

Инновационные коробки передач «КОМ-НАМИ» с механическим и автоматизированным управлением

09, сентябрь 2011

авторы: Блохин А. Н., Маньковский В. В., Недялков А. П.

УДК 629.113

ГНЦ РФ – ФГУП «НАМИ», Москва
НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород
Группа компаний «КОМ»
centre@nntu.nnov.ru
a.n.blokhin@gmail.com

Настоящая работа посвящена решению комплекса проблем по созданию инновационных перспективных трансмиссионных агрегатов и их элементов, разрабатываемых в НАМИ и изготавливаемых Группой компаний «КОМ» (ГК «КОМ»), г. Набережные Челны.

Выполненные разработки оригинальных конструкций бессухарных синхронизаторов, малогабаритных планетарных демультипликаторов высокой несущей способности со встроенным синхронизатором позволили разработать малогабаритные коробки передач с перспективными качественными показателями, в частности, коробки передач для автомобилей средней грузоподъемности, автобусов и многоступенчатые коробки передач для тяжелых самосвалов и автопоездов. В работе приводятся аналитические зависимости, позволяющие на базе минимальных проспектных или каталожных исходных данных оценить несущую способность агрегата или его элементов и тем самым иметь объективную картину исходных параметров при разработке собственных перспективных агрегатов, в том числе оценочные показатели по контактной и изгибной долговечности шестерен.

С учетом имеющихся тенденций в мировом автомобилестроении по автоматизации управления механическими коробками передач в работе приводятся результаты разработок систем автоматизированного управления, позволяющие минимальными средствами обеспечить за счет применения унифицированных элементов, узлов и механизмов автоматизацию управления коробками передач с числом ступеней от 5 до 16, в диапазоне мощностей двигателей от 200 до 700 л.с. (от 147,2 до 515,2 кВт).

Наиболее массовое распространение в мире, как и в России, получили механические ступенчатые синхронизированные коробки передач с фрикционным сцеплением, обладающие такими положительными качествами, как малый вес и габариты, высокая

надежность и ресурс, низкая стоимость, высокие топливно-экономические показатели, простота обслуживания и ремонта.

Тенденции развития современных механических коробок передач выражаются в следующих направлениях [1, 2, 3]:

1. Увеличение плотности ряда передаточных чисел на всем диапазоне коробки передач, что, прежде всего, имеет место в коробках передач автомобилей большой и особо большой грузоподъемности. Уменьшение интервалов ступеней до оптимальных значений обеспечивает:

- лучшее использование мощности двигателя, что сказывается на повышении тяговых, разгонных и топливно-экономических показателей и, в конечном итоге, способствует повышению производительности автомобиля при тех же удельных мощностях;

- уменьшение работы буксования сцепления, синхронизаторов, а также уменьшение динамических нагрузок в трансмиссии, что в целом способствует повышению надежности и долговечности всех узлов и агрегатов трансмиссии;

- уменьшение времени переключения передач, что дополнительно способствует повышению разгонных качеств автомобиля и, следовательно, повышению его производительности.

Так, например, при уменьшении интервала ступеней с 1,8 до 1,35 средняя используемая мощность увеличивается на 8-13 % при одновременном уменьшении работы буксования при переключении передач в 1,9 раза.

2. Увеличение диапазона передаточных чисел, определяющего предельные тяговые и скоростные показатели автомобиля, позволяет повышать тяговые качества автомобиля или автопоезда и одновременно уменьшать работу буксования сцепления, тем самым повысить надежность и долговечность его работы.

Увеличение диапазона передаточных чисел позволит лучше загрузить двигатель, снижая его оборотность, что позволяет улучшить топливную экономичность, уменьшить его шумность и одновременно повысить ресурс двигателя за счет снижения оборотов двигателя на 1 км пути. Увеличение диапазона трансмиссии даст особенно большой эффект при значительной по времени и пути работе транспортного средства с частичной нагрузкой на хорошем дорожном покрытии.

Сочетание широкого диапазона с плотным рядом передаточных чисел позволяет выбрать наиболее оптимальный режим загрузки двигателя и работает в зоне, близкой к минимальному расходу топлива.

На легковых автомобилях диапазон передаточных чисел вырос с 3,2-3,6 до 4,5-5,0 и с дальнейшим увеличением числа передач (которое будет доведено в ближайшие годы до 6)

диапазон возрастет до 5,5-6,0, что позволит существенно повысить максимальные скорости легковых автомобилей.

На грузовых автомобилях и автопоездах диапазон передаточных чисел за последние два десятилетия возрос с 7-8 до 10-17 при увеличении числа передач с 5 до 10-16, при этом имеется ярко выраженная тенденция к возрастанию применения многоступенчатых коробок передач.

3. Применение новых конструктивных схем коробок передач и, в первую очередь, многоступенчатых коробок передач, позволяющих при сравнительно малом числе шестерен, за счет установки дополнительных приводных пар перед основным редуктором или планетарных синхронизированных демультипликаторов, устанавливаемых за основным редуктором, либо за счет применения так называемых комбинированных схем, включающих в себя как передний делитель, так и задний планетарный демультипликатор, позволяющих обеспечить требуемое число передач.

Коробка передач, выполненная по комбинированной схеме, позволяет обеспечить минимальные весовые, габаритные показатели и иметь высокий к.п.д. Коробки передач, выполненные по этой схеме, производятся в Германии, Швеции, Франции, США, Чехословакии, России.

Многоступенчатые коробки передач с задним планетарным синхронизированным демультипликатором обладают наибольшей несущей способностью, что и обеспечивает работу с крутящими моментами двигателей до 2700 Н.м и мощностью 500 кВт. Практически в настоящее время и в перспективе эта схема является единственной, позволяющей обеспечить широкий диапазон передаточных чисел - до 18.

4. Применение новых конструкций малогабаритных энергоемких муфтовых синхронизаторов, отличительной особенностью которых являются:

- увеличенная долговечность при одновременном уменьшении осевых размеров, что позволяет выполнить коробку передач в минимальных осевых габаритах;

- использование молибденированных конусов трения синхронизатора, что в 5-10 раз повышает долговечность работы по сравнению с лучшими марками латуни и бронзы;

- полная ремонтпригодность по каждой из деталей синхронизатора (зубчатый венец, муфта, блокирующее кольцо), что исключительно важно для эксплуатации. Производимые в России пальчиковые и обоймовые синхронизаторы, полностью неремонтпригодные по всем деталям, резко удорожают стоимость ремонта коробки передач и приводят к повышенному расходу металла;

- нечувствительность к крутильным колебаниям и динамическим нагрузкам, в то время как обоймовый и пальчиковый синхронизаторы резко снижают свою долговечность при наличии вышеуказанных факторов;

- применение двухконусных муфтовых синхронизаторов, двукратно повышающих несущую способность.

5. Тенденция установки шестерен на валах на игольчатых подшипниках в сепараторах, что позволяет существенно повысить скоростной режим работы коробки передач, а также улучшить центрирование шестерен на валах. Данное конструктивное решение в сочетании со смазкой под давлением, что особенно необходимо для высоконагруженных коробок передач, обеспечивает гарантированно надежную работу этого узла.

6. Все возрастающее применение автоматизированного управления сцеплением и переключением передач. Практически все известные фирмы, как, например, «Цанрад Фабрик», «Вольво», «Мерседес-Бенц», «Скания», «Рено», «Итон» и др. устанавливают в виде штатного или по требованию заказчика автоматизированное электропневматическое управление коробками передач. При этом, как правило, это управление в первую очередь предназначено для применения на многоступенчатых коробках передач. Применение автоматизированного управления обеспечивает:

- облегчение и упрощение управления;
- уменьшение в 1,5-2 раза времени переключения передач и, соответственно, улучшение разгонных качеств автомобиля;
- улучшение компоновочных возможностей автомобиля;
- повышение экономичности автомобиля за счет автоматического оптимального выбора момента переключения;
- значительное повышение ресурса работы синхронизаторов за счет уменьшения динамических нагрузок на конусах синхронизаторов.

7. Определилась тенденция резкого повышения крутящих моментов двигателей при одновременном значительном возрастании требований к коробкам передач по ресурсу. Буквально за 15-лет крутящие моменты двигателей на автопоездах и тяжелых самосвалах возросли с 1200-1400 Н.м до 1800-2700 Н.м, а требования по ресурсу для коробок передач автопоездов практически возросли на порядок: американские фирмы называют гарантийный пробег коробок передач в пределах 800-1200 тыс. миль, по времени – 2 года с заменой агрегата в случае его отказа в течение 48 ч. Получается фактически, что величина пробега, которая еще несколько лет назад рекламировалась как ресурс, теперь регламентируется в качестве гарантийного пробега. При этом необходимо учитывать тот факт, что величины крутящих моментов двигателей значительно возросли. Требование увеличения ресурса определяется экономической целесообразностью, так как выход из строя агрегата и обусловленная этим стоимость простоя автомобиля или автопоезда значительно превосходит затраты, связанные с созданием не просто надежного, а гарантированно надежного долговечного агрегата.

Создание таких агрегатов требует весьма большого объема экспериментальных работ, связанных с предельной оптимизацией каждого из элементов коробки передач [2].

Возрастающие требования по ресурсу трансмиссионных агрегатов для тяжелых автопоездов играют не последнюю роль и в экологическом плане, так как утилизация двух-трех агрегатов до списания автомобиля требует дополнительной затраты энергоресурсов.

Таким образом, как в плане ресурсосбережения, так и улучшения экологической обстановки и повышения производительности автотранспорта экономически целесообразно увеличивать ресурс агрегатов, предназначенный для грузовых автомобилей, автобусов и, особенно, для тяжелых автопоездов, которые имеют большие годовые пробеги.

