

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

## **МАТЕРИАЛЫ И ТИПОВЫЕ РЕЖИМЫ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«**Материалы в автомобилестроении**» для студентов  
направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-  
технологических машин и комплексов», образовательная  
программа «Автомобили и автомобильное хозяйство»,  
всех форм обучения

**Составители Д. В. Видин  
К. П. Петренко**

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 12 от 11.05.2016

Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 23.03.03

Протокол № 8 от 07.06.2016

Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2016

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель – изучение материалов, применяемых для изготовления основных деталей и механизмов трансмиссии, их упрочняющей термической обработки.

## 2. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ДЕТАЛИ ТРАНСМИССИИ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Трансмиссия автомобиля служит для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам и изменения величины и направления этого момента.

Конструкция трансмиссии автомобиля в значительной степени определяется числом ведущих его мостов. Наибольшее распространение получили автомобили с механическими трансмиссиями, имеющие два или три моста. Трансмиссия с одним ведущим задним мостом состоит из сцепления, коробки передач, карданной передачи и заднего ведущего моста, в который входят главная передача, дифференциал и полуоси.

Материалы для некоторых деталей трансмиссии и рекомендации по методам их упрочнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материалы некоторых основных деталей трансмиссии и рекомендации по методам их упрочнения

Основные детали	Материал	Метод упрочнения поверхности
Зубчатые передачи: первичный, вторичный и промежуточный валы коробки передач; ведомая и ведущая шестерни; шестерни дифференциала, главной передачи; блок шестерен промежуточного вала	20ХН3А, 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, 20Х2Н4А, 25ХНМ, 15ХГН2ТА, 20ХН2М, 20ХГНР, 25ХГНМТ	Цементация, закалка, н.о.
	55пш, 60пш	Закалка ТВЧ, закалка, н.о.

Основные детали	Материал	Метод упрочнения поверхности
Крестовины и оси сателлитов, оси шестерен и блоков шестерен	19ХГН, 20ХН3А, 18ХГТ, 25ХГМ, 15ХГН2ТА, 20Х	Цементация, закалка, н.о.
	30Х, 45, 40Х	Закалка ТВЧ, н.о. после нормализации или улучшения
Опорные поверхности корпусных деталей: чашка и крестовина дифференциала и др.	20ХН3А, 18ХГТ, 25ХГТ	Цементация, закалка, н.о.
Трубы кардана	20, 15, 08кп	Нормализация
Крестовина кардана	20Х, 15ХГНТА, 20ХГНТР, 12ХН3А	Цементация, закалка, н.о.
	55пп	Закалка ТВЧ, н.о. после нормализации
Вал кардана, вилка кардана	40, 45, 40Х	Закалка ТВЧ, н.о. после улучшения
Полуоси	35, 40, 40Г, 47ГТ, 45РП, 35Х2ГСМА, 38ХГС	Улучшение
Шестерни полуоси	20ХН2М, 18ХГТ, 20ХГНР, 19ХГН, 20ХН3А	Нитроцементация, закалка, н.о.

## 2.1. Коробка передач

Коробка передач предназначена для изменения сил тяги на ведущих колесах и скоростей движения автомобиля путем увеличения или уменьшения передаточного числа. Кроме того, коробка передач позволяет осуществить движение автомобиля задним ходом и разобщить коленчатый вал двигателя от ведущих колес на продолжительное время, необходимое при работе двигателя на стоянке или при движении накатом.

В ступенчатой коробке передач (рис. 1) имеются три вала: ведущий 3 (первичный), связанный через сцепление с коленчатым валом двигателя; ведомый 5 (вторичный), соединенный через карданную передачу и другие механизмы с ведущими колесами автомобиля. С ведущим валом как одно целое изготовлено ведущее зубчатое колесо, находящееся в постоянном зацеплении

с ведомым зубчатым колесом, жестко соединенным с промежуточным валом.

Переключение передач сопровождается ударами между зубьями зубчатых колес. Зубчатые передачи работают в условиях трения качения с проскальзыванием. Работа при циклических контактных напряжениях и граничной (иногда гидродинамической) смазке приводит к окислительному и усталостному изнашиванию, выкрашиванию, механическому износу, задирам.

