

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ И КУЗОВОВ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности
1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)»
очной формы обучения*



Могилев 2021

УДК 629.3.023.1
ББК 39.33-04
П79

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «19» января 2021 г., протокол № 6

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)» очной формы обучения.

Учебно-методическое издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ И КУЗОВОВ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение	4
1 Организация, содержание и оформление курсового проекта	5
2 Методические рекомендации	8
3 Пример расчета ходовой части	12
Список литературы	21
Приложение А. Типовые конструкции элементов ходовых систем	23
Приложение Б. Компоновка автомобиля	42

Введение

Основным элементом шасси любой самоходной машины является ходовая часть (система), конструкция которой существенно влияет на общую компоновку машины и определяет важнейшие эксплуатационные свойства: плавность хода, управляемость, устойчивость, проходимость и др.

Целью учебной дисциплины «Проектирование ходовых систем и кузовов» является формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков проектирования движителя, подвески и несущей системы самоходной машины, а также разработки ее общей компоновки.

В проектировании и производстве ходовых систем и в разработке общих компоновок самоходных машин накоплен большой опыт, который необходимо освоить студенту как будущему конструктору – создателю новой более совершенной техники. Поэтому при подготовке молодых специалистов по специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)» важная роль принадлежит данному курсовому проекту, где студент самостоятельно с помощью современных методов должен спроектировать все основные элементы ходовой части (подвеску, движитель, несущую систему) и разработать общую компоновку машины.

Цели проекта:

- 1) углубление и систематизация знаний по дисциплине «Проектирование ходовых систем и кузовов»;
- 2) развитие навыков самостоятельной работы;
- 3) оценка уровня подготовки студента.

При выполнении курсового проекта перед студентом стоят задачи:

- выбрать критерии для оценки ходовой части машины;
- проанализировать существующие конструкции ходовых систем;
- обосновать и выбрать схемные решения по теме проекта;
- провести функциональное и конструкторское проектирование ходовой части;
- разработать общую компоновку машины.

1 Организация, содержание и оформление курсового проекта

Данный курсовой проект выполняется на четвертом курсе в осеннем семестре. Индивидуальное задание для каждого студента, подписанное руководителем проекта, выдается в начале указанного семестра.

Тема проекта формулируется одинаково для всех студентов – «Разработка ходовой части и общей компоновки машины». Однако назначение и основные параметры проектируемой машины (полная масса, грузоподъемность и т. п.) у каждого студента оригинальные.

В соответствии с контрольными датами, отмеченными в задании, студент должен предъявлять указанные части проекта для контроля руководителю.

После завершения работы, не позднее установленных в задании сроков, проект подлежит публичной защите на кафедре «Транспортные и технологические машины». В процессе защиты проекта студент должен привести убедительные аргументы, подтверждающие обоснованность и преимущества принятых технических решений в разработанной конструкции и предлагаемых параметров, а также продемонстрировать накопленные знания и умение их использовать для решения конкретных инженерных задач.

Курсовой проект состоит из графической части и пояснительной записки, в которых должно быть отражено (раскрыто) содержание проектной работы в соответствии с индивидуальным заданием.

Графическая часть выполняется на трех листах формата А1 и является конструкторской документацией. Перечень графического материала указан в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание графической части проекта

Наименование чертежа	Объем, лист
1 Подвеска передняя (задняя). Сборочный чертеж	1
2 Рама (кузов). Сборочный чертеж	1
3 Общая компоновка машины	1

Первый лист графической части проекта представляет собой компоновочный чертеж передней или задней подвески разрабатываемой машины, а второй лист – чертеж ее несущей системы (рамы или кузова). На первом листе, кроме деталей подвески, должно быть изображено колесо, ступица и элементы несущей системы машины без полезной нагрузки [1–6], т. е. в снаряженном состоянии. На данных чертежах должны быть выполнены необходимые виды, сечения, разрезы и проставлены габаритные и присоединительные размеры с допусками. Примеры типовых конструкций приведены на рисунках А.1–А.41.

Над основной надписью (штампом) первого и второго листов располагаются технические требования на сборку, регулировку, контроль, окраску, испытания и приемку изображенного изделия.

Третий лист является чертежом общей компоновки машины, который необходимо выполнить в трех или четырех проекциях (виды сбоку, сверху,

спереди и при необходимости сзади). На всех видах должен быть изображен манекен водителя 50-процентной репрезентативности в рабочей позе, все основные органы управления, комбинация приборов, контуры двигателя, основные элементы шасси, топливный бак, запасное колесо, глушитель и аккумуляторная батарея [4]. Для легкового автомобиля необходимо изобразить манекен пассажира на заднем ряду сидений, а для автобуса надо показать планировку салона, т. е. расположение всех сидений. Должны быть указаны все необходимые компоновочные размеры с допускаемыми отклонениями, а также основные размеры машины: база, колея каждого моста, углы переднего и заднего свеса, длина, ширина, высота, продольный и поперечный радиусы проходимости, минимальный радиус поворота по оси следа переднего наружного колеса, дорожный просвет. Примеры выполнения чертежей общей компоновки автомобиля представлены на рисунках Б.1–Б.4.

В пояснительной записке приводятся материалы, полностью увязанные с графической частью, в соответствии с нижеследующими рекомендациями. Содержание пояснительной записки проекта отражено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание пояснительной записки проекта

Наименование раздела	Объем, лист
Титульный лист	1
Индивидуальное задание	1
Содержание	1
Введение	1
1 Подвеска	
1.1 Система показателей качества	1
1.2 Обзор и анализ существующих конструкций	3–4
1.3 Предварительный выбор основных параметров подвески	2–3
1.4 Оптимизация основных параметров подвески	3–4
1.5 Расчет направляющего аппарата подвески	1–2
1.6 Расчет упругих элементов подвески	1–2
1.7 Расчет амортизатора	2–3
2 Шина, диск, ступица	1–2
3 Балка моста, поворотный кулак, шкворень (шаровые опоры)	2–3
4 Несущая система машины	2–3
5 Общая компоновка машины	2–3
Заключение	1
Список источников	1

Оформлять проект необходимо в соответствии с нормами ЕСКД [1, 2].

В основной надписи (штампе) каждого листа проекта проставляется код изделия по правилам, принятым в автомобильной и тракторной промышленности. Этот код включает следующие символы:

- аббревиатура фирмы-разработчика машины (БРУ);
- код типа и модели машины;
- двузначное цифровое обозначение системы машины (10–15 – механизмы и системы двигателя; 16 – сцепление; 17 – коробка передач; 18 – раздаточная коробка; 22 – карданная передача; 24 – главная передача; 29 – подвеска;

31 – колеса; 34 – система поворота; 35 – тормозная система; 37 – электрооборудование; 50 – рама или кузов и т. д.);

– двузначное цифровое обозначение подсистемы (сборочной единицы) в данном механизме (системе), например, 1002 – блок цилиндров двигателя в сборе; 1003 – головка блока цилиндров двигателя в сборе; 1004 – поршень в сборе; 1005 – коленчатый вал в сборе; 1106 – топливный насос в сборе; 1109 – воздушный фильтр в сборе; 1201 – глушитель в сборе; 1307 – водяной насос в сборе; 1601 – ведомый диск сцепления в сборе; 1602 – трос привода сцепления в сборе; 1701 – вал ведущий в сборе коробки передач и т. д.;

– трехзначное цифровое обозначение детали в данной системе [7].

Например, на чертеже пружины передней подвески автомобиля ВАЗ-2110 проставляется код ВАЗ-2110-2902712. Аналогично: ...-1701171 – сухарь синхронизатора коробки передач; ...-1702024 – вилка включения первой/второй передачи механизма переключения передач.

На сборочных чертежах механизма (системы) или его сборочной единицы вместо номеров детали проставляют три нуля.

Основная надпись (штамп) чертежа общей компоновки машины имеет высоту 40 мм и в обозначении проставляется семь нулей, например ВАЗ-2101-0000000.

2 Методические рекомендации

Во введении пояснительной записки обосновывается актуальность данной проектной работы в соответствии с индивидуальным заданием, т. е. здесь следует убедительно показать необходимость проектирования машины данного типа и класса, а также важность разработки хорошей ходовой части и общей компоновки машины.

В подразделе 1.1 пояснительной записки приводится список из 4–5 наименований выбранных показателей качества для оценки подвески машины [8–25]. Выбранные показатели должны давать возможность оценить плавность хода машины, ее устойчивость, материалоемкость и др. Для сравнительной оценки машин различных классов лучше выбирать удельные показатели, т. е. такие, которые оценивают те или иные качества, отнесенные к характерному параметру (массе, базе, длине и т. п.). Например, удельная масса подвески... .

В данном подразделе необходимо обосновать, дать обозначение и единицы измерения каждого выбранного показателя с учетом нормативных документов и современных тенденций развития мирового автотракторостроения и назначить количественные значения показателей качества. Тогда они становятся критериями для оценки машин. Численные значения необходимо задавать в виде интервалов или неравенств.

В подразделе 1.2 следует привести схемы подвесок с описанием принципа их действия и анализом достоинств и недостатков на основе принятой системы показателей качества. В конце этого подраздела необходимо привести таблицу экспертных оценок рассматриваемых схем по принятым критериям. Наибольший балл дается машине, в полной мере отвечающей данному критерию.

В подразделе 1.3 приводится классический предварительный расчет основных параметров подвески [26, 27]. Здесь надо выбрать резонансные частоты колебаний поддрессоренной массы машины в снаряженном состоянии и при полной нагрузке, коэффициенты сопротивлений амортизаторов, коэффициенты жесткости основных и дополнительных упругих элементов, хода подвески.

В подразделе 1.4 пояснительной записки представляется динамическая и математическая модели ходовой части машины для уточнения (оптимизации) предварительно выбранных основных параметров. Необходимо дать расшифровку всех обозначений в модели, параметры микропрофиля, скорость движения, при которых проводились исследования. Приводятся графические зависимости полученных результатов, т. е. показателей качества (ускорений и перемещений), от факторов варьирования (коэффициентов жесткости и сопротивлений, ходов подвески, неподрессоренных масс и т. д.) и указываются выбранные оптимальные значения. В этом подразделе также необходимо изобразить:

- 1) упругую характеристику разрабатываемой подвески;
- 2) зависимость угла крена поддрессоренной массы машины от величины боковой силы;
- 3) кривые интенсивности колебаний поддрессоренной массы над передним и задним мостом с учетом как вертикальных, так и угловых колебаний при ам-

плитуде гармонических воздействий для дорожных машин 50 мм, а для внедорожных 100 мм [26, 27].

На кривых интенсивности колебаний указываются полные хода подвесок и критические скорости.

В подразделе 1.5 пояснительной записки необходимо представить кинематическую схему направляющего аппарата разрабатываемой подвески и следующие графики:

- 1) изменение колеи ΔB от вертикального перемещения колеса z_H ;
- 2) изменение базы машины $\Delta L = f(z_H)$;
- 3) изменение угла наклона плоскости вращения колеса $\Delta \gamma_k = f(z_H)$;
- 4) расстояние от центра масс машины до центра крена $h = f(\gamma)$, где γ – угол крена подрессоренной массы машины [27].

Также в этом подразделе необходимо определить силы, действующие в направляющем аппарате проектируемой подвески, произвести расчет прочности и жесткости всех элементов направляющего аппарата подвески и выбрать их расположение, размеры и конфигурацию [21–23].

В подразделе 1.6, используя результаты функционального проектирования, определяют все необходимые конструктивные параметры принятых упругих элементов (пружин, рессор, торсионов, стабилизатора поперечной устойчивости, буферов сжатия и отбоя, резинометаллических шарниров и т. д.). Приводится характеристика основного упругого элемента подвески.

В подразделе 1.7 следует изобразить характеристику и схему принятого амортизатора, выполнить его тепловой расчет [26], определить параметры: диаметры корпуса, штока, поршня, дросселей сжатия и отбоя, ход штока.

Во втором разделе производится описание выбранных шин в соответствии с нагрузками R_z на колеса машины и ее назначения по ГОСТ 4757 для легковых автомобилей и ГОСТ 5513 для остальных типов машин [24]. При этом необходимо учитывать результаты функционального проектирования, т. е. полученные в подразделе 1.4 величины коэффициентов радиальной жесткости шин, которые обеспечиваются конструкцией шин (диагональная или радиальная) и внутренним давлением p . При назначении давления необходимо учитывать нормальную статическую нагрузку на шину [26, 27].

После выбора шин необходимо определить их радиальную статическую деформацию, которая не должна превышать 15 % от высоты профиля шины $B_{ш}$ при действии номинальной радиальной нагрузки R_z [26, 27].

Здесь также необходимо обосновать выбор рисунка протектора, дать его схему с указанием важнейших параметров. Следует также привести тип и обозначение обода и диска колеса. Обосновать способ его крепления.

Далее приводится расчет нагруженности подшипников ступицы колеса, выбор подшипников и оценка их долговечности (ресурса) по методике РД 37.001.010 «Выбор и расчет подшипников качения автомобиля» [27].

В третьем разделе пояснительной записки отражаются результаты расчета балки переднего или заднего моста, поворотного кулака и шкворня или шаро-

вых опор (изгибающие и скручивающие моменты с эпюрами) для основных режимов движения:

- 1) при максимальной силе тяги (для заднего моста);
- 2) при максимальной тормозной силе (для переднего моста);
- 3) при заносе машины;
- 4) при переезде единичной неровности с зависанием колеса моста.

После обоснованного выбора материалов и геометрии балки моста, поворотного кулака и шкворня или шаровых опор приводится расчет напряжений, сравнение их с допускаемыми с целью обеспечения равнопрочной и жесткой конструкции при минимальной массе [26].