Работы, проводимые в НАМИ по механическим синхронизированным коробкам передач [5], были прежде всего сконцентрированы на создании малогабаритных, высокой надежности технологичных синхронизаторов как для коробок передач, выполненных по обычной классической трехвальной схеме, так и для планетарных синхронизированных демультипликаторов многоступенчатых коробок передач.

Существующие в мировой автомобильной практике синхронизаторы в подавляющем большинстве являются сухарными муфтовыми (рис. 1) и им всем присущи общие недостатки:

- большое число деталей фиксаторов в синхронизаторе - от 6-ти до 12-ти (сухари, витые пружины, направляющие пружины, шарики и т.д.);
- необходимость устройств ограничения хода муфты синхронизатора как из условия заклинивания сухаря, так и возможности прижатия блокирующего кольца к противоположному включенной передаче конусу трения и последующему его износу;
- отсутствие возможности иметь односторонний синхронизатор (что необходимо при нечетном числе передач в коробке передач), так как конструкция сухарного синхронизатора, разрезанная пополам, перестает существовать как таковая.

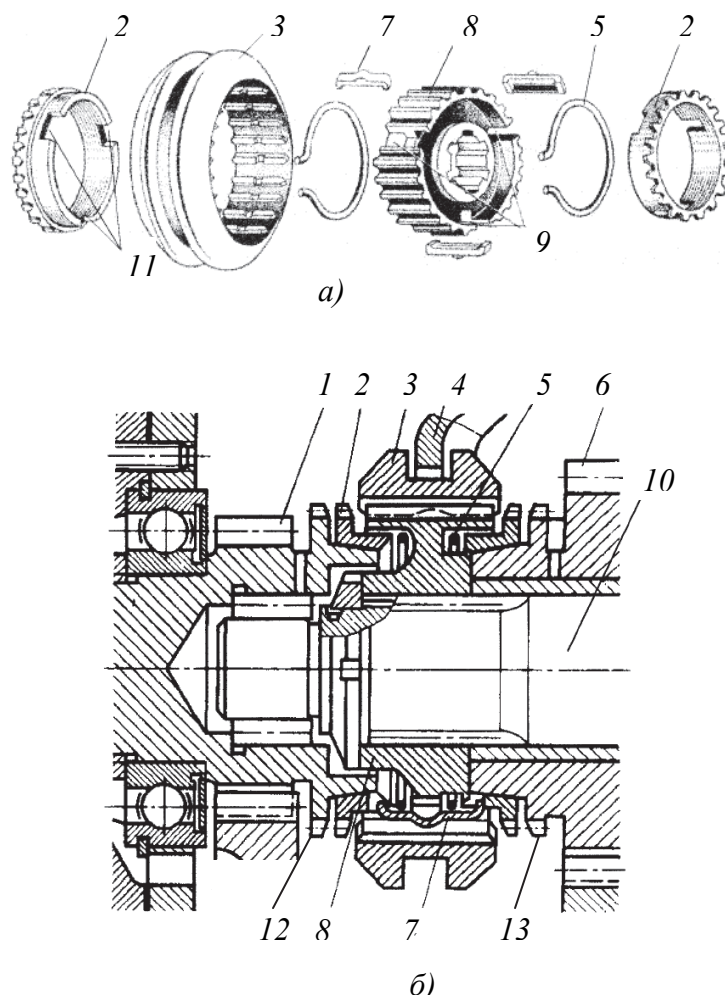


Рис. 1. – Сухарный муфтовый инерционный синхронизатор

1,6 – шестерни; 2 – блокирующие кольца; 3 – муфта синхронизатора; 4 – вилка включения; 5 – пружинные кольца; 7 – сухарь; 8 – ступица синхронизатора; 9, 11 - продольные пазы; 10 – вторичный вал; 12, 13 – венцы шестерен

Разработанная в НАМИ бессухарная конструкция синхронизатора (рис. 2) имеет ряд существенных преимуществ по отношению к применяемым в настоящее время конструкциям муфтовых сухарных синхронизаторов [4, 5, 7].

Сухарная конструкция муфтового синхронизатора даже для управления одной передачей, изображенная на рис. 1, требует для выполнения функции фиксаторов 5 деталей – 3 сухаря, 2 пружины, в то время как бессухарный синхронизатор для управления одной передачей требует всего 1 пружинное кольцо (рис. 2), а для управления двумя передачами – 2 кольца.

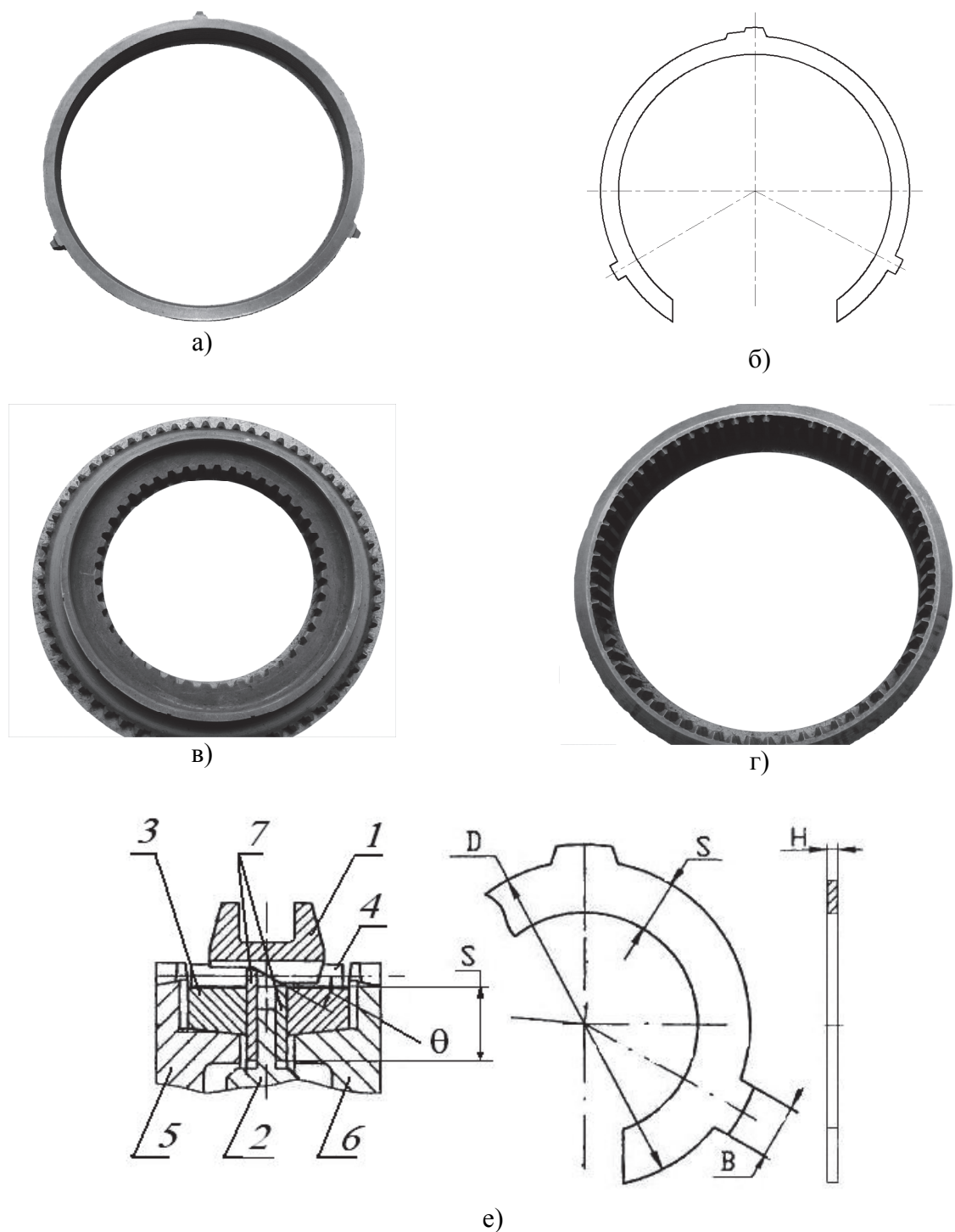


Рис. 2. – Бессухарный синхронизатор с пружинными кольцами
 а) блокирующее кольцо; б) пружинное кольцо; в) зубчатый венец; г) муфта;
 е) схема синхронизатора и пружинного кольца: 1 – муфта, 2 – ступица, 3, 4 – блокирующие кольца, 5, 6 – зубчатые венцы, 7 – пружинные кольца, D – диаметр кольца, S – толщина кольца, H – ширина кольца, B – ширина выступа, θ - угол скоса на муфте синхронизатора

Основной отличительной особенностью разработанной конструкции синхронизатора являются пружинные кольца, которые прижимаются при включении передачи к соответствующему блокирующему кольцу, а после включения передачи кольцо, сжимаясь, позволяет переместиться муфте в осевом направлении и войти в зацепление с зубчатым венцом шестерни [4, 7]. Такая конструкция синхронизатора не требует обязательного

наличия ограничения хода муфты, так как не может появиться осевая составляющая от пружинных колец, которая бы прижимала фрикционное кольцо к вращающемуся конусу. В разработанной конструкции синхронизатора исключается операция сборки синхронизатора, так как муфты синхронизаторов могут быть надеты или сняты на собранном вторичном валу, чего, конечно, нельзя допустить при наличии любой конструкции современной коробки передач с муфтовыми синхронизаторами.

Конструкция бессухарного синхронизатора позволяет иметь модификацию одностороннего синхронизатора, который применен в 5-ступенчатой коробке передач ИЖ-2126, что позволяет существенно снизить осевые габариты коробки передач и тем самым повысить жесткость коробки передач, что особенно важно при малом межцентровом расстоянии коробки передач. Коробка передач ИЖ-2126 имеет осевой габарит по торцам картера в 260 мм при допустимой величине входного момента $M_{кр} = 150-170$ Н.м и межцентровом расстоянии $A = 65$ мм. Такие показатели удалось достигнуть прежде всего за счет применения малогабаритных бессухарных синхронизаторов, в том числе односторонней конструкции синхронизатора.

