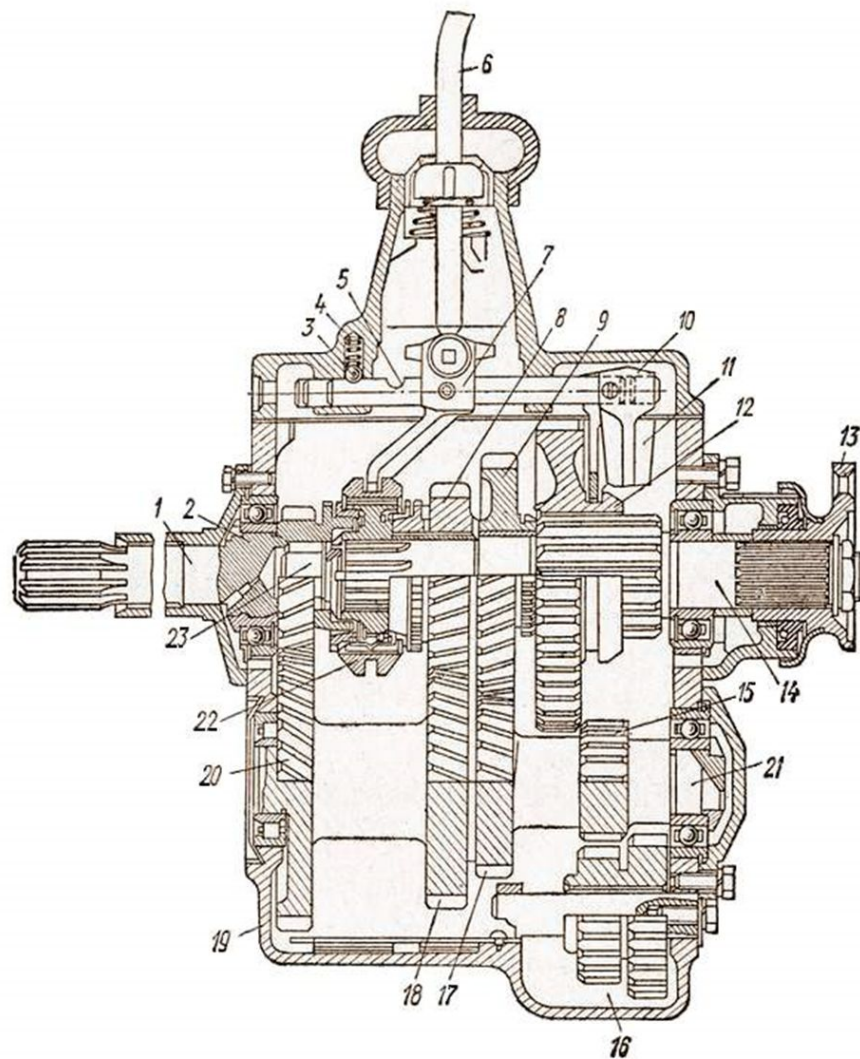


Рис. 4.3. Схемы 5-ступенчатых (а–б) и 6-ступенчатых (в, г) соосных коробок передач с двумя степенями свободы и постоянным зацеплением зубчатых колес всех передач

4-х ступенчатая КП



Коробка передач ЯМЗ-238ВМ