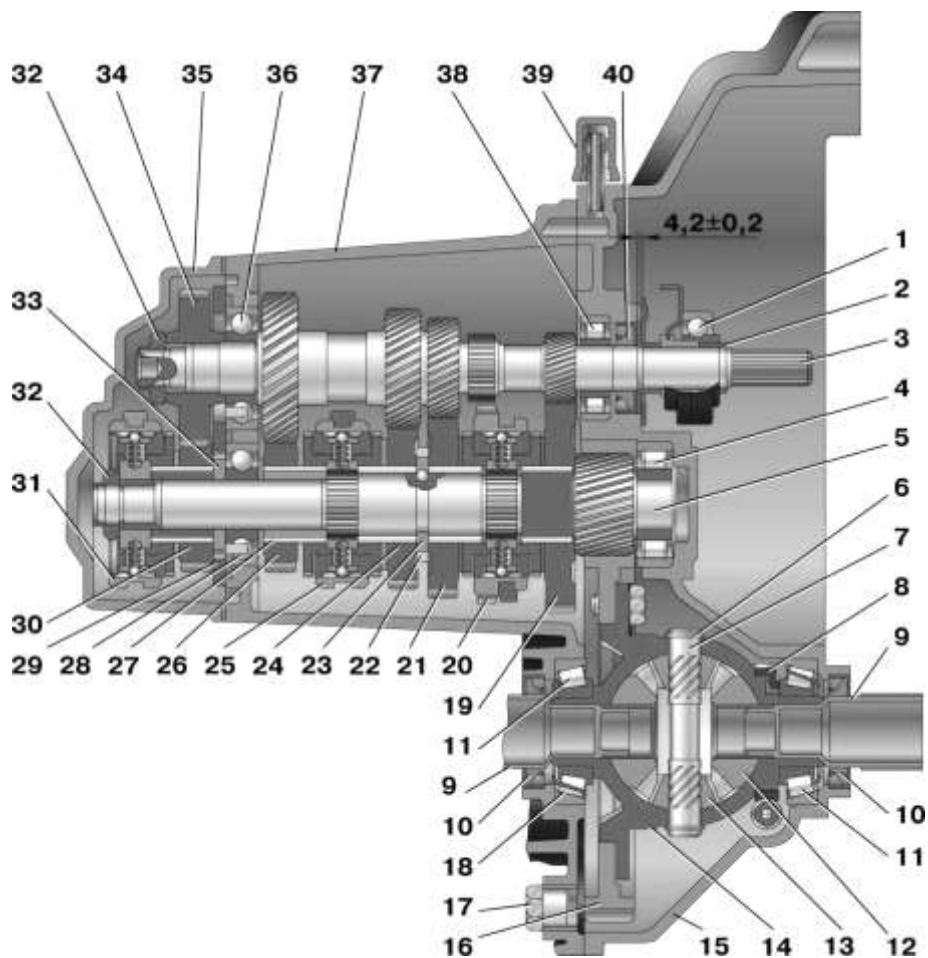


Рис. 1. Пятиступенчатая коробка передач автомобиля LADA:

1 – подшипник выключения сцепления; 2 – направляющая втулка; 3 – первичный вал; 4 – роликовый подшипник вторичного вала; 5 – вторичный вал; 6 – стопорное кольцо; 7 – ось сателлитов; 8 – ведущая шестерня привода спидометра; 9 – заглушка транспортная; 10 – сальник привода колеса; 11 – роликовый конический подшипник дифференциала; 12 – шестерня полуоси; 13 – сателлит; 14 – коробка дифференциала; 15 – картер сцепления; 16 – ведомая шестерня главной передачи; 17 – пробка сливного отверстия; 18 – регулировочное кольцо; 19 – ведомая шестерня I пере-

дачи вторичного вала; 20 – синхронизатор I и II передачи в сборе; 21 – ведомая шестерня II передачи вторичного вала; 22 – стопорное кольцо; 23 – упорное полукольцо; 24 – ведомая шестерня III передачи вторичного вала; 25 – синхронизатор III и IV передачи в сборе; 26 – ведомая шестерня IV передачи вторичного вала; 27 – игольчатый подшипник шестерен вторичного вала; 28 – шариковый подшипник вторичного вала; 29 – упорная пластина; 30 – ведомая шестерня V передачи вторичного вала; 31 – синхронизатор V передачи в сборе; 32 – гайка; 33 – упорная шайба; 34 – ведущая шестерня V передачи первичного вала; 35 – задняя крышка картера коробки передач; 36 – шариковый подшипник первичного вала; 37 – картер коробки передач; 38 – роликовый подшипник первичного вала; 39 – сапун; 40 – сальник первичного вала.