Осевой габарит разработанных бессухарных синхронизаторов для коробок передач с входным моментом до 350 Н.м находится в интервале 35-37 мм, а для коробок передач высокой несущей способности с входным крутящим моментом до 2300 Н.м - до 45 мм.

На рис. 3 показана одна из последних разработок - 6-ступенчатая коробка передач «КОМ-НАМИ» М6-300, которая выполнена в габаритах и массе 5-ступенчатых коробок передач - имеет размер по торцам картера 295 мм, массу 45 кг, межцентровое расстояние 100 мм с входным моментом до 350 Н.м и диапазоном передаточных чисел 9,28 [3, 5].

В коробке передач М6-300 применены малогабаритные муфтовые синхронизаторы с молибденированными конусами трения, что резко повышает их надежность и долговечность. Коробка передач предназначена для применения на полноприводных автомобилях типа «Джип» давая то преимущество, что в этом случае исключается необходимость в демультипликаторе в раздаточной коробке передач, что существенно упрощает и удешевляет раздаточную коробку, уменьшает ее массу, а также упрощает управление автомобилем и увеличивает коэффициент использования низшей передачи в многочисленных «пробках» на дорогах, что положительно скажется на долговечности сцепления. Коробка передач может успешно применяться на автомобилях и автобусах полной массой до 7000 кг. Коробка передач имеет как механическое, так и автоматизированное электропневматическое управление, что обеспечит облегчение и упрощение управления и, в частности, при использовании на автобусах.

Необходимо отметить некоторые конструктивные и технологические особенности разработанных конструкций бессухарных синхронизаторов – все синхронизаторы в каждой

коробке передач выполняются (в отличие от еще практикуемого в мировой практике) единого и максимально большого диаметрального размера и могут отличаться только по ширине блокирующего фрикционного кольца, что значительно повышает технологичность синхронизаторов, а также их долговечность, так как при малых диаметрах синхронизаторов на высших передачах за счет весьма большого числа циклов переключения передач может существенно снижаться долговечность коробки передач.

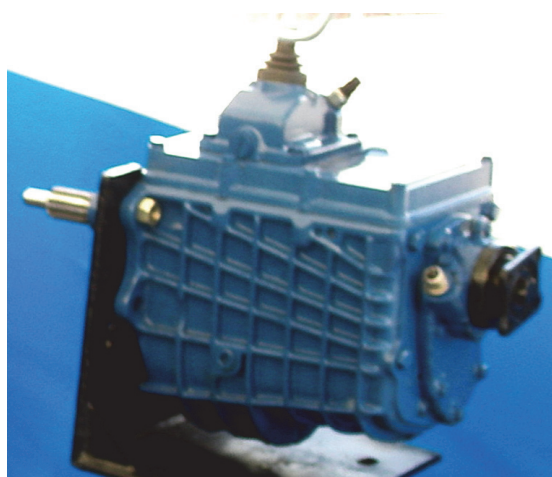
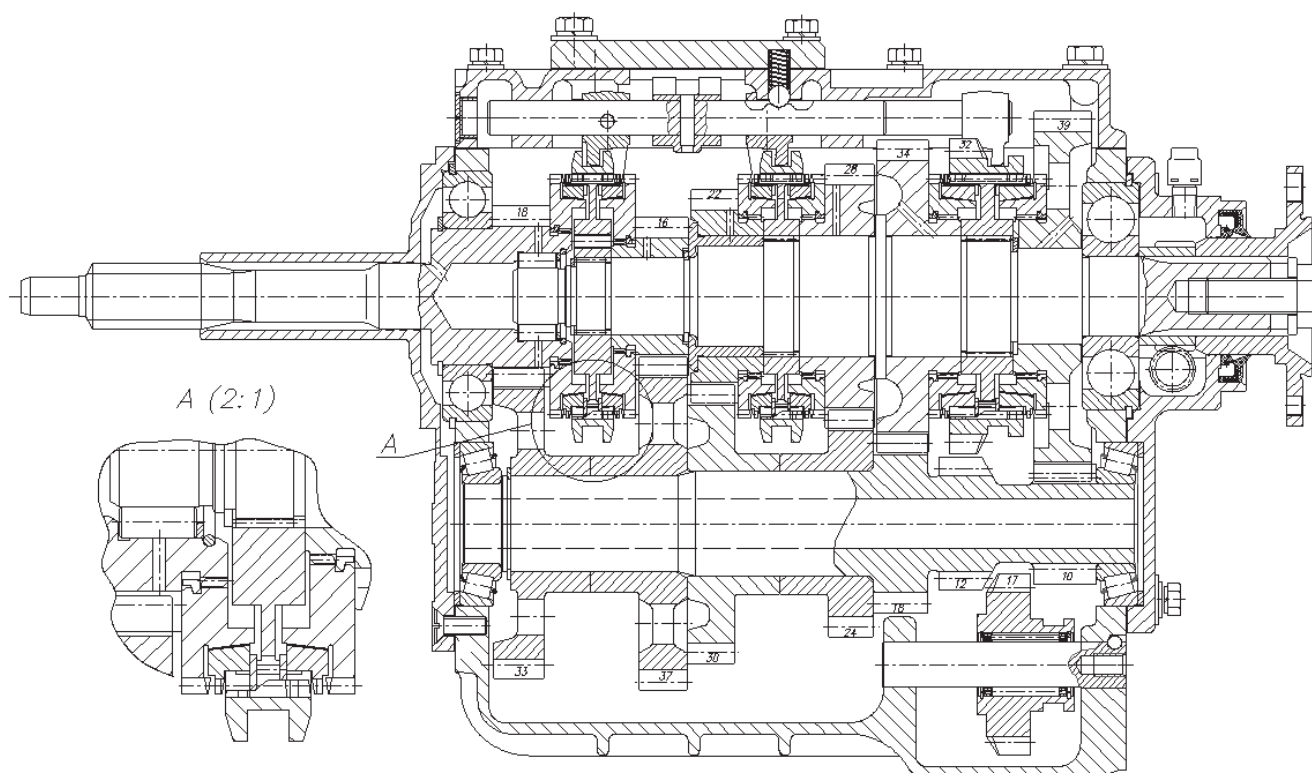


Рис. 3. – Коробка передач М6-300 с бессухарными синхронизаторами:
а) продольный разрез коробки; б) внешний вид.

Преимуществом применения в коробке передач единой размерности синхронизатора является также наличие в этом случае унифицированных вилок, что повышает технологичность конструкции. Отличительной конструктивной особенностью бессухарного синхронизатора, существенно повышающей его технологичность, является то, что спиральные канавки для разрыва масляной пленки выполняются не на молибдене блокирующего кольца, что резко удорожает процесс обработки и увеличивает в 2-3 раза требуемое количество молибдена или его заменителей, а на конусе зубчатого венца, что не требует специализированного оборудования и дорогостоящего износостойкого инструмента для обработки весьма твердого покрытия.