В начале четвертого раздела необходимо представить динамическую модель несущей системы (рамы или кузова) с принятыми параметрами (длина, ширина и высота всех элементов и их поперечных сечений). Модель должна позволять провести анализ изгибной и крутильной жесткости и прочности. Далее проводится расчет напряжений и деформаций элементов несущей системы с целью достижения равнопрочной конструкции при минимизации ее массы. Эту работу рекомендуется проводить на ЭВМ с помощью какого-либо программного комплекса, например *SolidWorks*.

В разделе 5 пояснительной записки приводится описание общей компоновки разрабатываемой машины.

Начинают разработку общей компоновки с планировки салона (кабины) на профильном (основном) и горизонтальном видах чертежа. Сначала выбирается горизонтальная базовая линия на профильном виде, т. е. линия, от которой производятся построения и задаются вертикальные размеры. Рекомендуется для этой цели выбирать линию пола салона (кабины). Затем необходимо расположить на компоновочном чертеже манекен водителя 90-процентной репрезентативности в рабочей позе с соблюдением эргономических требований [4, 17]. При этом регулируемое сиденье водителя должно находиться в крайнем заднем положении. После этого размещаются основные органы управления (педали, рулевое колесо, рычаг переключения передач, панель приборов) и наносятся линии переднего щита и потолка. При этом необходимо учитывать толщину ковриков пола и обивки потолка. Затем на регулируемое сиденье в его крайнем переднем положении «усаживается» манекен 10-процентной репрезентативности. Если все эргономические требования соблюдаются, то планировка рабочего места водителя на этом заканчивается. На компоновочном чертеже отражается манекен 50-процентной репрезентативности в среднем положении сиденья.

Линия переднего щита, как правило, является базовой вертикальной линией, от которой задаются горизонтальные размеры. Одной из базовых линий может являться продольная ось машины.

При количестве рядов сидений более одного (легковые, грузопассажирские, специальные машины) производится размещение манекена пассажира на заднем сиденье и на чертеже наносится линия задней стенки салона (кабины). Затем на компоновочный чертеж наносятся передние колеса и их подвески. На горизонтальном виде показывается левое колесо в трех положениях: в среднем (прямолинейное движение), максимально повернутое вправо и максимально

повернутое влево. Крайние положения колес должны обеспечивать минимальный радиус поворота машины [4, 17, 18]. Затем наносятся контуры брызговиков и передних крыльев кузова (кабины). Эти контуры определяют размеры моторного отсека, поэтому наносятся на профильном, горизонтальном и фронтальном видах. После этого на чертеже определяется положение задних колес с изображением контуров их подвесок и арок. Затем, в соответствии с принятой компоновочной схемой, наносится осевая линия коленчатого вала и контуры двигателя, выбирается положение радиатора и аккумуляторной батареи. Далее наносятся контуры картера сцепления, коробки передач, раздаточной коробки и ведущего моста. Контуры указанных механизмов принимаются по результатам анализа подобных конструкций. При этом необходимо стремиться к минимизации моторного отсека, тоннеля в салоне и других технологических объемов.

При разработке общей компоновки необходимо обеспечить достаточный дорожный просвет, углы переднего и заднего свеса, радиусы продольной и поперечной проходимости, габаритные размеры машины, а также другие параметры, обеспечивающие удовлетворительную проходимость, управляемость, устойчивость и плавность хода.

В конце компоновки на чертеже наносится осевая линия карданной передачи, ее контуры и определяется положение топливного бака, запасного колеса и аккумуляторной батареи.

В разделе «Заключение» пояснительной записки приводится краткий конкретный, т. е. с числами, анализ достигнутых результатов проекта и их сравнение с лучшими образцами мирового автотракторостроения. Подводятся итоги выполненной проектно-конструкторской работы.

3 Пример расчета ходовой части

Цель – разработка передней подвески трактора класса 5 т.

1 Основные параметры (Техническое задание).

1.1 Номинальное тяговое усилие $F_x = 50$ кН.

1.2 Колесная формула – 4×4 .

1.3 Конструкционная масса.

Исходя из соотношения $F_x = \varphi m g$, при коэффициенте сцепления на стерне нормальной влажности $\varphi = 0,5$, имеем снаряженную массу $m = 10$ т.

1.4 Развесовка по мостам – 50 / 50 %.

1.5 Дорожный просвет – не менее 450 мм.

1.6 Давление на опорную поверхность – не более 0,08 МПа.

1.7 Максимальная скорость – не менее 50 км/ч.

1.8 Минимальная скорость – не более 3 км/ч.

1.9 Тип подвески – независимая.

1.10 Тип несущей системы – хребтовая рама.

2 Функциональное проектирование системы поддресоривания.

2.1 Исходя из максимальной скорости и нагрузки выбираем шины размерностью 370...580 (14,00...20).

2.1.1 Рисунок протектора – ПП (вездеходный).

2.1.2 Статический радиус $r_k = 0,55$ м.

2.1.3 Диаметр $D_{ш} = 1200$ мм.

2.1.4 Максимальная скорость $v_{max} = 50$ км/ч.

2.1.5 Давление в шине: при $p_{ш} = 0,2$ МПа ($F_{ш}^{max} = 25$ кН).

2.2 Подвеска.

2.2.1 Принимаем схему подвески колеса Макферсон (рисунок 3.1).

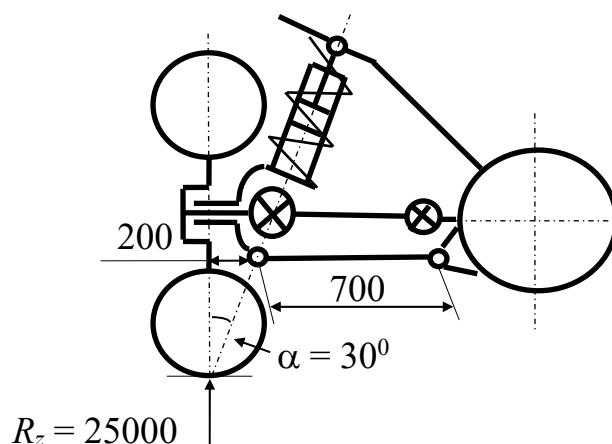


Рисунок 3.1 – Схема подвески Макферсон

2.2.2 Резонансная круговая частота вертикальных колебаний поддресоренной массы $\omega_z = 2\pi = 6$ рад/с.

2.2.3 Относительный коэффициент демпфирования вертикальных колебаний $\psi_z = 0,4$.

2.2.4 Коэффициент демпфирования $p_z = \omega_z \psi_z = 2,5$ рад/с.

2.2.5 Средний коэффициент сопротивления подвески колеса

$$\mu_{ср.i} = 2 p_z m_i = 2 \cdot 2,5 \cdot 2500 = 12560 \text{ Н}\cdot\text{с/м},$$

где m_i – масса, приходящаяся на i -е колесо.

2.2.6 Коэффициент жесткости подвески

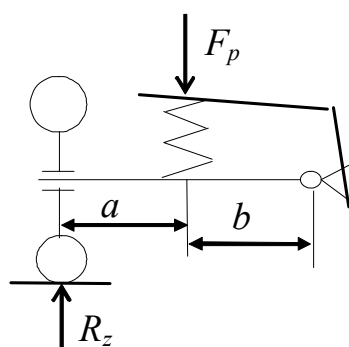
$$c_i = [\omega_z^2 + (\Sigma \mu_{ср.i} / 2m)^2] m_i = \{4\pi^2 + [4 \cdot 12560 / (2 \cdot 10000)]^2\} 2500 = 103 \text{ кН/м}.$$

2.2.7 Статический прогиб подвески $Z_{ст.i} = g / \omega_z^2 = 9,8 / (2\pi)^2 = 0,248$ м.

2.2.8 Динамический ход подвески колеса $Z_{д.i} = 0,15$ м.

2.2.9 Ход буфера сжатия $Z_{доп.i} = 0,2$ $Z_{д.i} = 0,03$ м.

2.2.10 Передаточное число направляющего аппарата подвески



$$u = \frac{(a+b)}{b \cos \alpha},$$

где a – внешнее плечо рычага по отношению к месту установки упругого элемента или амортизатора (рисунок 3.2);

b – внутреннее плечо рычага;

Рисунок 3.2 – Схема однорычажной подвески

α – угол наклона упругого элемента или амортизатора к вертикали.

Для подвески «Качающаяся свеча» имеем $u = 1$.

2.2.11 Коэффициенты сопротивлений амортизатора.

Средний коэффициент сопротивления амортизатора

$$k_{ср.i} = \mu_{ср.i} u^2 = 6280 \cdot 1^2 = 6280 \text{ Н}\cdot\text{с/м}.$$

С учетом соотношений для коэффициентов сопротивлений амортизатора при сжатии $k_{сж}$ и при отбое $k_{от}$

$$k_{ср.i} = 0,5 (k_{сж} + k_{от});$$

$$k_{от} = 5 k_{сж}$$

имеем следующие значения:

$$k_{сж} = k_{ср.i} / 3 = 2093 \text{ Н}\cdot\text{с/м};$$

$$k_{от} = 5 k_{сж} = 10467 \text{ Н}\cdot\text{с/м}.$$

2.2.12 Коэффициент жесткости основного упругого элемента

$$c_{p,i} = c_i u^2 = 103000 \cdot 1^2 = 103 \text{ кН/м.}$$

2.2.13 Полные хода амортизатора и колеса

$$f_{\text{ам}}^{\text{max}} = Z_{\text{к}}^{\text{max}} = (Z_{\text{ст.}i} + Z_{\text{д.}i} - Z_{\text{пр}}) / u = (0,248 + 0,15 - 0,1) / 1 = 0,3 \text{ м,}$$

где $Z_{\text{пр}}$ – предварительное сжатие основного упругого элемента.

2.2.14 Полный ход основного упругого элемента

$$f_{\text{р}}^{\text{max}} = (Z_{\text{ст.}i} + Z_{\text{д.}i}) / u = (0,248 + 0,15) / 1 = 0,4 \text{ м.}$$

2.3 Конструкторское проектирование системы поддрессоривания.

2.3.1 Выбор геометрии направляющего аппарата.

Длину рычага выбираем исходя из габаритной ширины машины:

$$l_{\text{р}} = (Ш - D_{\text{гп}} - B_{\text{ш}}) / 2 = (2100 - 330 - 370) / 2 = 700 \text{ мм,}$$

где $Ш$ – ширина машины по наружным краям шин;

$D_{\text{гп}}$ – ширина картера главной передачи;

$B_{\text{ш}}$ – ширина шины.

Принимая длину телескопической стойки в сжатом состоянии 550 мм, а ось рычага в этом положении горизонтальной и произведя масштабные геометрические построения, получим зависимости изменения колеи ΔB и угла наклона колеса $\Delta \gamma$ от хода колеса $Z_{\text{к}}$ (рисунок 3.3).

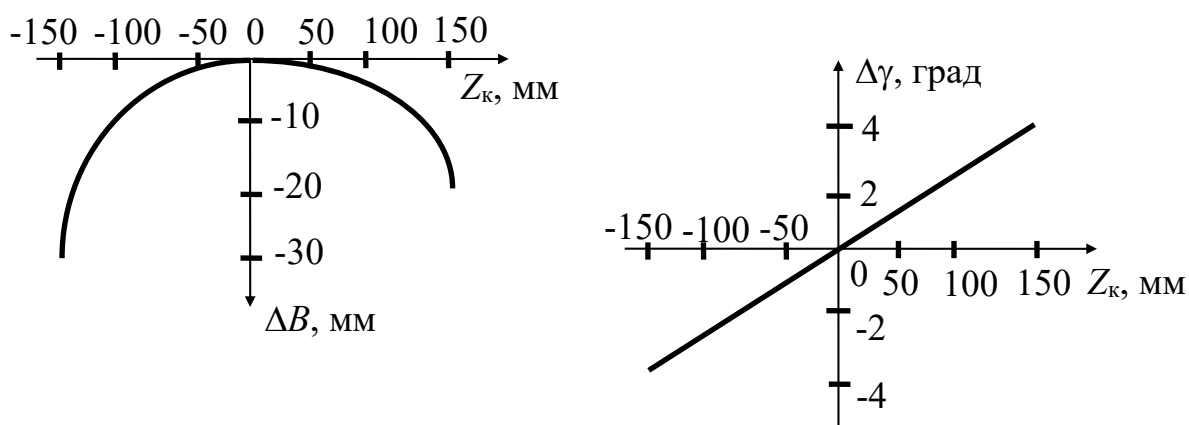


Рисунок 3.3 – Графики кинематики подвески

Ограничениями являются $[\Delta B] = B_{\text{ш}} / 2 = 185 \text{ мм}$; $[\Delta \gamma] = \pm 7^\circ$.

Силы, действующие на элементы направляющего аппарата при полном ходе подвески, определим с помощью динамической модели (рисунок 3.4).