Исходя из условий эксплуатации, шестерни 19, 21, 24, 26, 30, 34, каретки синхронизатора 20, 25, 31, первичные 3 и вторичные 5 валы, а также блок шестерен промежуточного вала (для некоторых автомобилей) изготавливают из сложнолегированных цементуемых конструкционных сталей повышенной прочности и вязкости марок 20ХН3А, 18ХГТ, 15ХГН2ГА, 20ХН2М и др. (см. табл. 1). Их подвергают обычному газовому цианированию или цементации с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском. Для некоторых грузовых автомобилей применяют качественные углеродистые стали пониженной прокаливаемости 55пп и 60пп после закалки и низкого отпуска либо закалки ТВЧ для обеспечения поверхностной твердости на зубьях в пределах HRC 56-64 (точные значения чисел твердости зависят от марки стали и режима термической обработки).

Оси сателлитов, оси шестерен и блоков шестерен могут также подвергаться цианированию или цементации с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском применительно к сталям 25ХГМ, 15ХГН2ГА, 19ХГН и т.п. или закалке ТВЧ – стали 30Х, 45, 40Х. Предварительно поковки перечисленных выше стальных деталей подвергаются нормализации, а поковки вторичных валов проходят улучшение (табл. 1). По такой же технологии обрабатывают опорные поверхности корпусных деталей – чашек и крестовин дифференциала. Опорные поверхности кор-

пусных деталей изготовляют также из цементуемых сталей 20ХНЗА, 18ХГТ, 25ХГТ повышенной прочности и вязкости.

В последнее время на легковых, грузовых автомобилях и автобусах все более широкое применение находят гидромеханические коробки передач с планетарными механическими коробками передач. К их преимуществам относятся компактность конструкции, меньшие металлоемкость и шумность, больший срок службы. К недостаткам относятся сложность конструкции, высокая стоимость, низкий КПД.

Основным узлом гидромеханической коробки передач является гидротрансформатор (рис. 2), состоящий из трех колес с лопатками: насосного (ведущего), турбинного (ведомого) и реактора.

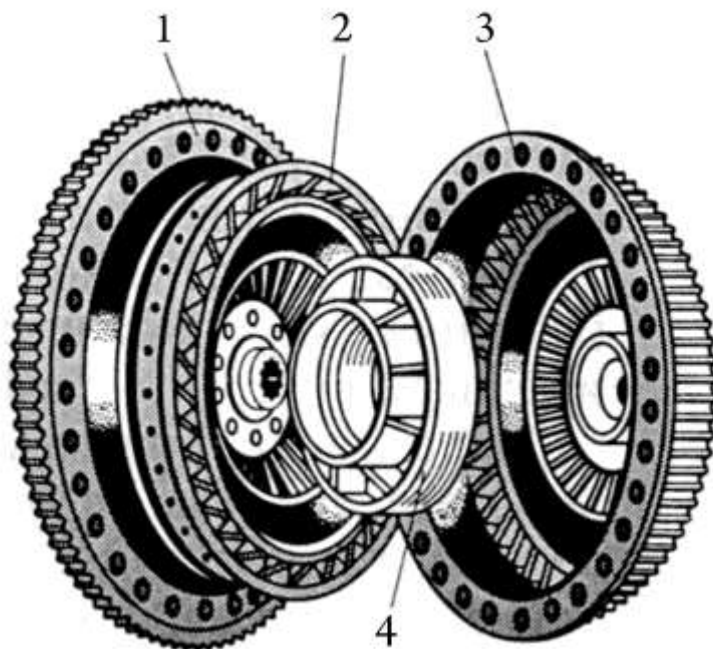


Рис. 2. Гидротрансформатор

Насосное колесо 3 закреплено на маховике 1 двигателя и образует корпус гидротрансформатора, внутри которого размещены турбинное колесо 2, соединенное с первичным валом коробки передач и реактор 4, установленный на роликовой муфте свободного хода. Внутренняя полость гидротрансформатора на три четверти заполнена специальным маслом малой вязкости. Гидротрансформатор автоматически устанавливает необходимое передаточное число между коленчатым валом двигателя и ведущими колесами автомобиля.