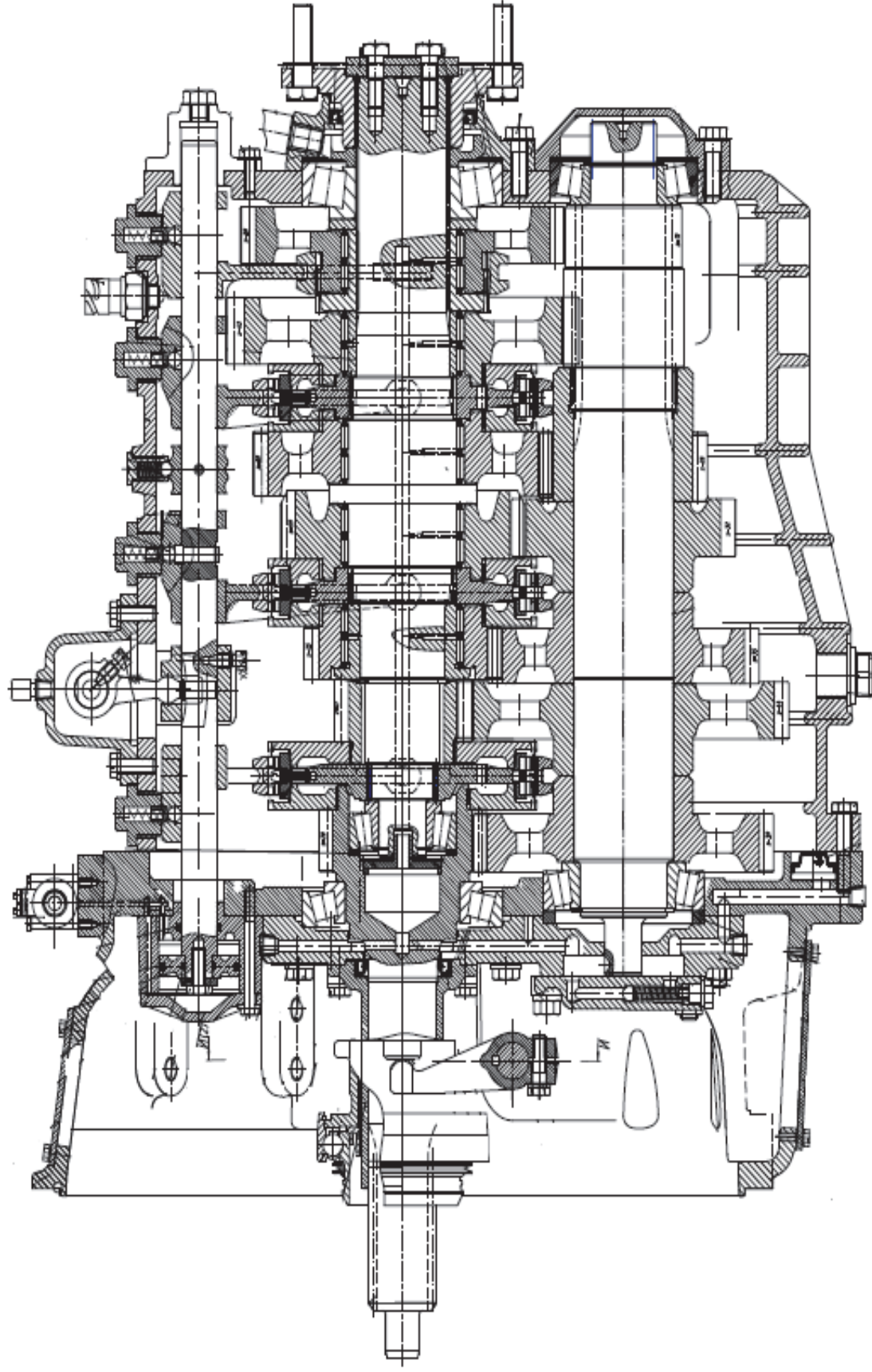


Рис. 4. – Коробка передач М6-1110

На рис. 4 показана последняя разработка 6-ступенчатой коробки передач «КОМ-НАМИ» М6-1100, предназначенной в основном для применения на автобусах большой и особо большой вместимости с крутящим моментом двигателя до 1300 Н.м и диапазоном передаточных чисел 9,1. По отношению к своему ближайшему аналогу - коробке передач фирмы «Цанрад Фабрик» S6-90, получившей широкое распространение в России за счет применения на автобусах «Икарус» и «Мерседес-Бенц» коробка передач М6-1100 имеет ряд существенных преимуществ:

- увеличенная на 40 % изгибная несущая способность шестерен;
- увеличенная на 32 % контактная несущая способность;
- наличие смазки коробки передач под давлением, что повышает долговечность подшипников шестерен, являющихся слабым местом в коробке передач S6-90, дает возможность уменьшить заправочную емкость с 13 до 6 л, что в масштабах автобусного парка обеспечит значительную экономию дефицитной и дорогостоящей смазки;
- уменьшение внутренних потерь за счет уменьшения объема смазки;
- уменьшение осевого габарита по картеру на 29 мм, что в сочетании с другими конструктивными решениями позволило увеличить жесткость валов на 50-60 %, что обеспечит меньшие прогибы и перекосы и лучшее качество контакта зубьев шестерен;
- все три синхронизатора и вилки муфт синхронизаторов в противоположность коробке передач S6-90 выполнены полностью унифицированными и имеют большую несущую способность;
- применено автоматизированное электропневматическое управление, которое обеспечит упрощение и облегчение управления автобусом, особенно принимая во внимание весьма большое число циклов переключения передач; улучшаются также компоновочные возможности автобуса.

Необходимо отметить, что 6-ступенчатая коробка передач М6-1100, имея габарит по торцам картера 460 мм, короче всех отечественных 5-ступенчатых коробок передач и выполнена таким образом, что по всем установочным и присоединительным размерам полностью соответствует коробке передач S6-90, что резко облегчит ее применение на весьма большом парке автобусов «Икарус» и «Мерседес-Бенц».

В настоящее время для большинства грузовых автомобилей и тягачей автопоездов производства зарубежных фирм широко применяются многоступенчатые коробки передач, использование которых позволяет обеспечить высокие тягово-скоростные качества, снизить расход топлива и повысить экологические свойства. Такие коробки передач рационально использовать с автоматизированным управлением, которое в полной мере позволяет реализовать преимущества широкого диапазона передаточных чисел, создает более комфортные условия для водителя, повышает безопасность движения [3].

С учетом опыта мирового автостроения и разработок НАМИ для создаваемой многоступенчатой коробки «КОМ-НАМИ» передач выбрана схема с задним синхронизированным планетарным демультипликатором, синхронизированным передним делителем и четырехступенчатым синхронизированным основным редуктором. Эту схему используют практически все известные зарубежные и российские фирмы («Цанрад Фабрик», «Вольво», «Мерседес-Бенц», «Скания», «Рено», «Итон», ЯМЗ, ЗИЛ).

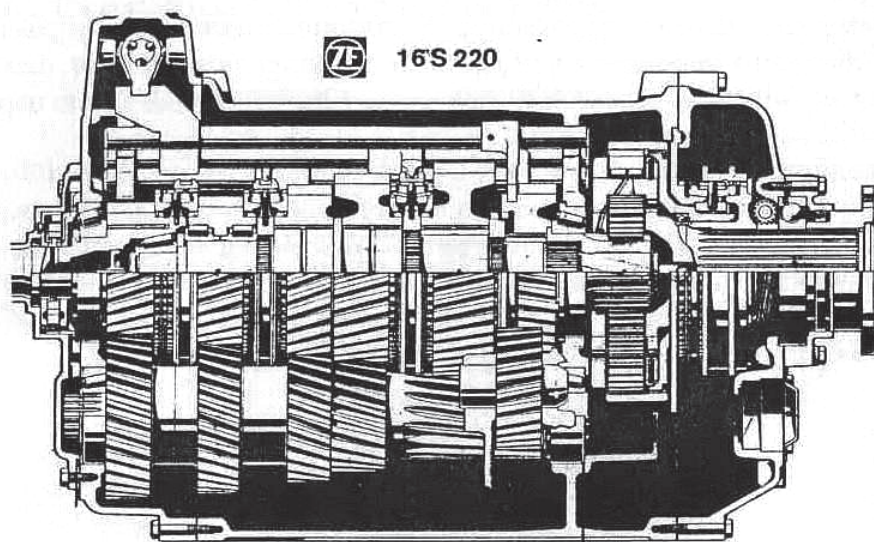


Рис. 5. – Коробка передач ZF 16S220

На рис. 5 представлена 16-ступенчатая коробка передач 16S220 фирмы «Цанрад Фабрик», выполненная по такой схеме, а на рис. 6 показана 14-ступенчатая коробка передач «Вольво SR10».

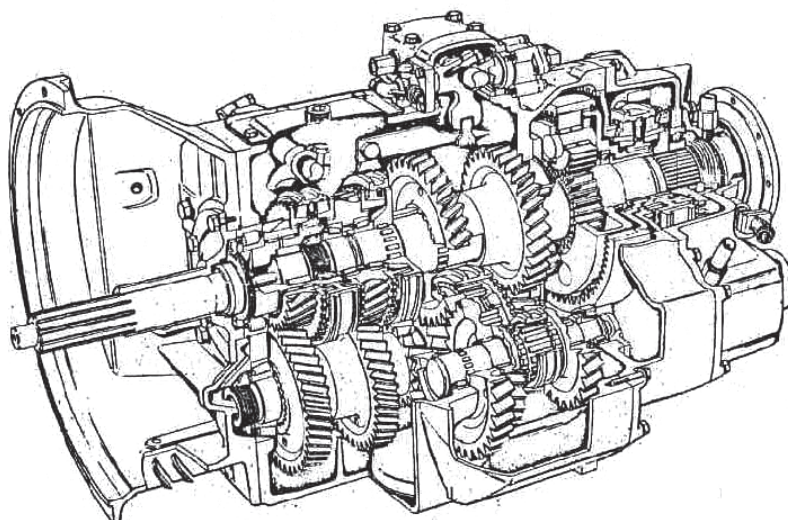


Рис. 6. - Коробка передач «Вольво SR10»

В период с 1999-2003 гг. в НАМИ был выполнен полный комплекс работ НИР и ОКР, в результате которого создана 16-ступенчатая синхронизированная коробка передач «КОМ-НАМИ» для большегрузных автомобилей и автопоездов с крутящим моментом до 2200 Н.м.