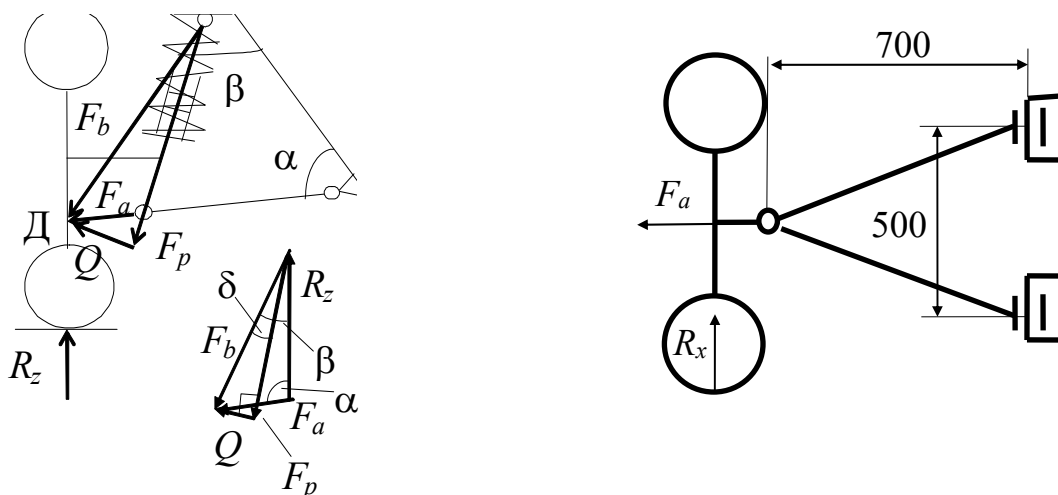


Рисунок 3.4 – Схема сил в направляющем аппарате подвески

Сила, растягивающая рычаг,

$$F_a = R_z \frac{\sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)} = 40000 \frac{\sin 40}{\sin(180 - 110 - 40)} = 51,2 \text{ кН.}$$

Сила в шарнире упругого элемента

$$\begin{aligned} F_b &= \sqrt{R_z^2 + F_a^2 - 2R_z F_a \cos \alpha} = \\ &= \sqrt{40^2 + 51,2^2 - 2 \cdot 40 \cdot 51,2 \cdot \cos 110} = 53,2 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Сила пружины

$$F_p = F_b \cos \delta = 53,2 \cos(30^\circ) = 45,5 \text{ кН.}$$

Боковая сила в стойке

$$Q = F_b \sin \delta = 53,2 \sin(30^\circ) = 26,6 \text{ кН.}$$

Для минимизации боковой силы Q , которая приводит к износу амортизатора, необходимо, чтобы ось пружины проходила через точку Д, т. е. точку пересечения оси рычага и линии нормальной реакции опорной поверхности R_z . Значит, ось пружины должна быть наклонена к оси амортизатора внутрь машины на 10° .

Для обеспечения жесткости принимается конструктивная схема рычага подвески колеса в горизонтальной плоскости в виде треугольника из труб.

При предварительном выборе параметров рычага с помощью методов сопромата учитывается, что он работает на растяжение от силы F_a и изгиб от продольной реакции опорной поверхности $R_x = \varphi R_z = 25000$ Н. В этом случае минимальный диаметр трубы определяется из выражений

$$\sigma_{сж} = \frac{F_a}{A_p} = \frac{F_a}{\pi (d_H^2 - d_{вн}^2) / 4} \leq [\sigma];$$

$$\sigma_{из} = \frac{l_p R_z}{W_{тр}} = \frac{l_p R_z}{0,1 d_H^3 (1 - d_{вн}^4 / d_H^4)}.$$

Окончательный выбор геометрических параметров рычага производится на основе анализа с помощью метода конечных элементов.

С использованием программного комплекса определены параметры рычага:

- 1) наружный диаметр труб $d_H = 60$ мм;
- 2) толщина стенки трубы $\delta = 20$ мм;
- 3) материал – сталь 20: Труба $\frac{60 - 20 - 740 \text{ ГОСТ8734} - 75^*}{В20 \text{ ГОСТ8733} - 74^*}$.

2.3.2 Амортизатор.

Конструктивная схема – однотрубный.

На основе теплового расчета амортизатора определяем его минимально допустимый наружный диаметр.

Максимальная тепловая мощность, выделяемая в амортизаторе,

$$N_B = k_{ср.i} v_k^2 = 6280 \cdot 0,3^2 = 565 \text{ Вт},$$

где v_k – скорость штока амортизатора, при которой открываются разгрузочные клапаны, $v_k = 0,2 \dots 0,4$ м/с.

Тепловая мощность, рассеиваемая амортизатором,

$$N_p = N_B = k_t \Delta t A_{ам},$$

где k_t – коэффициент теплопередачи ($k_t = 10 \text{ к в} = 10 \cdot 1 \cdot 10 = 100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{град}}$),

где k – коэффициент типа амортизатора: $k = 1$ для однотрубного и $k = 0,8$ для двухтрубного; v – средняя эксплуатационная скорость машины, $v = 10$ м/с);

Δt – разность температур между максимально допустимой в амортизаторе и атмосферы, $\Delta t = t_{\max} - t_{ам} = 120 - 40 = 80^\circ$;

$A_{ам}$ – площадь наружных поверхностей амортизатора ($A_{ам} = \pi D f_{ам}^{\max}$, где D – наружный диаметр амортизатора; $f_{ам}^{\max}$ – ход штока).

Минимальный наружный диаметр амортизатора

$$D = \frac{k_{cp,i} v_k^2}{\pi k_t \Delta t f_{ам}^{max}} = \frac{6280 \cdot 0,3^2}{3,14 \cdot 100 \cdot 80 \cdot 0,33} = 0,068 \text{ м.}$$

Минимальная толщина стенки амортизатора

$$\delta_{min} = p_{max} D / [\sigma] = 5 \cdot 0,068 / 200 = 0,0017 \text{ м.}$$

С учетом необходимости нарезания резьбы на концах, действия боковых нагрузок и обеспечения необходимой жесткости принимается $\delta = 4$ мм.

Корпус амортизатора: Труба $\frac{68 - 4 - 400 \text{ ГОСТ } 8734}{В 40X \text{ ГОСТ } 8733}$.

Номинальный диаметр поршня амортизатора

$$d_{п} = D - 2\delta = 68 - 2 \cdot 4 = 60 \text{ мм.}$$

Номинальный диаметр штока амортизатора

$$d_{ш} = (0,4...0,5) d_{п} = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ мм.}$$

Шток амортизатора: Труба $\frac{30 - 4 - 500 \text{ ГОСТ } 8734}{В 40X \text{ ГОСТ } 8733}$.

Разность давлений между штоковой и поршневой полостями амортизатора при его сжатии в момент открытия разгрузочного клапана

$$\Delta p_{сж} = \frac{k_{сж} v_k}{A_{п} - A_{ш}} = \frac{2093 \cdot 0,3}{3,14(0,06^2 - 0,03^2)/4} = 0,3 \text{ МПа.}$$

Суммарная площадь дросселей сжатия амортизатора

$$A_{д.сж} = \frac{(A_{п} - A_{ш}) v_k}{\mu} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p_{сж}}} = \frac{3,14(0,06^2 - 0,03^2) 0,3}{4 \cdot 0,67} \sqrt{\frac{860}{2 \cdot 0,3 \cdot 10^6}} = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$$

где μ – коэффициент расхода жидкости через местное сопротивление (дроссели отбоя), $\mu = 0,67$;

ρ – плотность рабочей жидкости.

Разность давлений между штоковой и поршневой полостями амортизатора при его отбое в момент открытия разгрузочного клапана

$$\Delta p_{от} = \frac{k_{от} v_k}{A_{ш}} = \frac{10467 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 0,03^2 / 4} = 4,5 \text{ МПа.}$$

Суммарная площадь дросселей отбоя амортизатора

$$A_{д.от} = \frac{A_{ш} v_k}{\mu} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p_{от}}} = \frac{3,14 \cdot 0,03^2 \cdot 0,3}{4 \cdot 0,67} \sqrt{\frac{860}{2 \cdot 4,5 \cdot 10^6}} = 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

При количестве дросселей отбоя $n_{от} = 1$ диаметр дросселя отбоя

$$d_{от} = \sqrt{\frac{4A_{д.от}}{\pi n_{от}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000031}{3,14 \cdot 1}} = 0,002 \text{ м.}$$

Используя дроссель отбоя также и при ходе сжатия, площадь дополнительных дросселей сжатия

$$A_{доп.сж} = A_{д.сж} - A_{д.от} = 0,0000359 - 0,0000032 = 0,0000327 \text{ м}^2.$$

При количестве дополнительных дросселей сжатия $n_{сж} = 2$ диаметр одного дополнительного дросселя сжатия

$$d_{сж} = \sqrt{\frac{4A_{доп.сж}}{\pi n_{сж}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000327}{3,14 \cdot 2}} = 0,0046 \text{ м.}$$

При принятом количестве разгрузочных дросселей клапана сжатия и отбоя $n_{р.сж} = n_{р.от} = 2$ и диаметрах $d_{р.сж} = 3$ мм площадь разгрузочных клапанов сжатия и отбоя

$$A_{р.от} = A_{р.сж} = n_{р.от} \pi d_{р.от}^2 / 4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,003^2 / 4 = 0,000014 \text{ м}^2.$$

Усилие упругого элемента разгрузочного клапана сжатия в начале его открытия (усилие преднатяга)

$$F_{к.сж0} = A_{р.сж} \Delta p_{сж} = 0,000014 \cdot 0,3 \cdot 10^6 = 4,2 \text{ Н.}$$

Усилие упругого элемента разгрузочного клапана отбоя в начале его открытия (усилие преднатяга)

$$F_{к.от0} = A_{р.от} \Delta p_{от} = 0,000014 \cdot 4,5 \cdot 10^6 = 63,0 \text{ Н.}$$

Для недопущения кавитации в штоковой полости при сжатии амортизатора необходимо обеспечить $\Delta p_{сж}$ за счет создания избыточного давления в поршневой полости. Для этого надо предусмотреть дроссельное отверстие между поршневой полостью и компенсационной камерой.

Если принять наибольшее разрежение в штоковой полости $p_{ш} = 0,05$ МПа и обозначить площадь поперечного сечения компенсационной камеры через A_k ,

тогда разность давлений между поршневой полостью и компенсационной камерой при ходе сжатия в момент открытия разгрузочного клапана сжатия будет

$$\Delta p_{к.сж} = \Delta p_{сж} - p_{ш} = 0,3 - 0,05 = 0,25 \text{ МПа.}$$

Суммарная площадь дроссельного отверстия компенсационной камеры

$$A_{д.к} = \frac{(A_{п} - A_{к})v_{к}}{\mu} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p_{к.сж}}} = \frac{3,14(0,06^2 - 0,022^2) 0,3}{4 \cdot 0,67} \sqrt{\frac{860}{2 \cdot 0,25 \cdot 10^6}} = 4,54 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

При количестве дросселей сжатия компенсационной камеры $n_{к} = 1$ его диаметр

$$d_{к} = \sqrt{\frac{4A_{д.к}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000454}{3,14}} = 0,0076 \text{ м.}$$

Для недопущения кавитации в поршневой полости при отбое амортизатора необходимо предусмотреть клапан между поршневой полостью и компенсационной камерой, открываемый при отбое. Если принять наибольшее разрежение в поршневой полости при отбое в момент открытия разгрузочного клапана отбоя $\Delta p_{к.от} = 0,05$ МПа, то суммарная площадь отверстий между компенсационной камерой и поршневой полостью при отбое

$$A_{к.от} = \frac{(A_{п} - A_{к})v_{к}}{\mu} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p_{к.от}}} = \frac{3,14(0,06^2 - 0,022^2) 0,3}{4 \cdot 0,67} \sqrt{\frac{860}{2 \cdot 0,05 \cdot 10^6}} = 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Если использовать дроссельное отверстие компенсационной камеры и при ходе отбоя, то площадь клапанных отверстий

$$A_{к.к} = A_{к.от} - A_{д.к} = 10,2 \cdot 10^{-5} - 4,54 \cdot 10^{-5} = 5,66 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Если принять количество клапанных отверстий компенсационной камеры $n_{к.к} = 4$, то диаметр одного отверстия клапана

$$d_{к.к} = \sqrt{\frac{4A_{к.к}}{\pi n_{к.к}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000566}{3,14 \cdot 4}} = 0,0042 \text{ м.}$$

2.3.3 Основной упругий элемент.

Тип – винтовая цилиндрическая пружина.

Материал – сталь 50Г2 с закалкой ТВЧ.

Используя зависимости для определения:

1) напряжений в пружине $\tau = k \frac{8F_p D}{\pi d^3}$, где k – коэффициент увеличения напряжений на внутренних поверхностях витков пружины,
 $k = \frac{4D/d - 1}{4D/d - 4} + 0,615d/D$; F_p – упругая сила пружины; D – средний диаметр пружины; d – диаметр проволоки;

2) деформации пружины $f = \frac{8nD^3 F_p}{d^4 G}$, где n – количество рабочих витков пружины; G – модуль Гука (для сталей $G = 7,8 \cdot 10^4$ МПа);

3) коэффициента жесткости $c_p = F_p / f$;

4) соотношения между средним диаметром пружины и диаметром проволоки $D/d = 5...13$, можно подобрать необходимые параметры пружины, удовлетворяющие всем указанным условиям.

Проведя подстановки и эквивалентные преобразования, имеем

$$k = \frac{4(5...13) - 1}{4(5...13) - 4} + \frac{0,6}{5...13} = 1,3...1,1;$$

$$\tau = k \frac{8F_p D}{\pi d^3} = \frac{k 8c_p f (5...13)d}{\pi d^3}.$$

Откуда, приняв $[\tau] = 800$ МПа для $f = 0,4$, получим

$$d = \sqrt{\frac{8kc_p f (5...13)}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{8(1,3...1,1)103000 \cdot 0,4(5...13)}{3,14 \cdot 800 \cdot 10^6}} = 0,028...0,042 \text{ м};$$

$$f = \frac{8nD^3 F_p}{d^4 G} = \frac{8nD^3 c_p f}{d^4 G}$$

или

$$d^4 G = 8n (5...13)^3 d^3 c_p.$$

Откуда

$$n = \frac{dG}{8(5...13)^3 c_p} = \frac{(0,028...0,042)7,8 \cdot 10^{10}}{8(125...2197)103000} = 22...1,7 \text{ витка.}$$

Из компоновочных соображений принимаем:

1) диаметр проволоки $d = 25$ мм, Круг $\frac{25 - 4 \text{ ГОСТ } 7417}{50Г2 - В \text{ ГОСТ } 1051}$;

- 2) средний диаметр пружины $D = 140$ мм;
- 3) число рабочих витков пружины $n = 12$;
- 4) шаг одного витка пружины $f_1 = 63$ мм.