На рис. 3 представлена двухступенчатая гидромеханическая коробка передач легкового автомобиля. Она состоит из гидротрансформатора 1, механической планетарной коробки передач с многодисковым фрикционом 3 и двумя ленточными тормозными механизмами 2 и 4, а также гидравлической системы управления с кнопочным переключением передач. В двухступенчатой механической коробке передач имеются два одинаковых планетарных механизма 5 и 6.

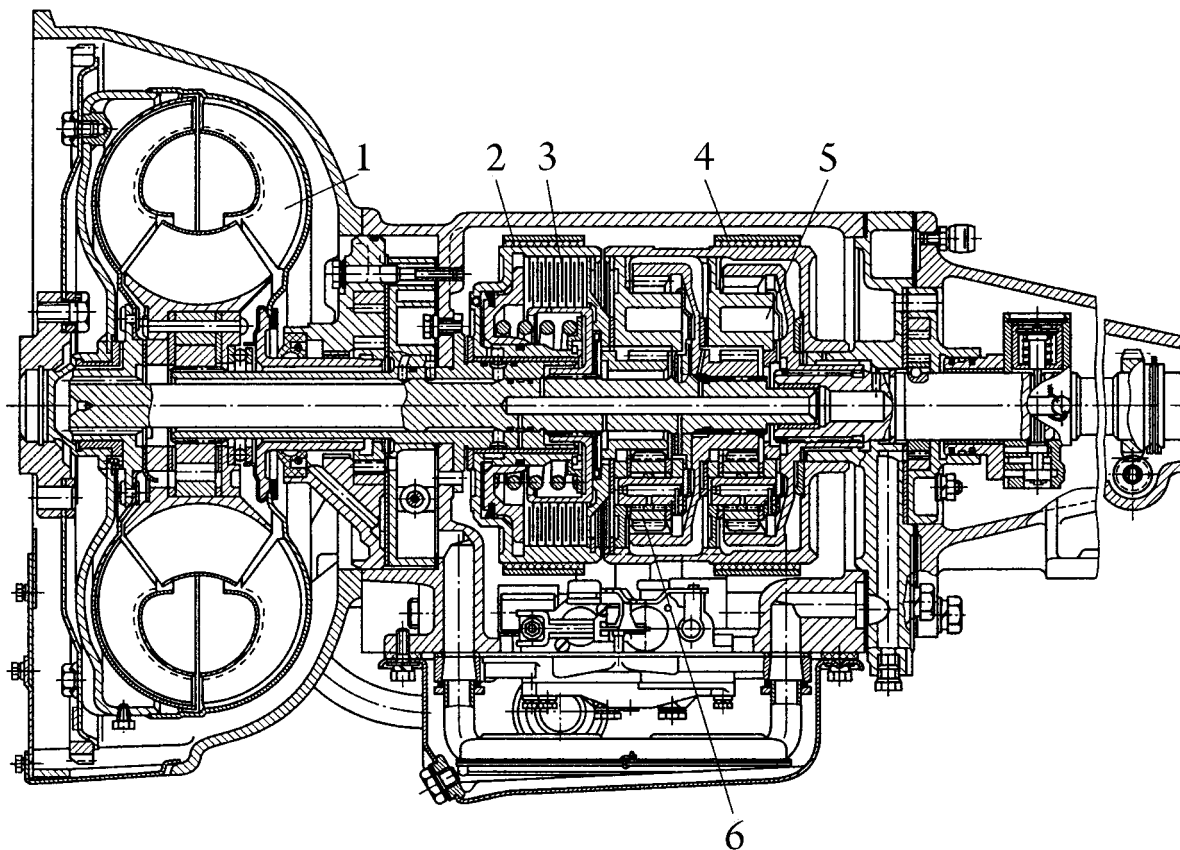


Рис. 3. Гидромеханическая коробка передач легкового автомобиля

## 2.2. Карданная передача

Карданная передача предназначена для передачи крутящего момента от одного механизма к другому, если оси их валов изменяют взаимное положение или не лежат на одной прямой. Карданная передача автомобиля чаще всего соединяет ведомый вал коробки передач или раздаточной коробки с ведущим валом главной передачи моста (рис. 4). Она должна обеспечивать необ-