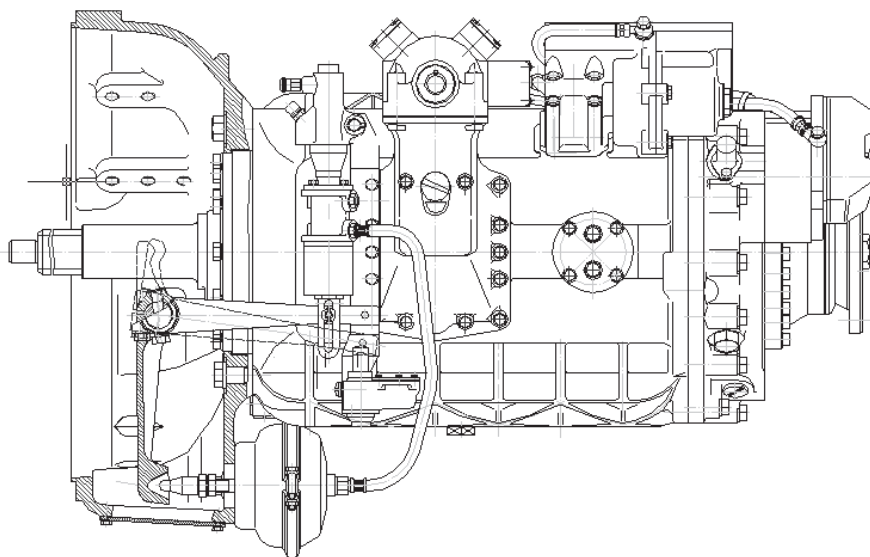


Рис. 7. – Коробка передач ТМ-16-2000 с механическим управлением

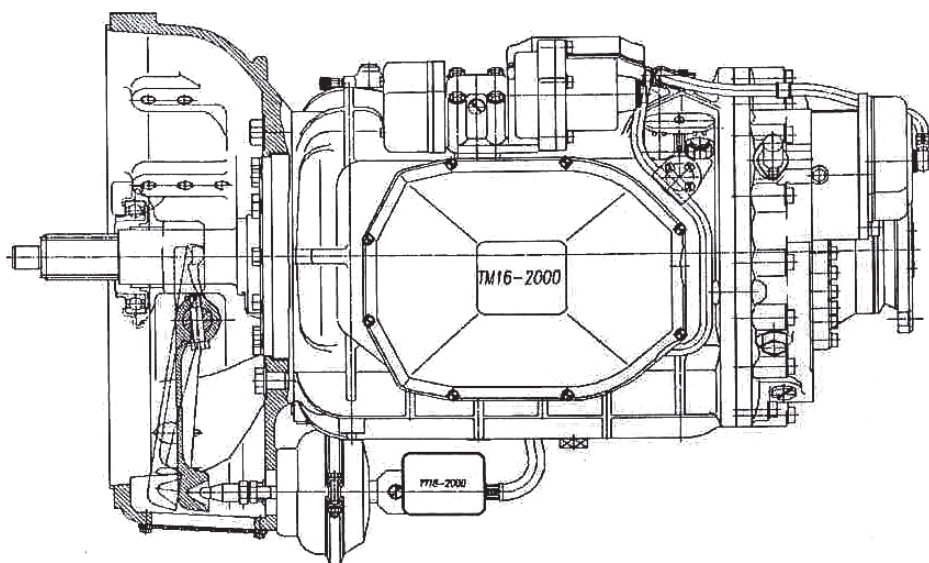


Рис. 8. – Коробка передач ТМ16-2000 с автоматизированным управлением

Проведенный комплекс работ включает создание оригинальных расчетных методов, разработку конструкции, изготовление опытных образцов, разработку специальных методов испытаний и проведение стендовых, ресурсных и функциональных испытаний, доработку конструкций по результатам испытаний и выпуск чертежной документации для подготовки серийного производства. По числу передач синхронизированных ступеней, передаваемому максимальному крутящему моменту и мощности, диапазону и плотности ряда передаточных

чисел разрабатываемая коробка передач соответствует современным лучшим аналогам, в частности, таким известным, как «Цанрад Фабрик», Германия. Но, при этом значительно (на 30%) сокращены габаритные осевые размеры, в 1,5-2 раза снижены внутренние потери и упрощена конструкция. В то же время, несмотря на значительное снижение габаритных размеров, получено увеличение несущей способности, а, следовательно, ресурса и надежности коробки передач. Внешний вид и разрез по валам коробки передач с механическим и полуавтоматическим управлением представлены на рис. 7-9.

Основные особенности конструкции разработанной коробки передач состоят в следующем [1, 3, 4]:

1. При разработке коробки передач использован так называемый модульный принцип, в соответствии с которым коробка передач комплектуется из функционально-самостоятельных узлов и механизмов, в противоположность способу построения из узлов и деталей, не способных выполнять в целом функциональные требования. Модульный принцип подразумевает максимальную унификацию узлов и деталей и максимально возможное исключение из конструкции промежуточных деталей, которые не выполняют четких функций. В данном случае коробка передач, представленная на рис 10, уже является модулем, который может комплектоваться как автоматизированным, так и механическим управлением. В свою очередь модуль-коробка передач состоит из модулей-узлов:

- узла планетарного демультипликатора с элементом управления;
- механизма переключения передач;
- узлов первичного, промежуточного и вторичного валов.

2. Исходный модуль-коробка передач отличается от всех известных аналогов следующими главными особенностями:

- задняя опора вторичного вала находится не в дополнительной (паразитной) стенке картера коробки передач, а в водиле планетарного демультипликатора;
- задняя опора промежуточного вала располагается также не в дополнительной стенке, а в картере демультипликатора.

Это позволило вместо четырёх стенок (три в корпусных деталях и одна в виде стальной пластины) иметь две стенки (две корпусных детали).

3. Особенность кинематической схемы коробки передач состоит в том, что оси солнечной шестерни и сателлитов планетарного демультипликатора всегда при любом перекосе в процессе прогиба вторичного вала остаются параллельными, т.е. они самоустанавливаются. В известных коробках передач оси этих шестерен скрещиваются при этом тем больше, чем больше величина крутящего момента, не позволяя обеспечить

надлежащее пятно контакта на сопряженных шестернях и способствуя снижению их долговечности и надежности работы.

Направление осевых сил в коробке передач выполнено обратно общепринятому, что разгружает подшипники опор и значительно уменьшает внутренние потери, так как подшипник передней опоры вторичного вала работает в режиме относительно малых оборотов, а подшипник внешних опор со значительно большими оборотами. На рис. 10 представлен чертеж планетарного демультипликатора также являющегося модулем.

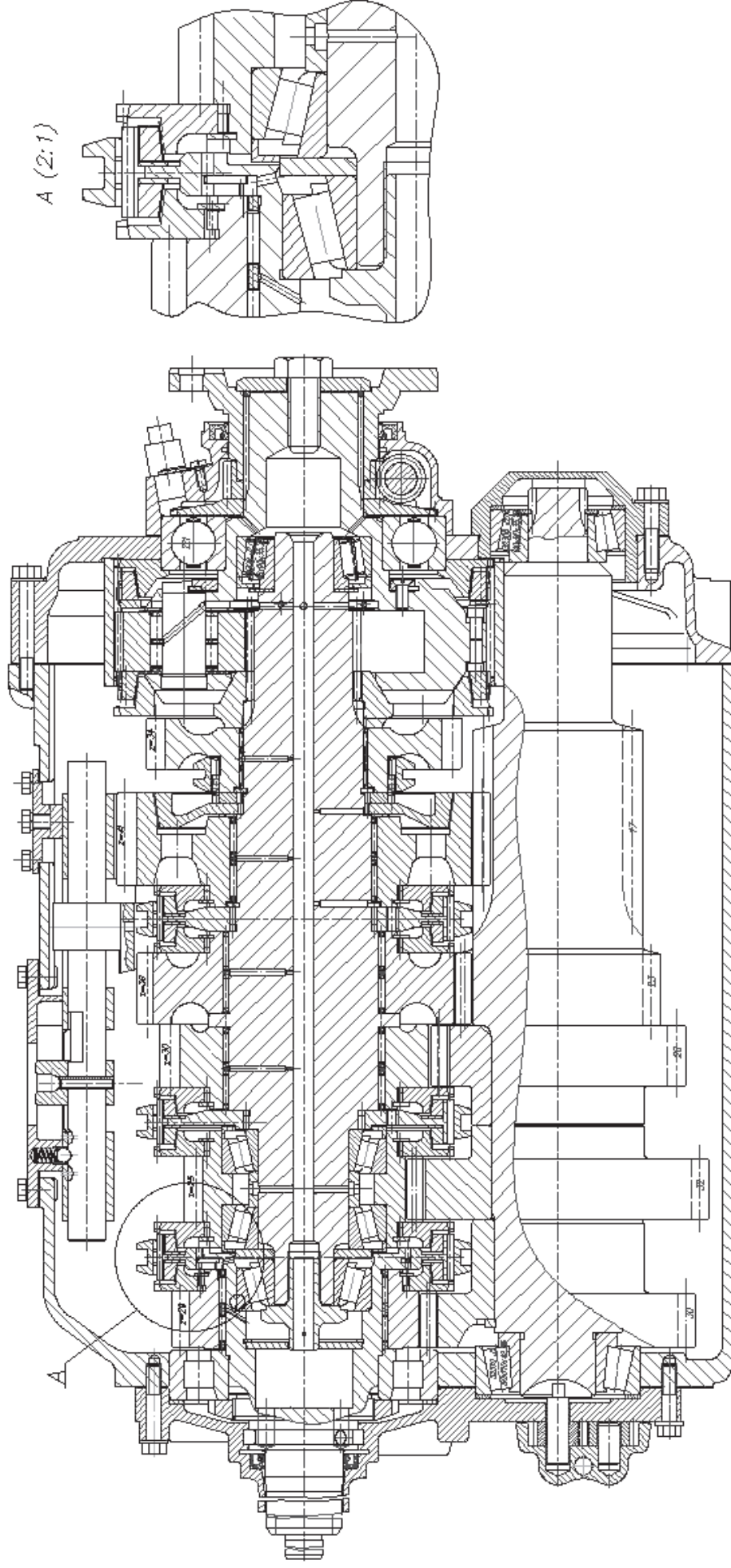


Рис. 9. – Коробка передач ТМ16-2000 (продольный разрез)

4. Особенность конструкции планетарного демультипликатора по сравнению с широко распространенными решениями состоит в следующем:

- для переключения диапазонов использована перемещающаяся в осевом направлении коронная шестерня с внутренними зубьями, что значительно упрощает конструкцию элементов переключения и сокращает осевой габаритный размер;

- блокировка планетарного ряда производится при соединении коронной и солнечной шестерен. Традиционным решением является блокирование путем соединения коронной шестерни с водилом. При принятой в разработанной коробке передач схеме блокировки достигается более, чем в 4 раза уменьшение момента, передаваемого солнечной шестерней, что исключает ее бринелирование, одновременно в 4-6 раз снижается время синхронизации при переключении демультипликатора с низшего на высший диапазон [6].

5. Как в основном редукторе, так и в демультипликаторе использовались малогабаритные бессухарные синхронизаторы муфтового типа с молибденированными блокирующими кольцами. Три синхронизатора основного редуктора унифицированы. На шестерне первой передачи применен дополнительный конус для обеспечения снижения усилия при переключении.

Конструкция синхронизатора изображена на продольном разрезе коробки передач (см. рис. 9). На рис. 11 представлены чертежи блокирующего кольца и муфты синхронизатора.