Упорный подшипник верхнего торца пружины № 8282, имеющий статическую грузоподъемность $C_0 = 4200$ кг.

Список литературы

1 **ГОСТ 2.105 ЕСКД.** Общие требования к текстовым документам. – Москва: Стандарты, 2005. – 8 с.

2 **Антипенко, Г. Л.** Курсовые и дипломные проекты. Общие правила оформления конструкторской документации / Г. Л. Антипенко, А. М. Щемелев. – Могилев: ММИ, 1997. – 420 с.: ил.

3 **Цимбалин, В. Б.** Шасси автомобиля. Атлас конструкций / В. Б. Цимбалин, И. Н. Успенский, В. В. Коняшов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 98 с.

4 **Родионов, В. Ф.** Проектирование автомобиля. Легковые автомобили / В. Ф. Родионов, Б. Д. Фиттерман. – Москва: Машиностроение, 1980. – 322 с.: ил.

5 **Гришкевич, В. И.** Автомобили. Теория: учебное пособие / В. И. Гришкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. – 243 с.: ил.

6 **Кравец, П. И.** Проектирование автомобиля / П. И. Кравец. – Нижний Новгород: Ресурс, 1992. – 255 с.: ил.

7 Каталог деталей автомобиля ЗАЗ-1102. – Москва: Машиностроение, 1989. – 188 с.: ил.

8 **Звягин, А. А.** Автомобили ВАЗ: надежность и обслуживание / А. А. Звягин, Р. Д. Кислюк, А. Б. Егоров. – Ленинград: Машиностроение, 1981. – 190 с.: ил.

9 **ГОСТ 22576.** Автомобили и автопоезда. Номенклатура показателей скоростных свойств и методы их определения. – Москва: Стандарты, 1977. – 27 с.

10 **ГОСТ 22653.** Автомобили. Параметры проходимости. Термины и определения. – Москва: Стандарты, 1977. – 7 с.

11 **ГОСТ 12.1.012.** Вибрация. Общие требования безопасности. – Москва: Стандарты, 1974. – 28 с.: ил.

12 **Стандарт ISO № 2631.** Вибрация, передаваемая человеческому телу. – Брюссель: Standards, 1982. – 12 с., ил.

13 **ОСТ 37.001.291.** Автотранспортные средства. Технические нормы плавности хода. – Москва: Стандарты, 1984. – 48 с.

14 **ГОСТ 4.396.** Автомобили легковые. – Москва: Стандарты, 1985. – 15 с.

15 **ГОСТ 4.399.** Автобусы. – Москва: Стандарты, 1985. – 12 с.

16 **ГОСТ 4.401.** Автомобили грузовые. – Москва: Стандарты, 1988. – 25 с.

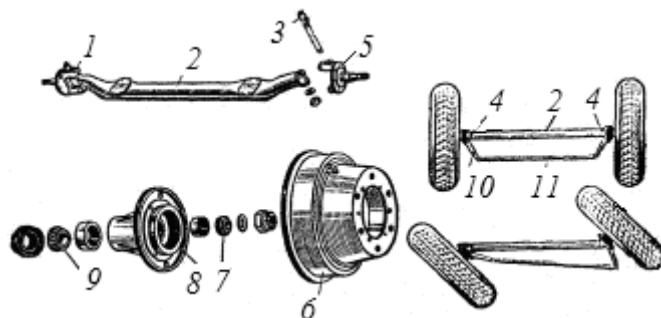
17 Армейские автомобили / Под ред. А. С. Антонова – Москва: Министерство обороны, 1970. – 328 с.: ил.

18 **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. – Москва: Машиностроение, 1984. – 230 с.: ил.

- 19 Краткий автомобильный справочник. – Москва: Транспорт, 1985. – 190 с.: ил.
- 20 **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. – Москва: Машиностроение, 1979. – 1250 с.: ил.
- 21 **Ротенберг, Р. В.** Подвеска автомобиля / Р. В. Ротенберг. – Москва: Машиностроение, 1972. – 420 с.: ил.
- 22 Колебания автомобиля / Под ред. Я. М. Певзнера. – Москва: Машиностроение, 1979. – 367 с.: ил.
- 23 **Успенский, И. Н.** Проектирование подвески автомобиля / И. Н. Успенский, А. А. Мельников. – Москва : Машиностроение, 1976. – 325 с.: ил.
- 24 **Кнороз, В. И.** Шины и колеса / В. И. Кнороз, Е. В. Кленников. – Москва: Машиностроение, 1975. – 229 с.: ил.
- 25 **Раймпель, Й.** Шасси автомобиля. Конструкции подвесок / Й. Раймпель. – Москва : Машиностроение, 1989. – 215 с.: ил.
- 26 Конспект лекций по дисциплине «Проектирование ходовых систем и кузовов».
- 27 **Кузнецов, Е. В.** Проектирование ходовых систем колесных самоходных машин: учебно-методическое пособие / Е. В. Кузнецов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – 243 с.: ил.
- 28 **Бойков, В. П.** Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Проектирование: учебное пособие / В. П. Бойков, В. В. Гуськов, Ч. И. Жданович ; под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2017. – 296 с.: ил.
- 29 Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Под ред. Н. Ф. Бочарова и И. С. Цитовича. – Москва : Машиностроение, 1983. – 299 с.: ил.
- 30 Автомобили. Основы проектирования / Под ред. М. С. Высоцкого. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 152 с.: ил.
- 31 Автомобили. Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть / Под ред. А. И. Гришкевича. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 200 с.

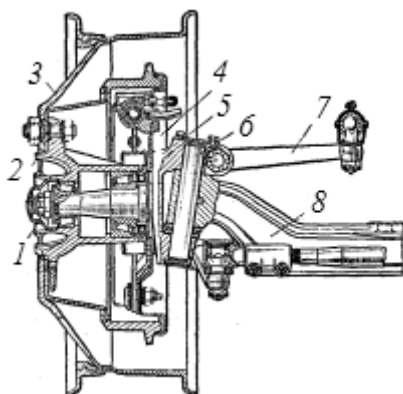
Приложение А (справочное)

Типовые конструкции элементов ходовых систем



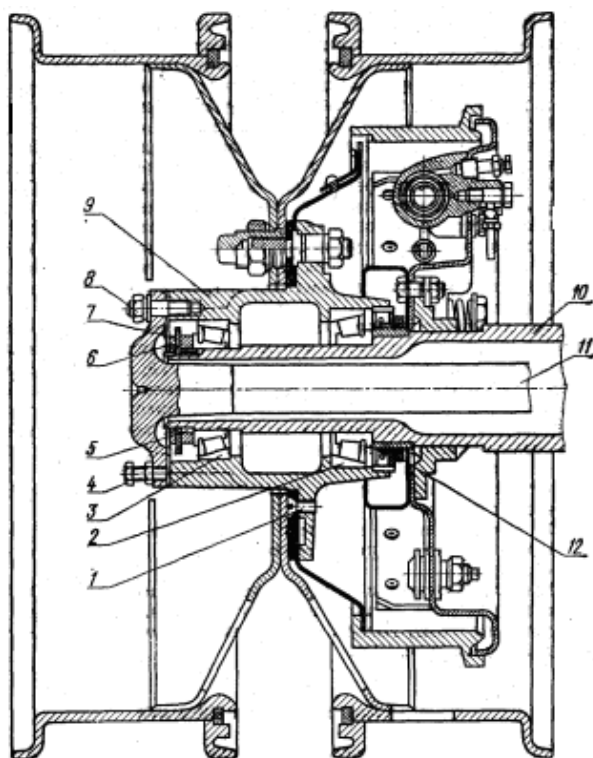
1 – кулак поворотный в сборе; 2 – балка моста; 3 – бронзовые втулки и шкворень; 4 – шкворни в сборе; 5 – кулак поворотный; 6 – барабан тормозной; 7 – наружный подшипник ступицы; 8 – ступица колеса; 9 – внутренний подшипник ступицы; 10 – продольный поворотный рычаг; 11 – поперечная рулевая тяга

Рисунок А.1 – Передний мост ГАЗ-53А



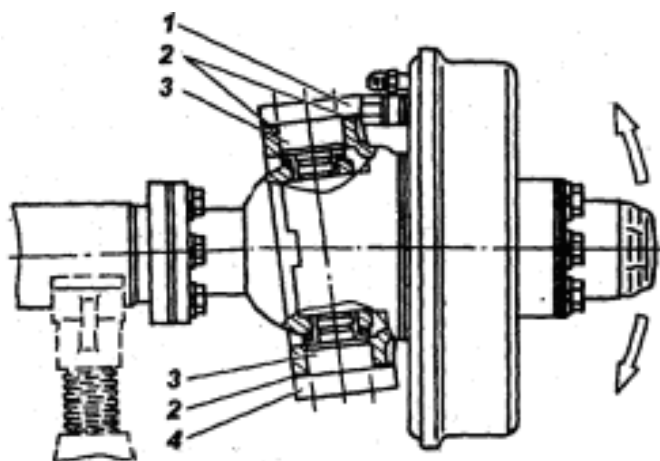
1 – гайка корончатая; 2 – ступица; 3 – диск колеса; 4 – щит тормозной; 5 – кулак поворотный; 6 – шкворень; 7 – рычаг поворотный; 8 – балка переднего моста

Рисунок А.2 – Поворотный кулак ГАЗ-53А



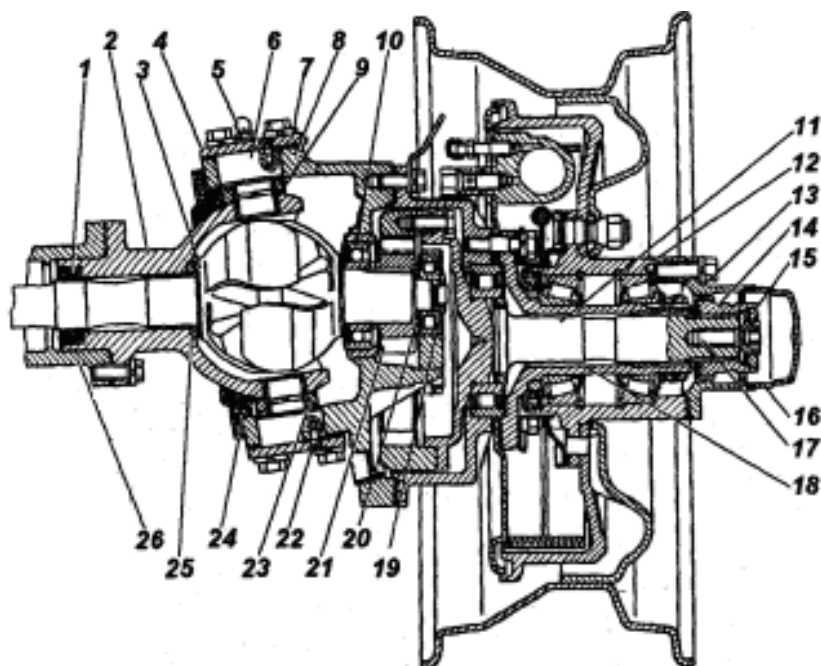
1 – винт крепления тормозного барабана; 2 – внутренний подшипник ступицы; 3 – наружный подшипник ступицы; 4 – болт-съемник полуоси; 5 – гайка; 6 – контргайка; 7 – замочная шайба со штифтом; 8 – шпилька; 9 – ступица; 10 – балка заднего моста (кожух полуоси); 11 – полуось; 12 – уплотнительная манжета (сальник)

Рисунок А.3 – Ступица заднего колеса ГАЗ-53А



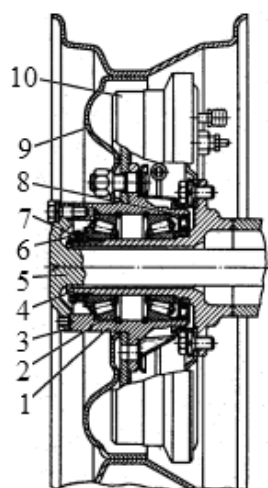
1 – верхняя накладка; 2 – регулировочная прокладка; 3 – шкворень; 4 – накладка

Рисунок А.4 – Регулировка поворотного кулака УАЗ



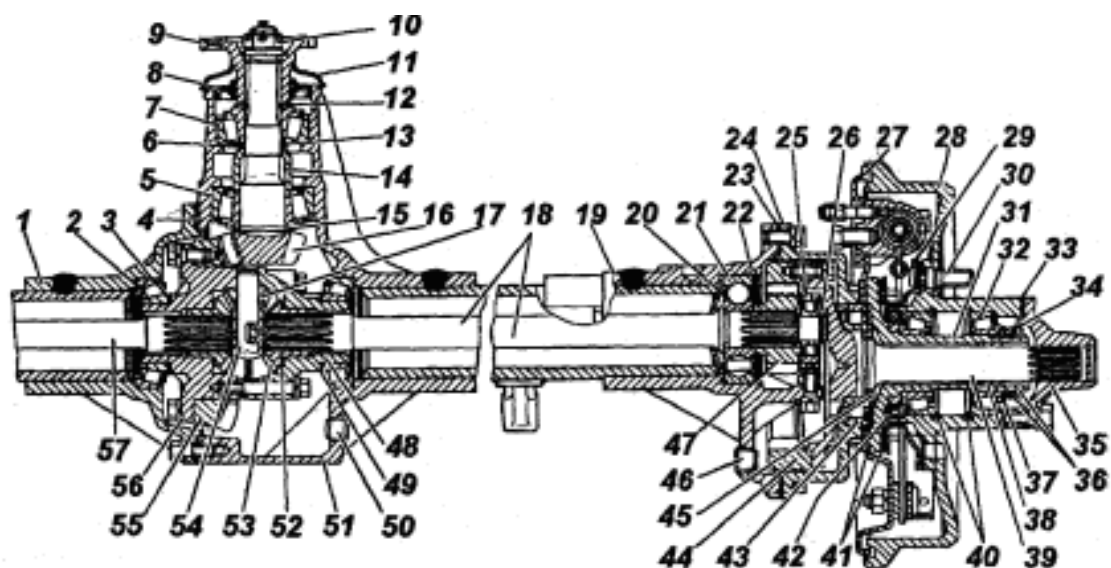
1 – сальник; 2 – шаровая опора; 3 – ШРУС; 4 – прокладка; 5 – масленка; 6 – шкворень; 7 – накладка; 8 – кулак поворотный; 9 – втулка шкворня; 10 – подшипник; 11 – ведомый вал колесного редуктора; 12 – ступица; 13 – ведущий фланец; 14 – муфта; 15 – шарик фиксатора; 16 – колпак; 17 – болт муфты; 18 – цапфа; 19 – стопорная шайба; 20, 23 – опорные шайбы; 21 – ведущая шестерня колесного редуктора; 22 – стопорный штифт; 24 – кольцо уплотнительное; 25 – упорная шайба; 26 – балка моста (кожух полуоси)