ходимую равномерность вращения валов соединяемых агрегатов, отсутствие резонансов в диапазоне эксплуатационных скоростей, минимальные динамические нагрузки, высокий коэффициент полезного действия, обладать приемлемой долговечностью и надежностью. Карданная передача состоит из валов 1, 2, их опор 3 и карданных шарниров, включающих в себя крестовину кардана 4, подшипники качения и вилки кардана 5.

Преобладающими видами отказов этого узла в эксплуатации являются разрушения поверхностей шипов, износ торцов и поломка шипов крестовины, задиры и заедание компенсатора линейных перемещений карданной передачи, а также нарушение сбалансированности вала, приводящее к вибрациям с последующим разрушением подшипников коробки передач, мостов и промежуточных опор.

Шлицевые соединения карданных валов 6 испытывают возвратно-поступательные перемещения зоны контакта поверхности шлицев, периодический контакт шлицев, граничное трение при наличии в контакте абразивных частиц, поэтому подвергаются абразивному и окислительному износу, заеданию, фреттинг-коррозии (износ происходит при микроперемещениях контактирующих поверхностей из однородных материалов с большой частотой).

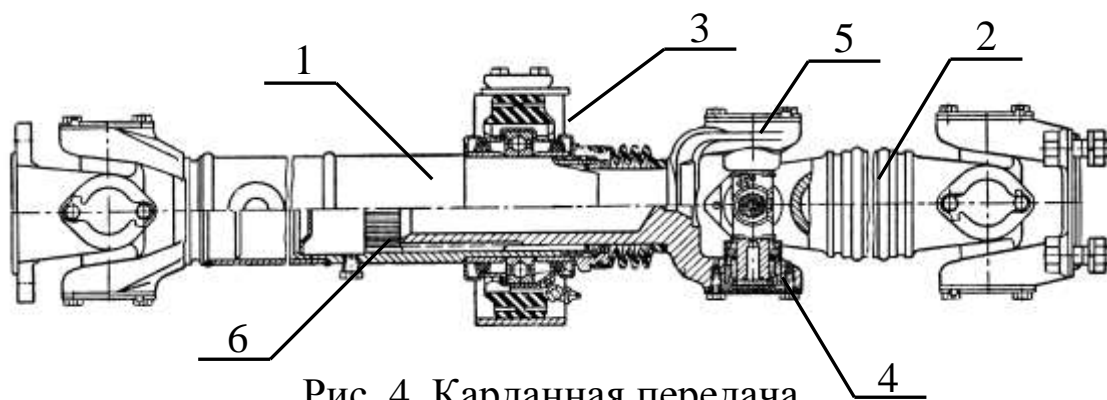


Рис. 4. Карданная передача

Трубы кардана не несут большой нагрузки, поэтому их изготавливают из нормализованных сталей марок 15, 20, 08кп, которые хорошо свариваются.

Крестовина кардана в сборе с подшипником испытывают возвратно-вращательные движения при качении с проскальзыванием. Работают при больших циклических контактных напряже-



ниях и в условиях граничной смазки при наличии в контакте абразивных частиц. В результате подвергаются усталостному, окислительному, абразивному изнашиванию и выкрашиванию. Их изготавливают из легированных цементуемых сталей марок 20Х, 15ХГНТА, 20ХГНТР, 12ХНЗА и подвергают поверхностному упрочнению, цементации с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском. Для грузовых автомобилей крестовины кардана изготавливают из стали пониженной прокаливаемости 55пп, поверхностное упрочнение которой обеспечивается закалкой и низким отпуском. Вал кардана и вилки кардана изготавливают из улучшаемых сталей марок 40, 45, 40Х, которые подвергают поверхностной закалке ТВЧ с низкотемпературным отпуском, предварительно поковки из них нормализуют, а из стали 40Х – улучшают.