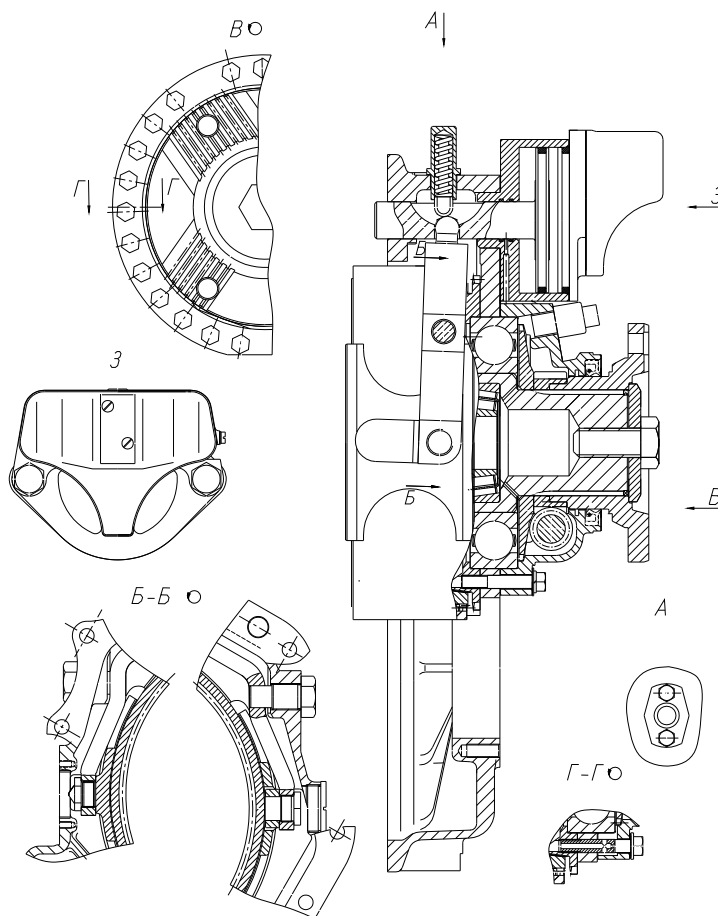


Рис. 10. – Планетарный демультипликатор коробки передач ТМ16-2000

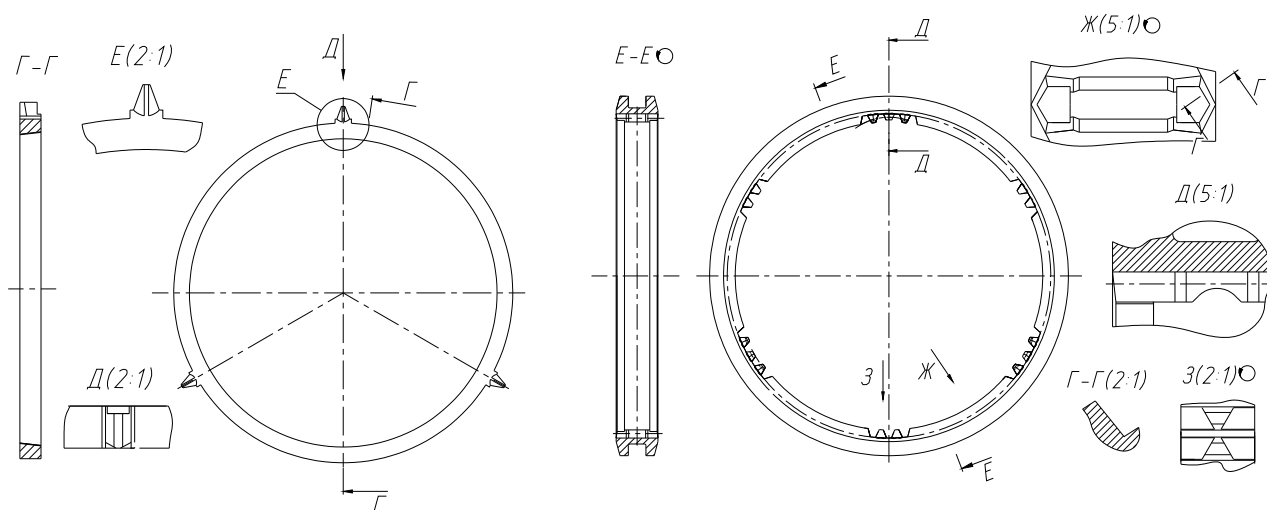


Рис. 11. – Блокирующее кольцо и муфта синхронизатора коробки передач ТМ16-2000

Конструкция синхронизаторов имеет следующие особенности:

- расход молибдена сокращается в 3 раза за счет выполнения спиральных канавок не на молибдене блокирующего кольца, а на зубчатом венце, что не требует к тому же дорогого и сложного технологического оборудования, необходимого для обработки высокотвердого молибдена;

- исключена довольно трудоемкая операция сборки фиксаторов синхронизатора с витыми пружинами и сухарями (всего 9 деталей) за счет применения двух пружинных колец;

- одновременно за счет применения пружинных колец исключена необходимость спаривания зубьев на муфтах для ограничения хода муфты, что позволяет изготавливать муфты на универсальном оборудовании стандартными долбьями без применения специальных, весьма дорогих протяжек,

- значительно упрощена конструкция блокирующего кольца, оставлены из 63-х только 3 зуба;

- разведены зубья, блокирующие синхронизатор и включающие передачу, что сохраняет в процессе работы геометрию блокирующих элементов и увеличивает надежность их работы;

- предельно, до 32-х мм, увеличена ширина ступицы, что уменьшает вероятность самовыключения передачи.

6. Механизм переключения передач выполнен в виде самостоятельного узла и обладает следующими особенностями:

- упрощает конструкцию корпусных деталей и сборку коробки передач;
- сокращает в 2-2,5 раза длину штоков;
- используются высокотехнологичные унифицированные для трёх синхронизаторов вилки, выполняемые из листовой стали.

7. Управление основным редуктором, делителем и демультипликатором осуществляется с помощью электропневматических механизмов, выполненных в виде самостоятельных узлов. При этом электроклапаны управления установлены непосредственно на исполнительных механизмах, что позволяет сократить необходимое количество подводящих пневмошлангов и повысить быстродействие и надежность работы системы управления.

Для управления 16-ступенчатой коробкой передач использована полуавтоматическая система, которая состоит из следующих элементов:

- контроллер управления;
- электропневматический механизм управления основным редуктором;
- электропневматический механизм управления делителем;
- электропневматический механизм управления демультипликатором;
- механизм управления сцеплением;
- электровыключатель под педалью подачи топлива;
- электронный блок управления;
- датчики частоты вращения вала двигателя и выходного вала коробки передач.

Схема полуавтоматического управления показана на рис. 12.

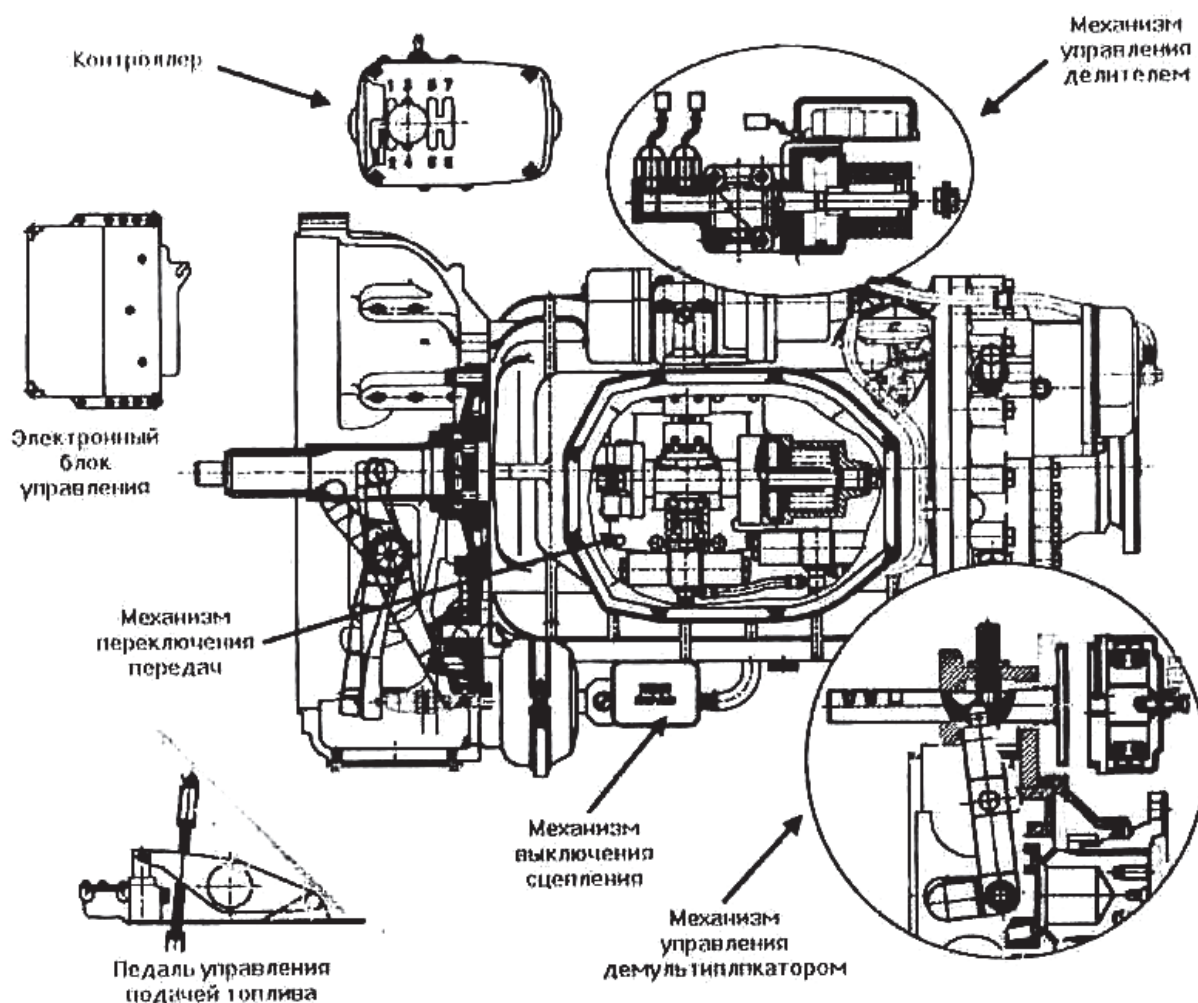


Рис. 12. – Схема полуавтоматического управления коробки передач ТМ16-2000

Система обеспечивает полуавтоматическое управление коробкой передач и автоматическое управление сцеплением. Педаль сцепления используется только при трогании автомобиля с места.