Рисунок А.5 – Кулак поворотный переднего ведущего моста УАЗ с редуктором



1 – ступица; 2 – подшипник наружный; 3 – прокладка; 4 – балка моста (цапфа); 5 – полуось; 6 – контргайка; 7 – шайба замочная; 8 – манжета уплотнительная; 9 – диск колеса; 10 – тормозной барабан

Рисунок А.6 – Ступица заднего колеса УАЗ без колесного редуктора



1 – крышка картера главной передачи; 2 – подшипник дифференциала; 3, 13, 49 – регулировочные прокладки; 4 – уплотнительная прокладка; 5, 7 – подшипник ведущей шестерни; 6, 15 – регулировочные кольца; 8, 42 – манжеты; 9 – фланец; 10 – гайка; 11 – отражатель; 12 – кольцо; 14 – втулка распорная; 16 – ведущая шестерня главной передачи; 17 – сателлит; 18 – полуось правая; 19 – картер колесного редуктора; 20, 29 – маслоотражатели; 21 – подшипник полуоси; 22, 26, 40 – стопорные кольца; 23 – уплотнительная прокладка картера колесного редуктора; 24 – крышка картера колесного редуктора; 25 – подшипник; 27 – тормозной щит; 28 – тормозной барабан; 30 – болт крепления колеса; 31 – цапфа; 32 – наружный подшипник ступицы; 33, 41 – прокладки; 34 – шайба замочная; 35 – ведущий фланец; 36 – гайка; 37 – шайба стопорная; 38 – втулка; 39 – вал ведомый колесного редуктора; 43 – подшипник ведомого вала; 44 – ведомая шестерня колесного редуктора; 45 – гайка специальная; 46, 50 – сливные пробки; 47 – ведущая шестерня колесного редуктора; 48 – крышка корпуса дифференциала; 51 – картер главной передачи; 52 – шайба шестерни полуоси; 53 – шестерня полуоси; 54 – ось сателлитов; 55 – ведомая шестерня главной передачи; 56 – корпус дифференциала; 57 – полуось левая

Рисунок А.7 – Задний мост УАЗ с колесным редуктором

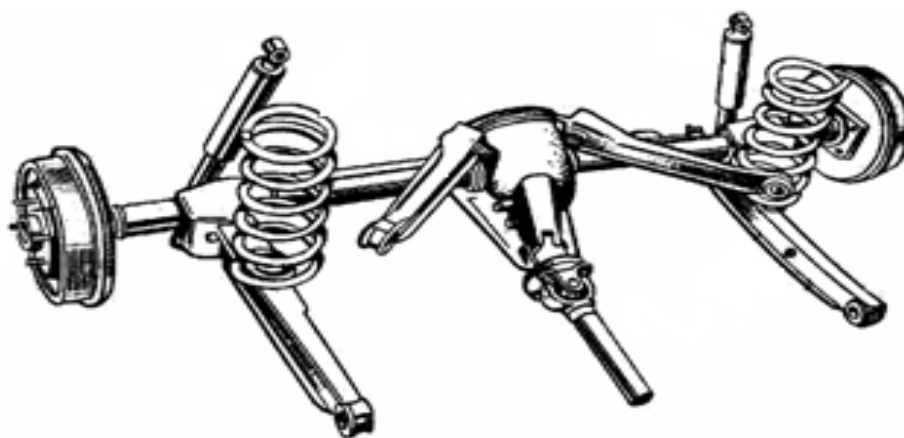
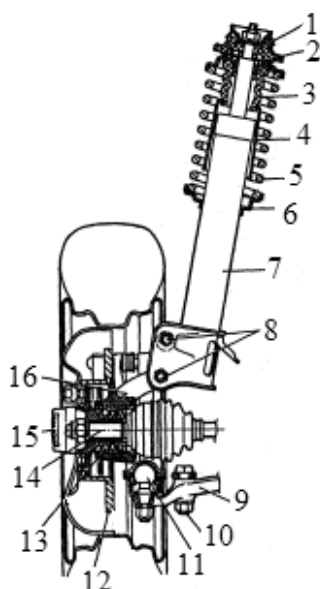


Рисунок А.8 – Пружинная зависимая задняя подвеска



1 – верхняя опора стойки; 2 – подшипник; 3 – буфер сжатия; 4 – кожух амортизатора; 5 – пружина; 6 – чашка опорная пружины; 7 – амортизатор; 8 – болты; 9 – рычаг поперечный; 10 – болт крепления растяжки; 11 – шаровая опора; 12 – диск тормозной; 13 – подшипник ступицы; 14 – вал ведомый ШРУСа; 15 – колпак; 16 – кулак поворотный

Рисунок А.9 – Передняя подвеска ВАЗ-1111 «Ока»

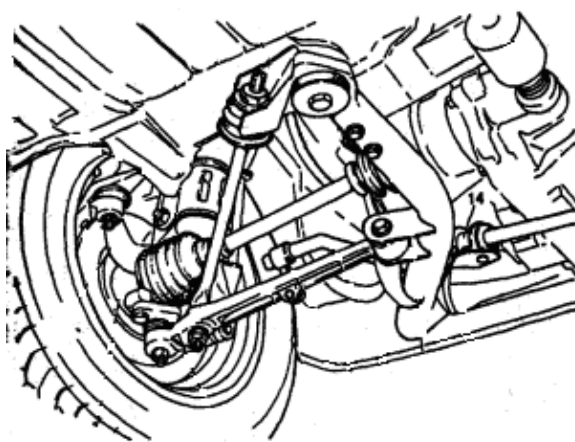


Рисунок А.10 – Подвеска левого переднего колеса ВАЗ-1111 «Ока» (вид снизу)

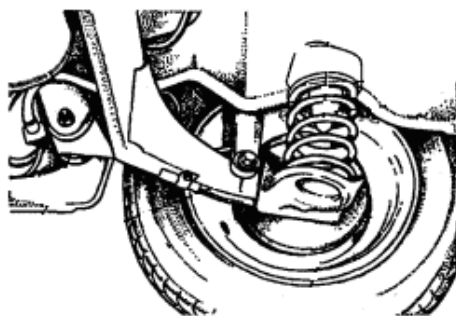


Рисунок А.11 – Подвеска правого заднего колеса ВАЗ-1111 «Ока» (вид снизу)

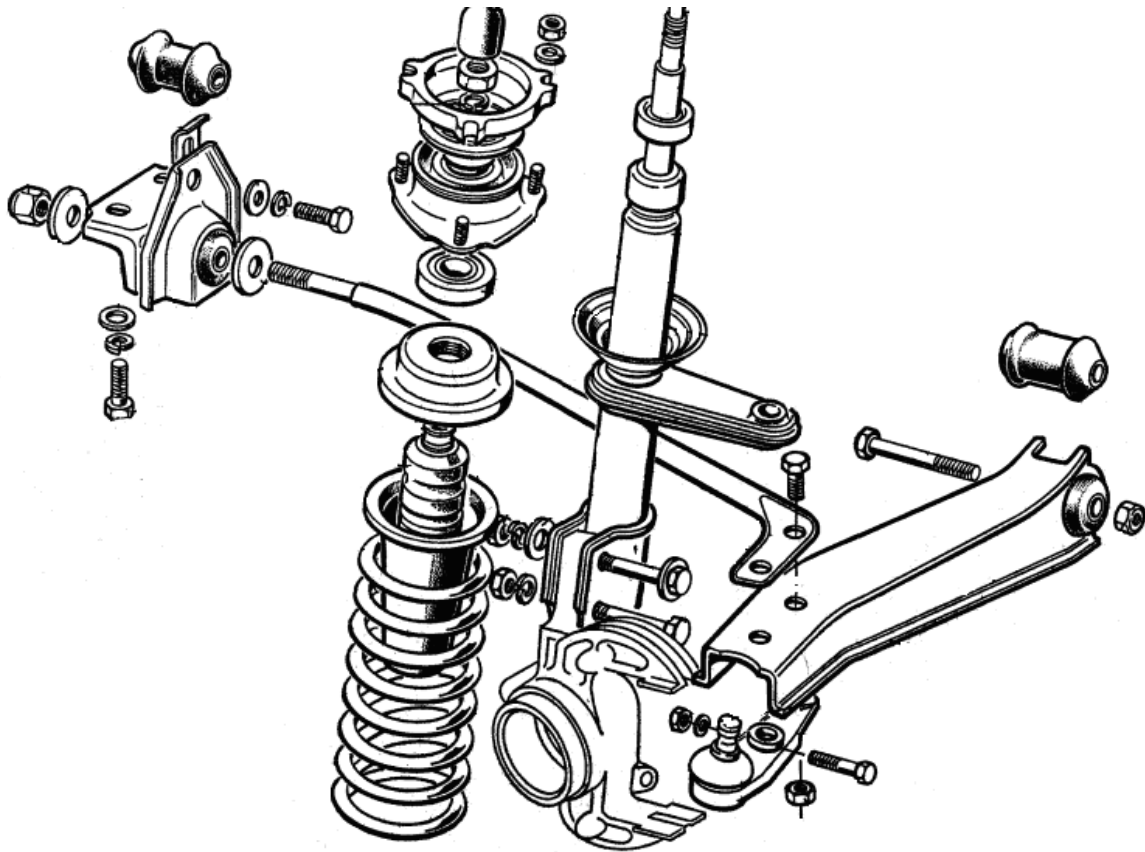


Рисунок А.12 – Передняя подвеска ЗАЗ-1102 «Таврия»

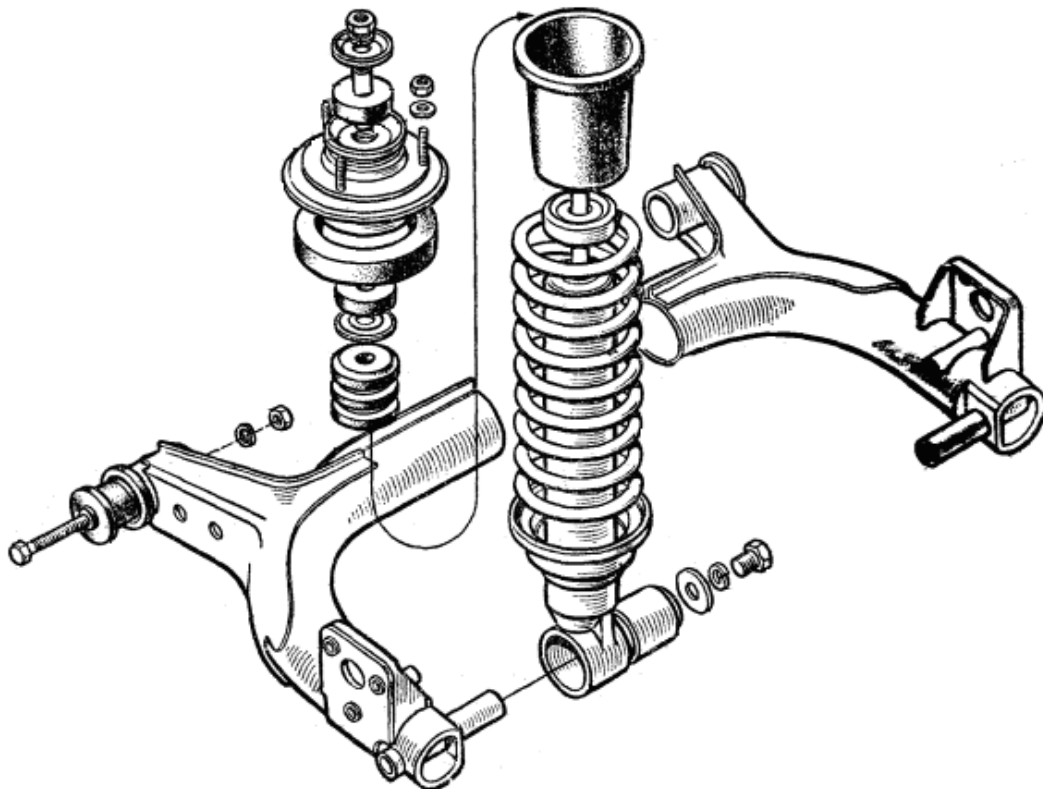


Рисунок А.13 – Задняя подвеска ЗАЗ-1102 «Таврия»