### **2.3. Главная передача и полуоси**

Назначение главной передачи – увеличение крутящего момента и передача его на полуоси, расположенные под углом  $90^\circ$  к продольной оси автомобиля (рис. 5). Ее конструкция должна быть компактной, а работа плавной и бесшумной.

Зубчатые колеса ведущих мостов автомобилей 1, 2 выходят из строя вследствие усталостного разрушения, поломок, абразивного изнашивания и заедания. Поломки обусловлены повышенной концентрацией напряжений, значительными дополнительными динамическими нагрузками, высокими значениями остаточных растягивающих напряжений, вызванных погрешностями неудовлетворительной механической и термической обработки или сборки. Кроме того, поломка может произойти из-за попадания в зацепление зубьев посторонних предметов, разрушения подшипников качения или других деталей, вызывающих значительную перегрузку шестерен. Иногда поломка может быть вызвана сильным износом поверхности упрочненного слоя материала или отслаиванием его вследствие кромоного контакта. Применяемые в ведущих мостах шестерни с высокой твердостью рабочих поверхностей зубьев прирабатываются незначительно и ломаются при погрешностях изготовления и сборки.

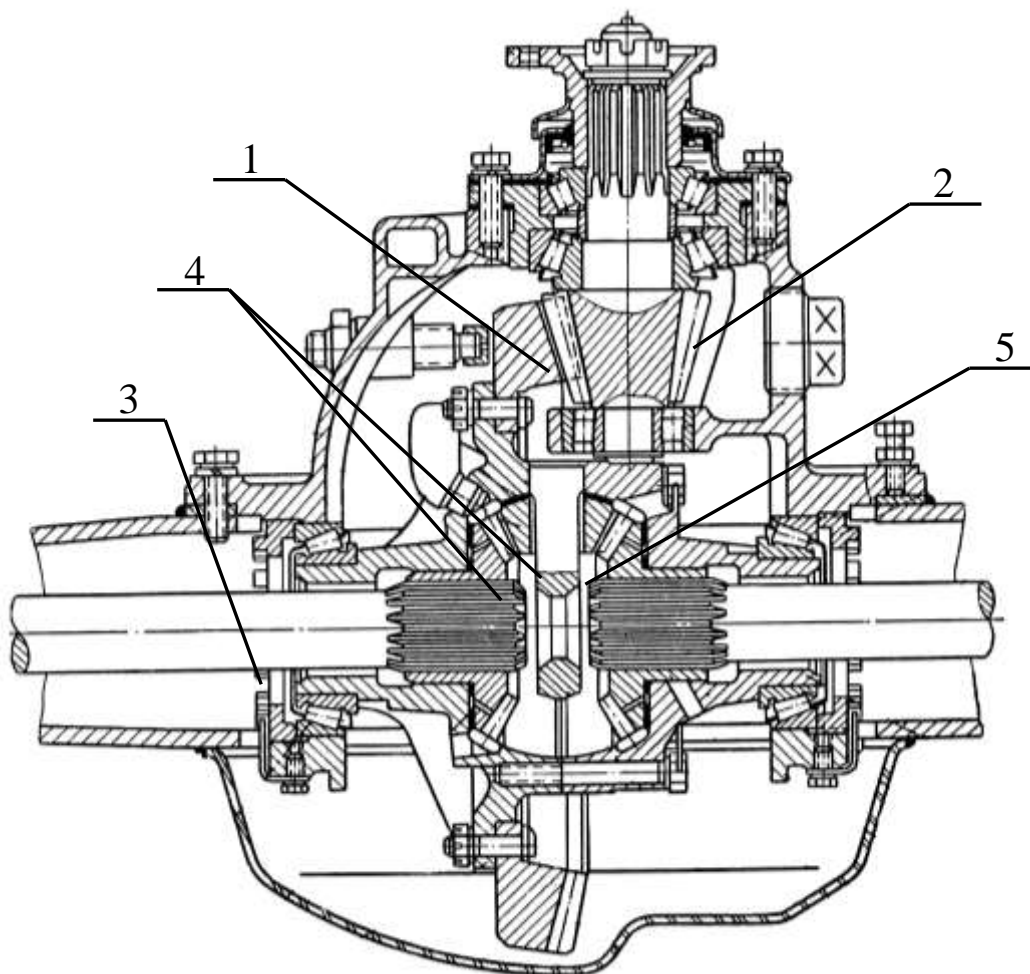


Рис. 5. Главная передача и дифференциал автомобиля ЗИЛ-4314

Полуоси 3 передают крутящий момент от дифференциала к ведущим колесам. Кроме того, к полуоси могут быть приложены изгибающие моменты от вертикальной реакции на действие силы тяжести, приходящейся на колесо, от касательной реакции и от боковой силы, возникающей при заносе, движении на повороте или по дороге с поперечным уклоном, а также под действием бокового ветра.