Контроллер (рис. 13) выполнен по схеме 2Н, что обеспечивает сохранение навыков, приобретенных водителем при механическом управлении коробкой передач.

Электропневматический механизм переключения передач в основном редукторе (рис. 14) выполнен по Х-образной схеме и включает два пневмоцилиндра с электроклапанами и концевыми выключателями в едином узле. Один из пневмоцилиндров осуществляет выбор передачи, а второй - переключение. Среднее положение поршней в каждом цилиндре обеспечивается пружинами двойного действия с преднатягом. Такая конструкция исключает динамические нагрузки на фрикционные кольца синхронизаторов в процессе переключения передач.

Выполнение механизма по Х-образной схеме (т.е. с рабочими элементами, располагаемыми взаимно перпендикулярно) обуславливает уменьшение количества и номенклатуры деталей и узлов по сравнению с механизмами, в которых рабочие элементы располагаются параллельно.

Система предусматривает автоматическую установку положения в делителе при переключении передач и в основном редукторе, чем достигается снижение инерционных нагрузок и времени переключения.

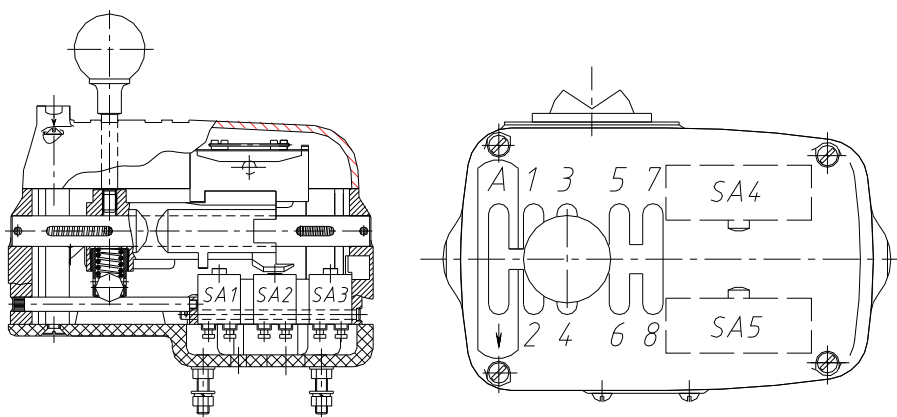


Рис. 13. – Контроллер коробки передач ТМ16-2000

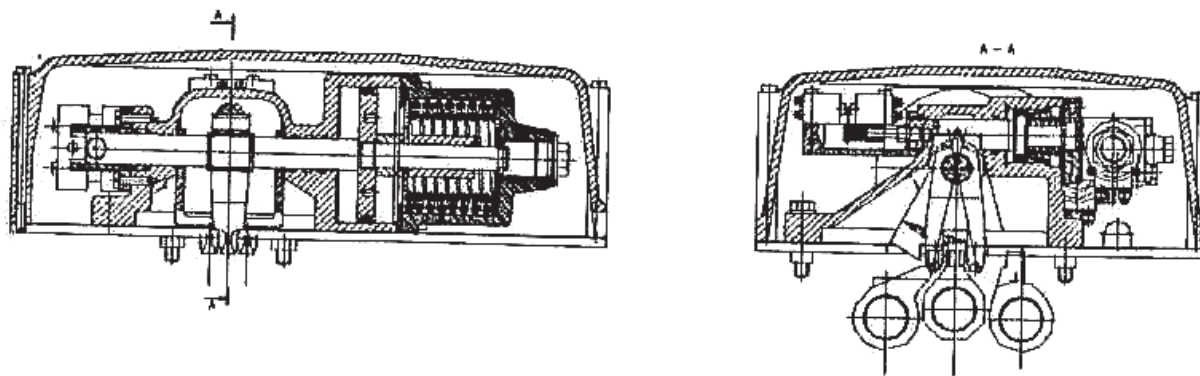


Рис. 14. – Электропневматический механизм переключения передач

Переключение передач в делителе осуществляется автоматически с помощью электровыключателя, устанавливаемого под педалью подачи топлива и специальной электронной схемой управления.

Предусмотрена автоматическая блокировка, воспреещающая переключение передач в делителе и диапазонов в демультипликаторе с целью исключения возможности перекрутки двигателя и коробки передач.

Последовательность срабатывания всех механизмов управления коробкой передач и сцеплением задается электронным блоком управления, куда поступают электрические сигналы от контроллера, выключателей установленных на исполнительных механизмах, выключателей под педалью подачи топлива и под рычагом выключения сцепления, датчиков частоты вращения вала двигателя и выходного вала коробки передач.

С целью повышения надежности систем управления предусматривается возможность перехода на резервную схему в случае неисправности в электросистеме блока управления. В этом случае электрические сигналы от контроллера управления передаются непосредственно к электроклапанам исполнительных механизмов, минуя блок управления. В этом случае при переключении передач должна использоваться педаль сцепления.

Проведено изготовление образцов коробок передач как с механическим, так и с полуавтоматическим управлением [1, 2], осуществлен полный комплекс функциональных испытаний на стенде (рис. 15). В настоящее время завершены стендовые испытания на долговечность в объеме, эквивалентном 700000 км пробега.

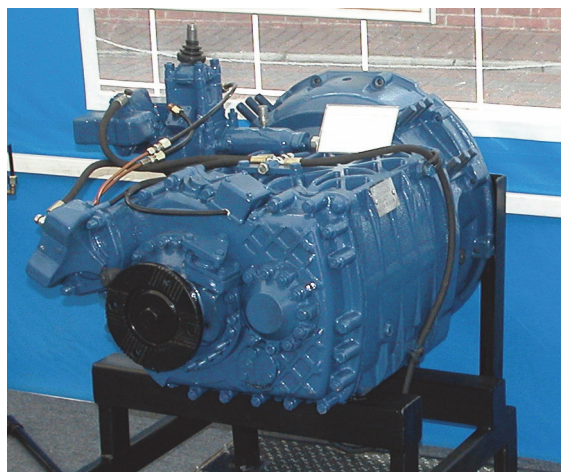


Рис. 15. – Экспериментальный образец коробки передач «КОМ-НАМИ» ТМ16-2000

Для полноприводных автомобилей в настоящее время находят применение следующие три схемы конструктивного решения трансмиссии, выполняющей функции как коробки передач, так и раздаточной коробки [3, 5].

Первая схема, получившая широкое распространение (и уже в сущности в нашей стране ставшая классической) - схема со стыкующейся с двигателем коробкой передач и далее устанавливаемой в колесной базе автомобиля раздаточной коробкой, раздающей крутящий момент по осям автомобиля и одновременно выполняющей роль демультипликатора с целью обеспечения надлежащего диапазона передаточных чисел, позволяющего выполнить требования по удельным скоростным и тяговым качествам транспортного средства.

Вторая применяемая конструктивная схема - это схема трансмиссионного блока представляет собой спаренный агрегат, когда раздаточная коробка фланцуется к задней стенке коробки передач, при этом весь переключаемый диапазон трансмиссии размещается только в коробке передач.

Третья применяемая конструктивная схема - это схема трансмиссионного блока - представляет собой единый агрегат, когда раздаточная коробка передач в виде встроенного модуля размещается в коробке передач между основным редуктором и планетарным демультипликатором.

Третья схема конструктивного исполнения имеет значительные преимущества по целому ряду параметров, а именно:

- значительно улучшаются компоновочные возможности транспортного средства за счет установки единого агрегата в колесной базе автомобиля, особенно при короткобазных объектах, когда по компоновочным соображениям не представляется возможным стыковать коробку с двигателем;

- существенно, в 1,5-2 раза сокращается суммарный габарит агрегатов при выполнении трансмиссионного блока по третьей схеме, что также дополнительно улучшает компоновочные возможности;

- уменьшается масса единого трансмиссионного агрегата по сравнению с первой схемой на 150-200 кг в размерности трансмиссии под $M_{кр} = 2000-2200$ Н.м, когда масса коробки передач составляет порядка 340 кг, а раздаточной коробки с демультипликатором - порядка 440 кг в чугунном исполнении картера и порядка 380 кг в алюминиевом исполнении картерных деталей. Агрегат, выполненный по третьей схеме на базе последних конструктивных разработок, будет иметь массу не более 520 кг.

Существует и ряд других преимуществ у схемы со встроенным демультипликатором по отношению к первой схеме, например, легкий монтаж и демонтаж агрегата, а также обеспечение минимального разрыва потока мощности за счет быстрого переключения передач на всем диапазоне трансмиссии, что особенно важно при движении транспортного средства в тяжелых дорожных условиях, в то время как при выполнении трансмиссии по первой схеме практически происходит остановка транспортного средства при переходе на низший или высший диапазон в силу весьма больших приведенных инерционных моментов, определяемых кинематической схемой трансмиссии.