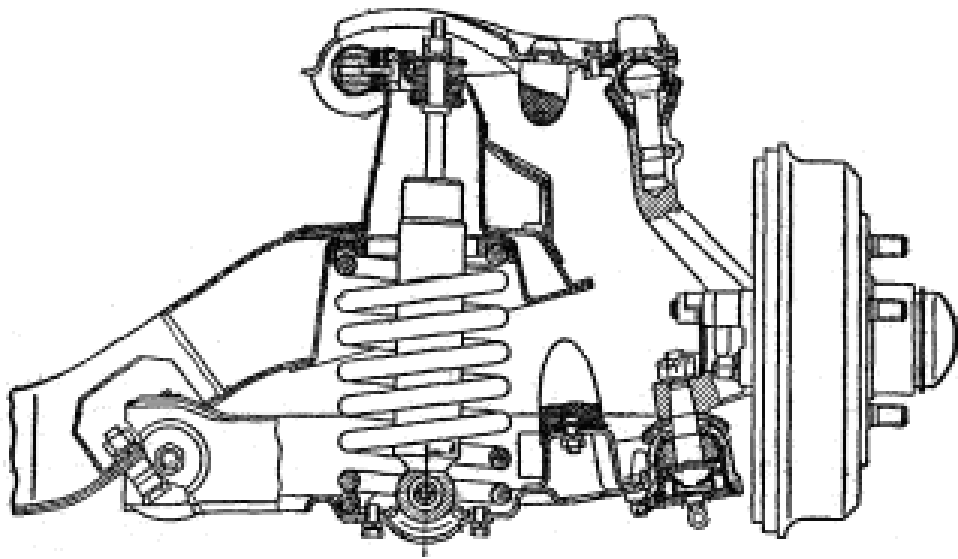


Рисунок А.14 – Передняя подвеска «Москвич-412»

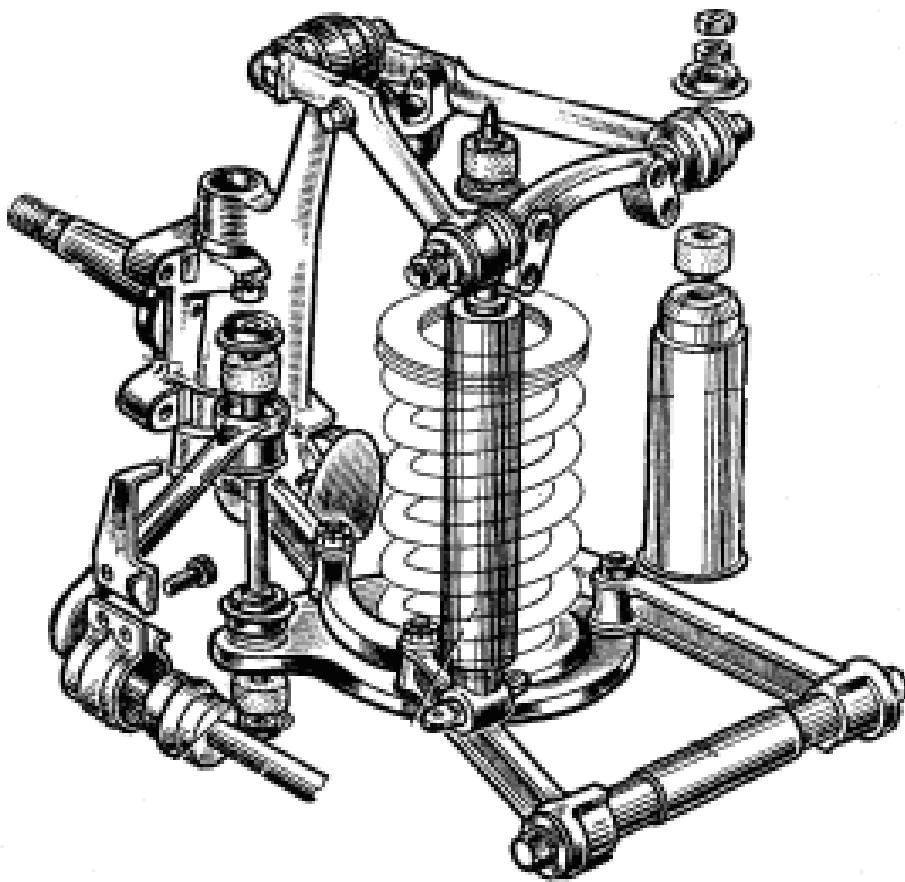
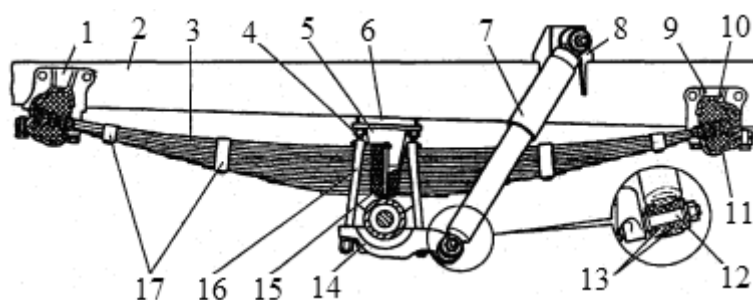
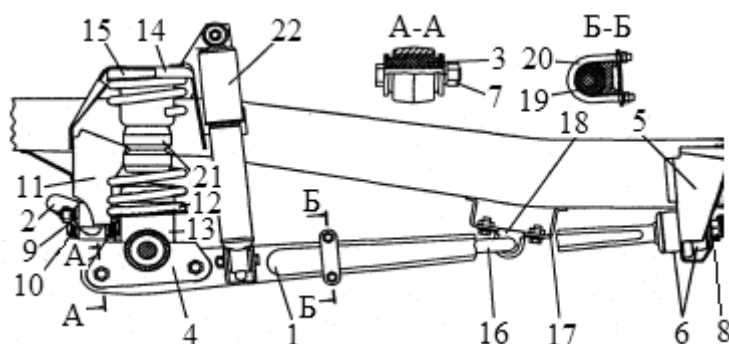


Рисунок А.15 – Передняя подвеска ГАЗ-24 «Волга»



1 – передний кронштейн рессоры; 2 – лонжерон рамы; 3 – многолистовая рессора; 4 – накладка; 5 – буфер сжатия; 6 – подкладка буфера; 7 – амортизатор; 8 – кронштейн амортизатора; 9 – задний кронштейн рессоры; 10 – резиновая подушка; 11 – крышка кронштейна; 12 – палец амортизатора; 13 – резиновая втулка; 14 – подкладка; 15 – болт стяжной; 16 – стремянка; 17 – хомуты

Рисунок А.16 – Передняя подвеска УАЗ с многолистовой рессорой



1 – рычаг продольный; 2 – тяга поперечная; 3, 9 – резинометаллические шарниры; 4, 5 – кронштейны продольного рычага; 6 – резиновые шарниры; 7, 8 – гайки; 10, 11 – кронштейны передней тяги; 12 – пружина; 13, 14 – кронштейны пружины; 15 – резиновая прокладка; 16 – стабилизатор поперечной устойчивости; 17 – кронштейн; 18, 19 – резиновые втулки; 20 – стремянка; 21 – буфер сжатия; 22 – амортизатор

Рисунок А.17 – Передняя пружинная подвеска УАЗ

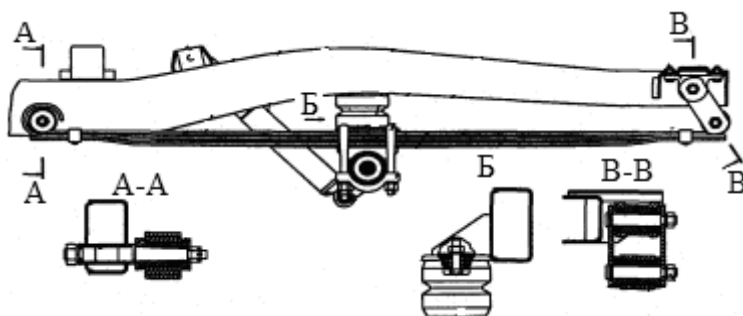


Рисунок А.18 – Задняя подвеска УАЗ с малолистовой рессорой

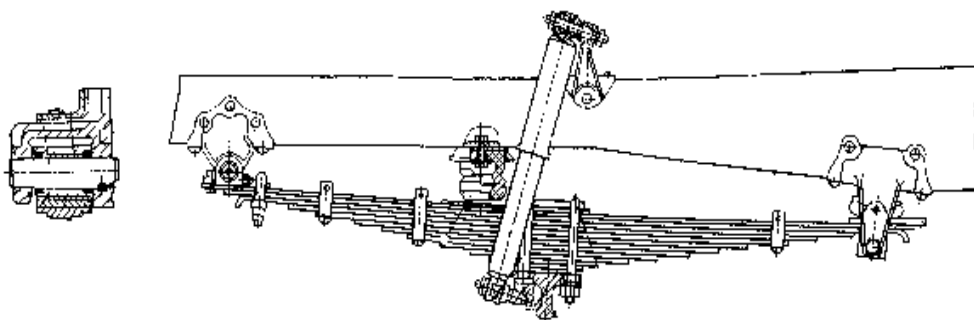


Рисунок А.19 – Передняя подвеска ЗИЛ-130

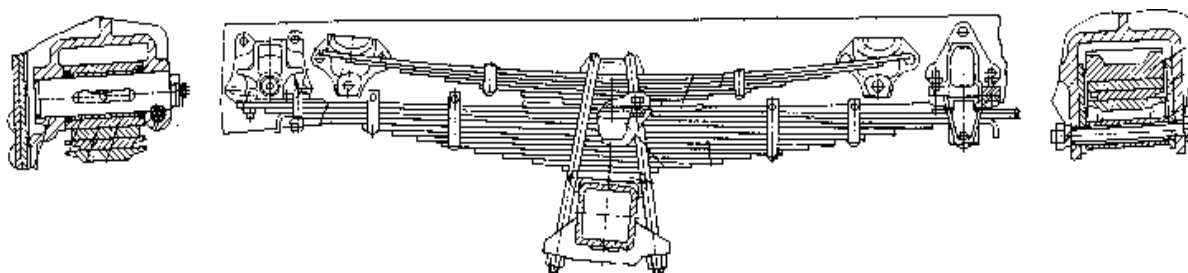
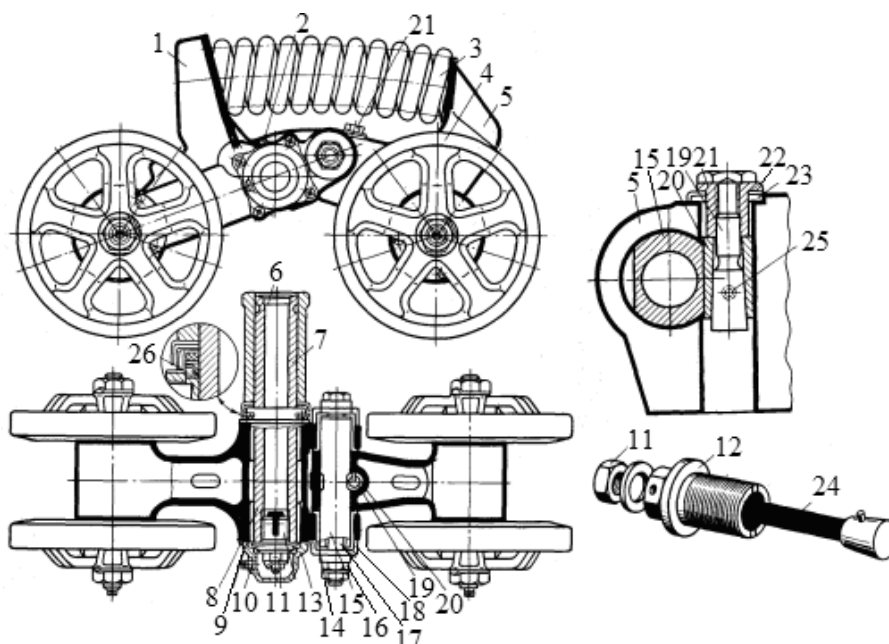


Рисунок А.20 – Задняя подвеска ЗИЛ-130



1 – большой балансир; 2 – пробка маслоналивного отверстия; 3 – пружина; 4 – каток опорный; 5 – малый балансир; 6 – заглушка; 7 – ось каретки; 8, 20 – втулки; 9 – прокладка; 10 – пробка; 11, 16 – гайки; 12 – цапговая гайка; 13, 18 – крышки; 14 – втулка; 15 – ось качания; 17, 24 – болты; 19 – клин; 21 – гайка; 22, 23 – шайбы; 25 – штифт; 26 – манжета уплотнительная