Шестерни главной передачи 1, 2, изготавливаемые из сталей марок 20ХН2М, 20ХГНР, 25ХГНМТ, обычно подвергаются газовой цементации (у автомобилей LADA – нитроцементации), закалке и низкотемпературному отпуску с обеспечением поверхностной твердости HRC 56-62 (точные значения зависят от марки стали). Шестерни дифференциала 4, изготавливаемые из сталей марок 18ХГТ, 25ХГТ, 20ХН3А, 20ХГНР, подвергаются также га-

зовому цианированию с последующей закалкой и низкотемпературному отпуску (табл. 1).

Для крестовин и осей сателлитов 5, если они изготовлены из малоуглеродистых сталей марок 19ХГН, 20Х, 20ХНЗА, 18ХГТ, 25ХГНМТ, применяется химико-термическая обработка (цементация) с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском. При изготовлении указанных деталей из среднеуглеродистых сталей марок 30Х, 45, 40Х применяется закалка ТВЧ; поковки всех перечисленных деталей проходят нормализацию.

Поковки полуосей всех марок автомобилей, изготавливаемые из сталей марок 35, 40, 40Г 35Х2ГСМА и др., подвергаются в качестве термической обработки улучшению; шлицы перед шлифованием их базовых поверхностей (сборочных баз) в большинстве случаев подвергаются закалке ТВЧ. Шестерни полуоси, изготавливаемые из сталей марок 18ХГТ, 19ХГН, 20ХН2М, 20ХГНР, 20ХНЗА, подвергаются нитроцементации с последующей закалкой и низкотемпературному отпуску (табл. 1).

### **3. ЗАДАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ РЕЖИМА УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ**

В соответствии с индивидуальным заданием, приведенным в табл. 1 приложения, используя справочную литературу, выполнить для конкретной детали трансмиссии следующую работу:

- Составить таблицу химического состава используемых материалов.
- Определить вид материала и способы его упрочнения.
- Исходя из требований к детали назначить режим упрочняющей термической обработки.
- Зарисовать типовой режим упрочняющей термообработки в виде графика в координатах «Т, °С – τ, мин». Пояснить его структурными превращениями.
- Указать основные свойства материалов ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ,  $\delta$ , KCV, HB (HRC)) до и после упрочняющей термообработки. Данные представить в виде таблицы (приложение, табл. 2).

- Дать характеристику технологических свойств материалов, представить их в виде таблицы (приложение, табл. 3).
- Провести анализ химического состава и упрочняющей термообработки на основные свойства детали трансмиссии.

#### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

Для названной детали трансмиссии сформулировать:

- Условия эксплуатации.
- Требования, предъявляемые к ней.
- Варианты достижения указанных свойств за счет:
  - а) выбора материала;
  - б) упрочняющей термообработки.

#### **5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Материаловедение: учебник для вузов / Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. – 4-е изд. – М.: Альянс, 2009. – 528 с.
2. Материаловедение: учебник для студентов вузов / под ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 648 с.
3. Мотовилин, Г. В. Автомобильные материалы: справочник / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1989. – 464 с.
4. Масино, М. А. Автомобильные материалы: справ. инженера-механика / М. А. Масино, В. Н. Алексеев, Г. В. Мотовилин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1979. – 288 с.
5. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – М. : Машиностроение, 2003. – 784 с.
6. Металлы и сплавы: справочник / под ред. Ю. П. Солнцева. – СПб.: АНО НПО «Профессионал»; АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
7. Машиностроительные стали: справочник / В. Н. Журавлев, О. И. Николаева. – М. : Машиностроение, 1992. – 391 с.