Коллективом НАМИ для Уральского автозавода (для перспективных 40-тонных самосвалов) разработана коробка передач ТМР16-2000 (рис. 16), механическая, 16-ступенчатая, с синхронизированным включением передач. Она представляет собой единый трансмиссионный агрегат, включающий в себя:

- четырёхступенчатую синхронизированную коробку передач, являющуюся основным редуктором, с делителем;
- планетарный синхронизированный двухступенчатый демультипликатор;
- встроенный раздаточный модуль, состоящий из редуктора и дифференциального ряда, обеспечивающего раздачу момента по осям.

Разработанная по схеме со встроенным раздаточным модулем конструкция коробки передач ТМР 16-2000 по ряду весовых, габаритных и конструктивных параметров и показателей превосходит за счет ряда принципиально новых конструктивных решений аналог фирмы «Цанрад фабрик» ZF S16-220A [3, 5]. Это дает основания сделать вывод о том, что технический уровень выполненной конструкторской разработки соответствует не только современным требованиям, но и требованиям перспективы.

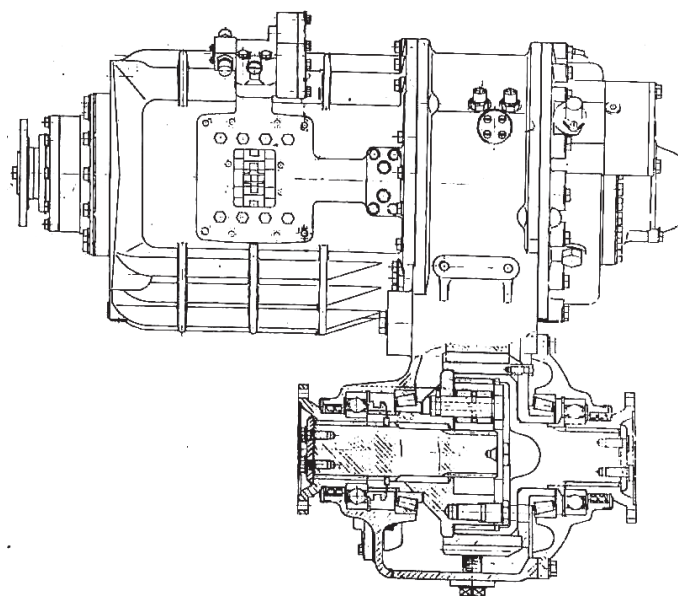


Рис. 16. - 16-ступенчатая коробка передач ТМР 16-2000 со встроенной раздаточной коробкой

Одной из главных тенденций в современном автомобилестроении является автоматизация управления трансмиссией и, в частности, механическими синхронизированными коробками передач [3].

В автоматизированном управлении трансмиссией особенно нуждаются автобусы и тяжелые автопоезда, где достаточно велики усилия переключения передач при весьма большом числе циклов переключения передач.

Автоматизация управления трансмиссией значительно облегчает и упрощает труд водителя, повышает динамические качества транспортного средства, а также улучшает его топливно-экономические качества.

Опыт проведенных исследований и конструкторских изысканий показал, что наиболее простые электросхемы имеют место только тогда, когда кинематика работы механизма переключения передач соответствует кинематике работы контроллера. Базируясь на этом принципе, удалось в конечном итоге для управления от 5-до 16-ступенчатыми коробками передач иметь только две модификации унифицированных контроллеров, при этом первая модификация обеспечивает управление от 5- до 12-ступенчатыми коробками передач, в кинематических схемах которых отсутствует планетарный демультипликатор, а вторая модификация (рис. 13) для коробок с числом передач от 8 до 16 при наличии заднего демультипликатора.

Многолетние испытания показали [5], что из различного числа вариантов контроллеров, а именно кнопочных, веерного типа, а также построенных на шаговом принципе и др., наиболее удобным оказались конструкции контроллеров, выполненных по Ж- и 2Н-образной схемам, которые позволяют не только предельно упростить электросхему

управления, но и сохранить преемственность координации движения водителя при переходе с механического на электропневматическое переключение передач.

В процессе проводимых конструкторско-исследовательских работ по автоматизации управления различными транспортными средствами удалось разработать и испытать различные схемы и типы механизмов управления и переключения передач.

В дальнейших разработках механизмов электропневматического переключения передач преследовался принцип - никаких изменений в коробке передач и механизме переключения передач. В соответствии с этим принципом были разработаны механизмы электропневматического управления со взаимно перпендикулярным расположением силовых элементов, один из которых выполнял функции избирания необходимого хода, а второй обеспечивал включение передач на избранном ходе (рис. 17). Такого типа механизм переключения передач был разработан для всего семейства коробок передач Ярославского моторного завода, и в частности, применен на 5-ступенчатой коробке передач ТМЗ-205, которая устанавливается на сочлененном автобусе особо большой вместимости «Sanos-TMZ».

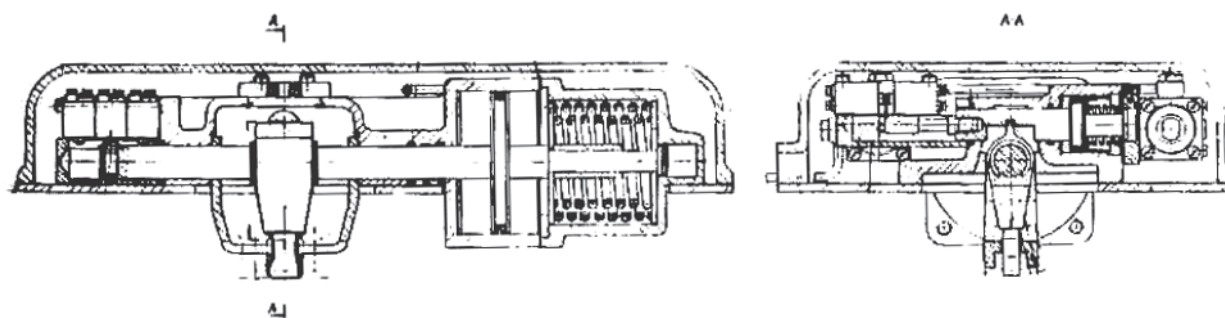


Рис. 17. - Автоматизированное электропневматическое управление ТМЗ-205

Одновременно с работами, проводившимися по автоматизации управления коробками передач, выполненными по обычной классической трехвальной схеме, велись достаточно напряженно работы по автоматизации многоступенчатых коробок передач с числом передач от 8-до 16, применение которых с каждым днем все сильнее возрастает, что обусловлено весьма существенными эксплуатационными преимуществами этих коробок передач. В настоящее время имеются пробеги на автопоездах полной массой 45-52 т производства Минского автозавода 500 и более тыс. км. При этом коробки передач ЯМЗ-202 производства Ярославского моторного завода показали высокую практически безотказную работу при автоматизированном электропневматическом управлении.

Мнение водителей, проработавших от двух до трех лет на автопоездах с системой автоматизированного управления коробкой передач, однозначно: необходимо обеспечить серийный выпуск трансмиссий с автоматизированным управлением, что в ближайшем времени и предстоит осуществиться в г. Набережные Челны на заводе ГК «КОМ».

Опыт зарубежных фирм подтверждает правильность избранного направления по созданию автоматизированных систем управления трансмиссией, при этом ряд фирм, например «Мерседес-Бенц», «Вольво». «Цанрад Фабрик», «Итон», предлагает его уже в качестве штатного оборудования.

На состоявшейся по приглашению фирмы «Даймлер-Крайслер», встрече в научном центре фирмы в г. Штутгарт специалистов НАМИ с представителями фирмы, обсуждался комплекс оригинальных опережающих технических решений, заложенных в коробке передач ТМ 16-2000, где было высказано убеждение в том, что не более чем в течение ближайших 5 лет практически все ведущие в области трансмиссий фирмы будут производить многоступенчатые механические коробки передач только с автоматическим управлением.

В заключении следует отметить, что данная работа также выполняется в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»

Список литературы

1. Недялков, А.П. Применение опережающих технических решений при создании механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недялков, А.Н. Блохин // Наука и образование. – 2011. – №2.
2. Недялков, А.П. Перспективы создания типоразмерного ряда унифицированных механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недялков, А.А. Ипатов // Автомобили. Сборник научных трудов. Выпуск 232. М.: ГНЦ РФ – ФГУП «НАМИ», 2004, с. 11-62.
3. Недялков, А.П. Перспективные разработки конструкций механических коробок передач с механическим и автоматическим управлением. / А.П. Недялков, А.А. Ипатов // Автомобили. Сборник научных трудов. Выпуск 232. М.: ГНЦ РФ – ФГУП «НАМИ», 2004, с. 63-89.
4. Недялков, А.П. Расчет основных элементов синхронизаторов коробки передач / А.П. Недялков, А.А. Трикоз // Автомобили и двигатели. Сборник научных трудов. Выпуск 230. М.: ГНЦ РФ – ФГУП «НАМИ», 2002, с. 160-169.
5. Недялков, А.П. Механические синхронизированные коробки передач / Совершенствование технико-экономических показателей автомобильной техники. Сб.науч.тр. / НАМИ – 1993. – Вып.214. С. 73-85.
6. Александров, Е.Б. Сопоставление двух вариантов блокировки планетарных демультипликаторов многоступенчатых коробок передач по величинам усилий между звеньями и времени синхронизации при переключении диапазонов демультипликаторов./

Е.Б.Александров, А.П. Небялков, А.А.Трикоз // Сб.науч.тр. / НАМИ – 1999. – Вып.223. С. 96-107.

7. Небялков, А.П. Метод расчета бессухарного инерционного синхронизатора с кольцевым пружинным элементом / А.П. Небялков, А.А. Трикоз, А.Н. Блохин // «Журнал ААИ». Журнал ассоциации автомобильных инженеров. – 2011. - №2(67). – С. 22-25.