Рисунок А.21 – Опорные катки с балансирной подвеской гусеничного трактора ДТ-75

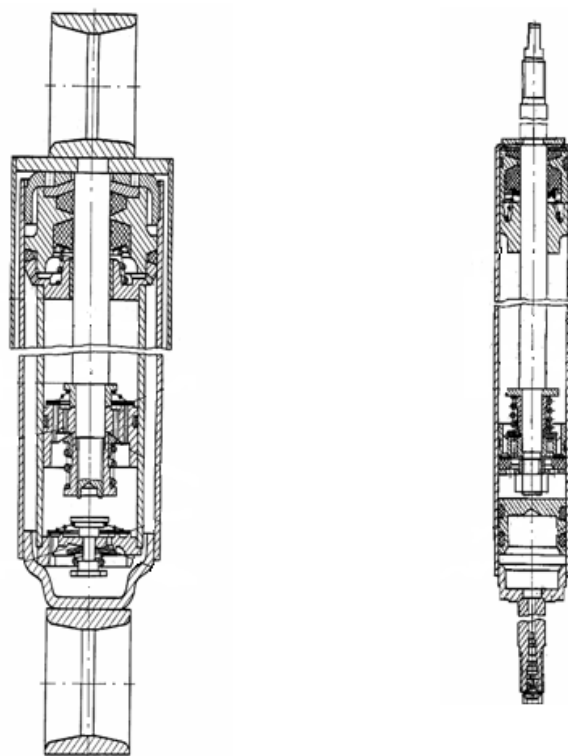
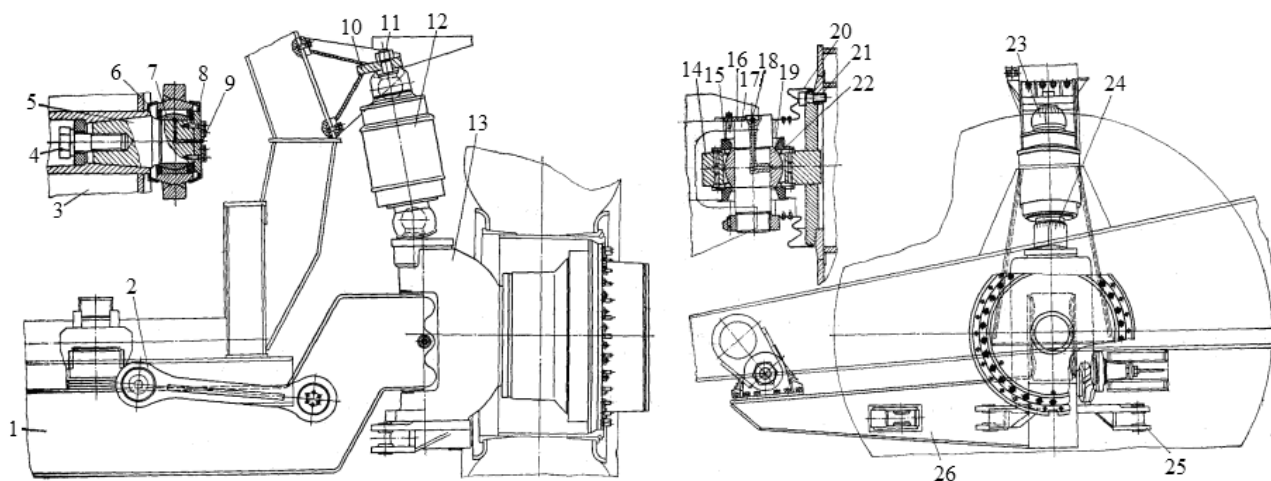
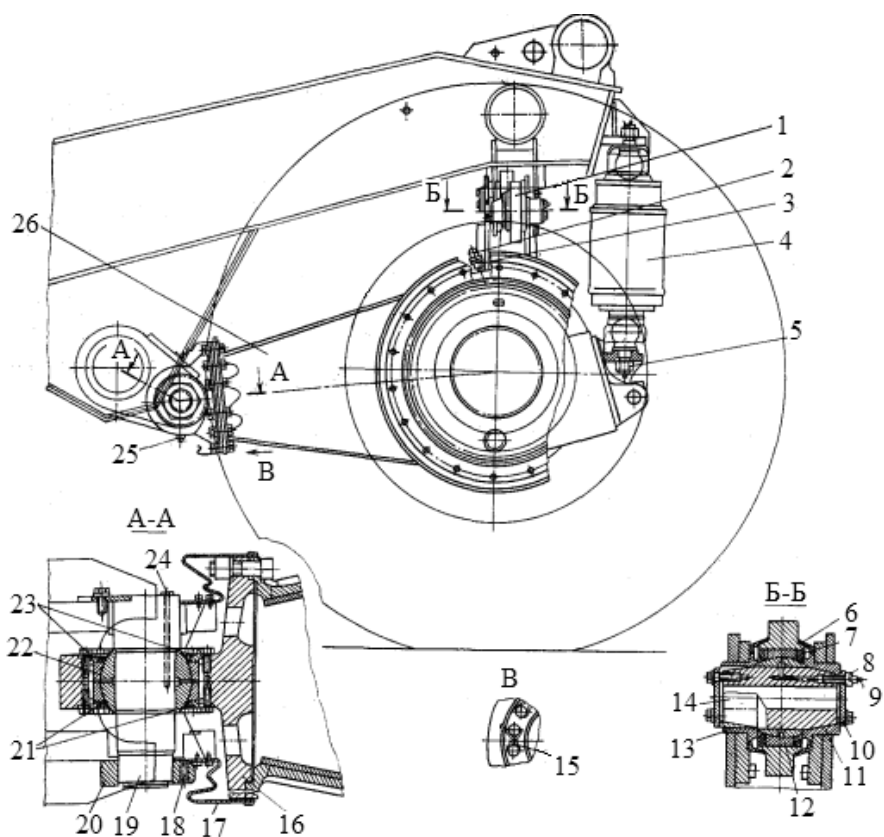


Рисунок А.22 – Конструкции двухтрубного и однотрубного амортизаторов



1 – балка переднего моста; 2 – штанга поперечная; 3 – рама самосвала; 4, 21 – болты; 5 – палец; 6, 15 – уплотнитель; 7, 19 – подшипник сферический; 8 – крышка; 9, 18 – масленки; 10 – кронштейн; 11 – гайка; 12 – пневмогидроцилиндр; 13 – кулак поворотный; 14 – проушина; 16 – стопорная пластина; 17 – палец; 20, 23, 24 – чехлы; 22 – чистик; 25 – кронштейн; 26 – рычаг продольный

Рисунок А.23 – Подвеска передняя БелАЗ-75211



1 – штанга поперечная; 2 – упор; 3 – гайка регулировочная; 4 – пневмогидроцилиндр; 5 – гайка шаровой опоры; 6 – пыльник; 7, 23 – сальники; 8 – болт полый; 9, 25 – масленки; 10, 21 – крышки; 11 – втулка конусная; 12, 22 – подшипники шарнирные; 13 – втулка разрезная конусная; 14, 19 – пальцы; 15 – втулка; 16 – проушина; 17 – чехол защитный; 18 – винт стопорный; 20 – гайка; 24 – клапан предохранительный; 26 – рычаг центральный

Рисунок А.24 – Задняя подвеска БелАЗ-7519

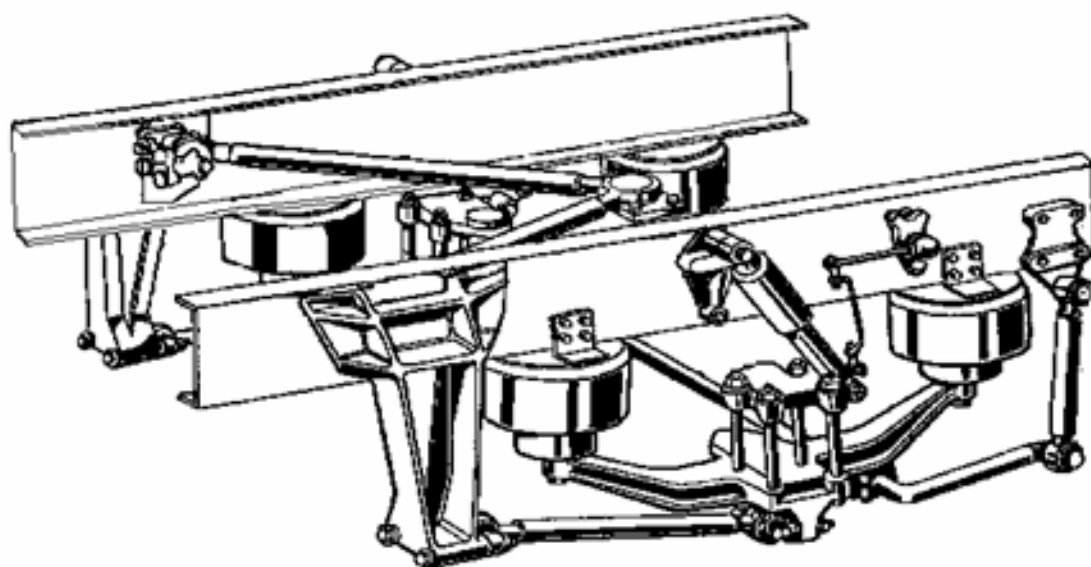
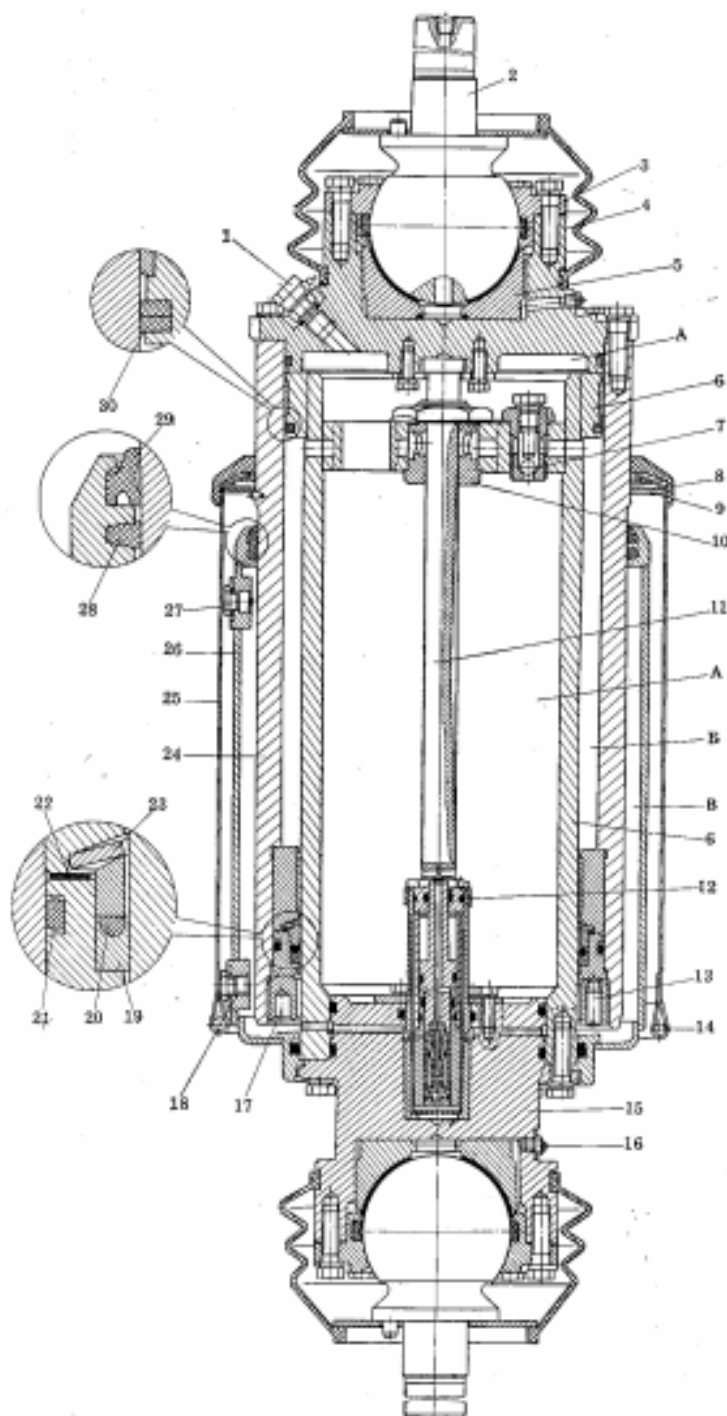


Рисунок А.25 – Пневматическая зависимая подвеска прицепа (балка моста не показана)



1 – заправочный клапан; 2 – шаровая опора; 3 – крышка; 4 – верхняя крышка;
 5 – подпятник; 6 – шток с поршнем; 7 – клапан сжатия; 8 – уплотнитель; 9, 14, 28 – кольца;
 10 – корпус клапана отбоя; 11 – шток; 12 – насос; 13 – стопорный винт; 15 – нижняя крышка;
 16, 27 – предохранительные клапаны; 17 – пробка; 18 – прижимная гайка; 19 – манжета штока;
 20 – распорное кольцо; 21 – уплотнительное кольцо; 22 – регулировочные прокладки;
 23 – пружина; 24 – корпус (основной цилиндр); 25 – защитный чехол; 26 – кожух;
 29 – скребок; 30 – шайба

Рисунок А.26 – Пневмогидроцилиндр подвески БелАЗ-7519

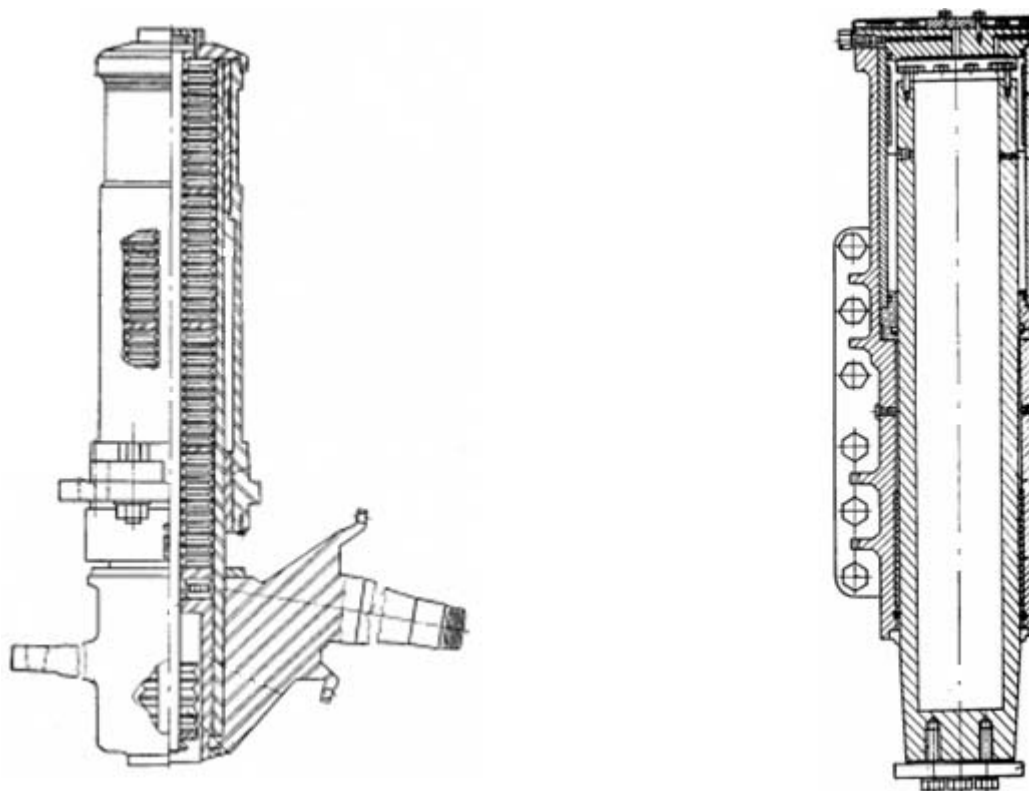


Рисунок А.27 – Упругие элементы подвесок самосвалов особо большой грузоподъемности: резиновый Dyna-Float (слева) и пневмогидравлический Cat-769В