8. Справочник по конструкционным материалам / под ред. Б. Н. Арзамасова, Т. Н. Соловьевой. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 640 с.
9. Передерий, В. П. Устройство автомобиля: учебное пособие / В. П. Передерий. – М. : Форум: ИНФРА-М, 2005. – 288 с.
10. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов – 4-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
11. Автомобиль: Основы конструкции: учеб. для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / Н. Н. Вишняков [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 304 с.

Приложение

Таблица 1

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	Деталь	LADA		ЗИЛ – 4314		КамАЗ – 65117	
		Материал	Твердость	Материал	Твердость	Материал	Твердость
1	Первичный вал коробки передач	19ХГН	HRC 56-62 HB 320-340	25ХГМ	HRC 56-58 HRC 30-40	15ХГН2ТА	HRC 56-62 HB 320-340
2	Вторичный вал коробки передач	20ХГНМ	HRC 56-62 HB 320-340	25ХГМ	HRC 56-58 HRC 30-40	15ХГН2ТА	HRC 56-62 HB 320-340
3	Шестерни	19ХГН	HRC 56-62 HB 320-340	25ХГМ	HRC 56-58 HRC 30-40	15ХГН2ТА	HRC 56-62 HB 320-340
4	Трубы	Сталь 08кп	HB ≤ 131	Сталь 20	HB ≤ 156	Сталь 20	HB ≤ 156
5	Крестовины карданного шарнира	20Х	HRC 54-58 HB 156-196	18ХГТ	HRC 56-62 HB 240-300	55пп	HRC 58-60 HRC 22
6	Вилки, привариваемые к трубе	С40	HB ≤ 217	Сталь 35	HB 143-179	Сталь 45	HB 187-229
7	Шлицевые наконечники	40ХГНМ	HB 217-248	40Х	HB 212-248	–	–
8	Фланцы вилки	С40	HB ≤ 217	Сталь 35	HB 143-179	Сталь 45	HB 187-229
9	Конические шестерни главной передачи	19ХГНР	HRC 56-62 HB 321-340	30ХГТ	HB 262-311	25ХГНМТ	HRC 56-62 HB 255
10	Сателлиты	19ХГН	HRC 56-62 HB 321-340	25ХГТ, 25ХГМ	HRC 56-60 HRC 30-40	18ХГТ	HRC 56-62 HB 240-300
11	Крестовина или ось сателлитов	19ХГН	HRC 56-62 HB 321-340	18ХГТ	HRC 56-62 HB 240-300	18ХГТ	HRC 56-62 HB 240-300
12	Полуоси	Сталь 40	HB 167-207 HRC 56-58	45РП	HB 269-271 HRC 48-52	47ГТ	HB 269-271 HRC 52-56
13	Картер главной передачи	КЧ 45–7	HB 150-207	КЧ 35–10	HB 100-163	КЧ 35–10	HB 100-163

Продолжение табл. 1

№ вар.	Деталь	LADA		ЗИЛ – 4314		КамАЗ – 65117	
		Материал	Твердость	Материал	Твердость	Материал	Твердость
14	Картер заднего моста	Сталь 08кп	HB ≤ 131	17ГС	HB 143-179	17ГС	HB 143-179
15	Чашка дифференциала	ВЧ 50	HB 153-245	КЧ 35–10	HB 100-163	КЧ 35–10	HB 100-163

Таблица 2

Основные свойства

Материал	Твердость после предварительной т.о. (HB)	Свойства после упрочняющей термической обработки				
		Твердость, HRC (HB)	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	KCV, МДж/м <sup>2</sup>

- 14 -

Таблица 3

Технологические свойства

Материал	Обрабатываемость давлением	Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Шлифуемость	Прокаливаемость D <sub>50</sub> , мм

Составители

**Денис Владимирович Видин**  
**Константин Петрович Петренко**

**МАТЕРИАЛЫ И ТИПОВЫЕ РЕЖИМЫ ТЕРМООБРАБОТКИ  
ДЛЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«**Материалы в автомобилестроении**» для студентов  
направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация  
транспортно-технологических машин и комплексов»,  
образовательная программа «Автомобили и автомобильное хозяйство»,  
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.06.2016.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 0,8. Тираж 24 экз. Заказ \_\_\_\_\_.

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.