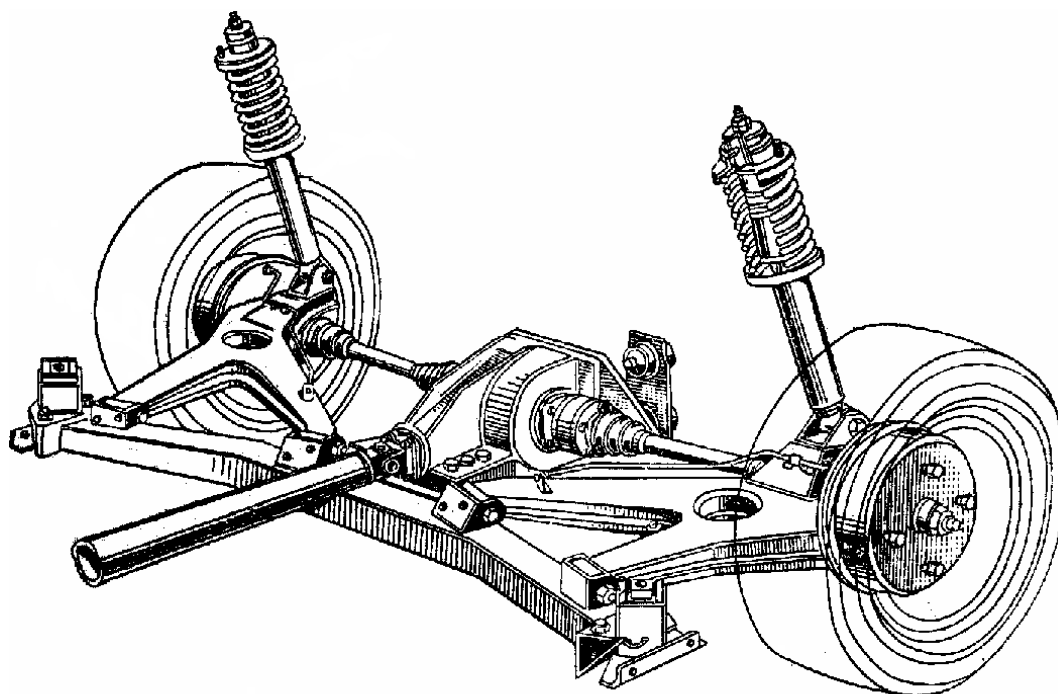
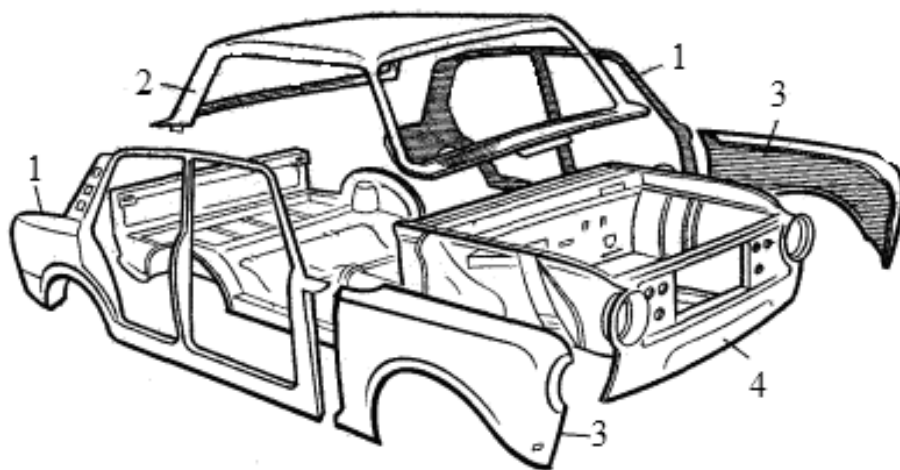
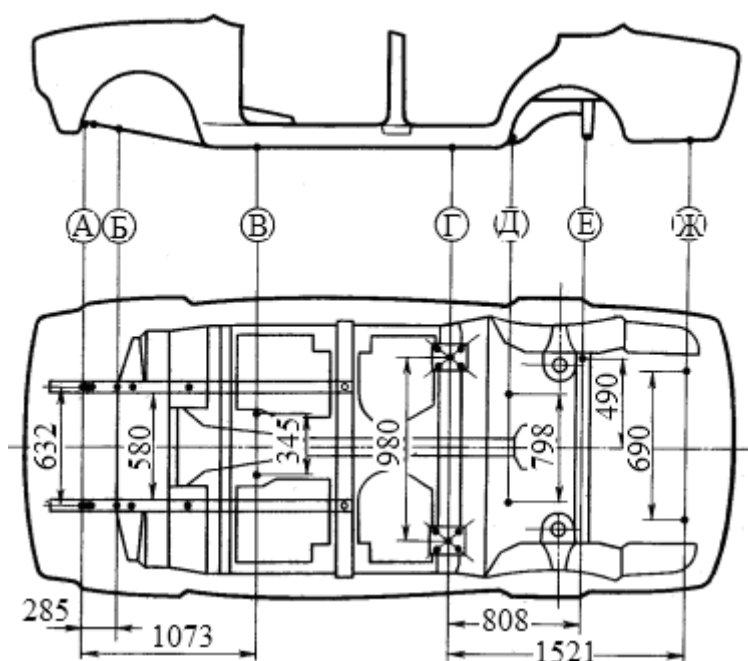


Рисунок А.28 – Задняя независимая подвеска BMW



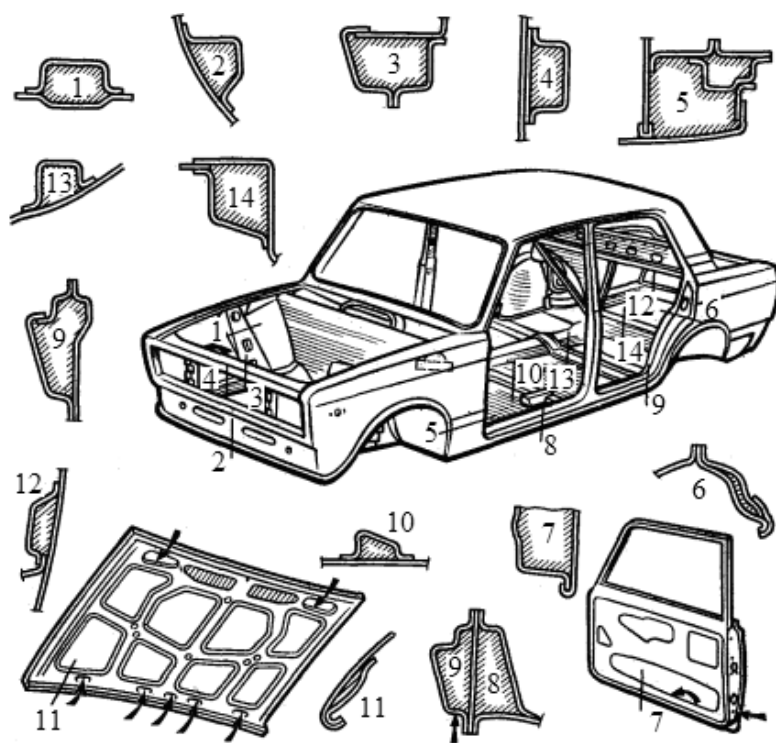
1 – боковины; 2 – крыша; 3 – крылья передние; 4 – передняя панель

Рисунок А.29 – Кузов ВАЗ-2101



A – крепление стабилизатора поперечной устойчивости; *B* – крепление передней балки; *B* – заднее крепление силового агрегата; *Г* – крепление нижних продольных штанг задней подвески; *Д* – крепление верхних продольных штанг задней подвески; *E* – крепление поперечной штанги задней подвески; *Ж* – технологические отверстия в панели заднего пола

Рисунок А.30 – Основные размеры контрольных точек кузова ВАЗ-2101



1 – усилитель брызговика; 2, 3 – нижняя и верхняя поперечины передней панели; 4 – передний лонжерон; 5 – передняя стойка; 6 – арка заднего колеса; 7 – нижняя часть двери; 8, 9 – порог; 10 – передняя поперечина пола салона; 11 – передняя кромка капота; 12 – нижняя поперечина задней панели; 13 – задняя поперечина пола салона; 14 – надставка заднего пола

Рисунок А.31 – Сечения скрытых полостей кузова ВАЗ-2105

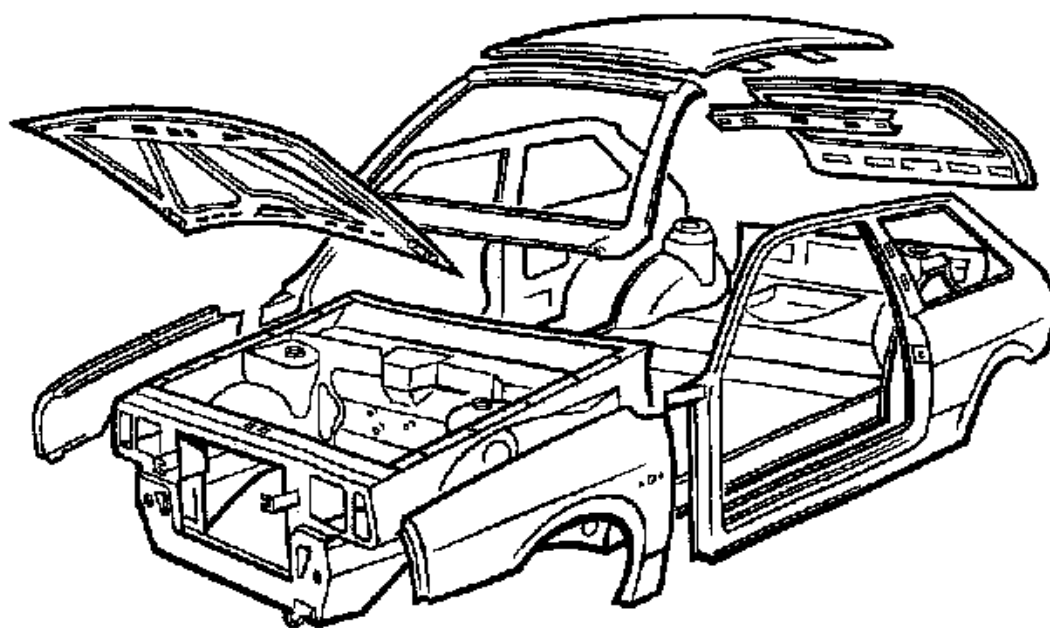
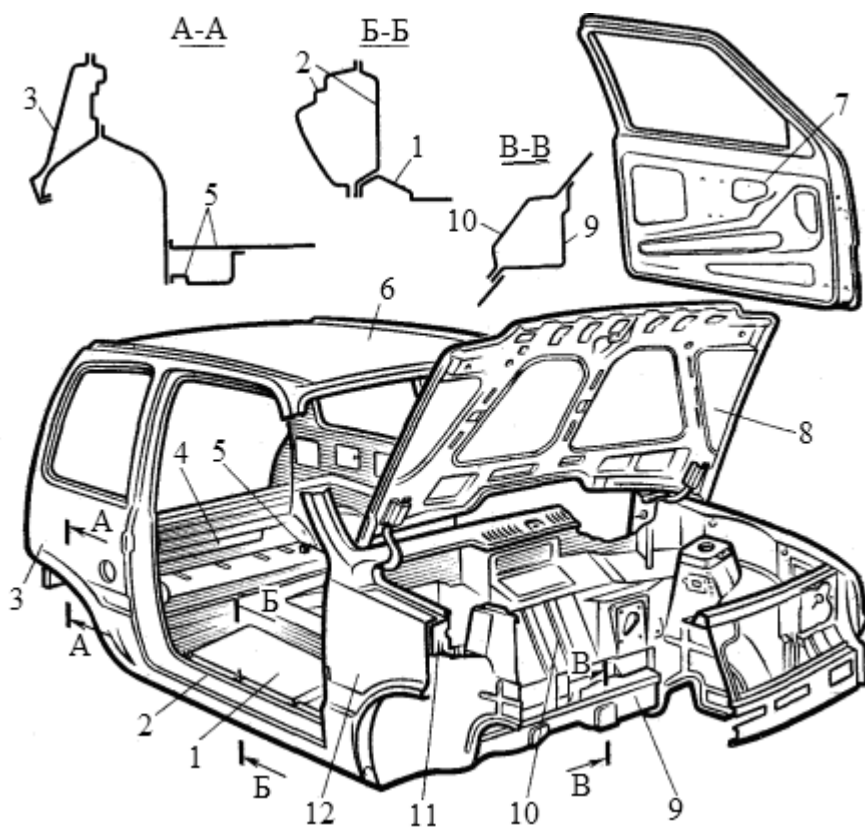


Рисунок А.32 – Кузов ВАЗ-2108 «Спутник»



1 – пол салона; 2 – порог; 3 – боковина; 4 – задняя панель; 5, 11 – задний и передний лонжероны; 6 – крыша; 7 – дверь; 8 – капот; 9 – усилитель переднего щита; 10 – передний щит; 12 – крыло

Рисунок А.33 – Кузов ВАЗ-1111 «Ока»

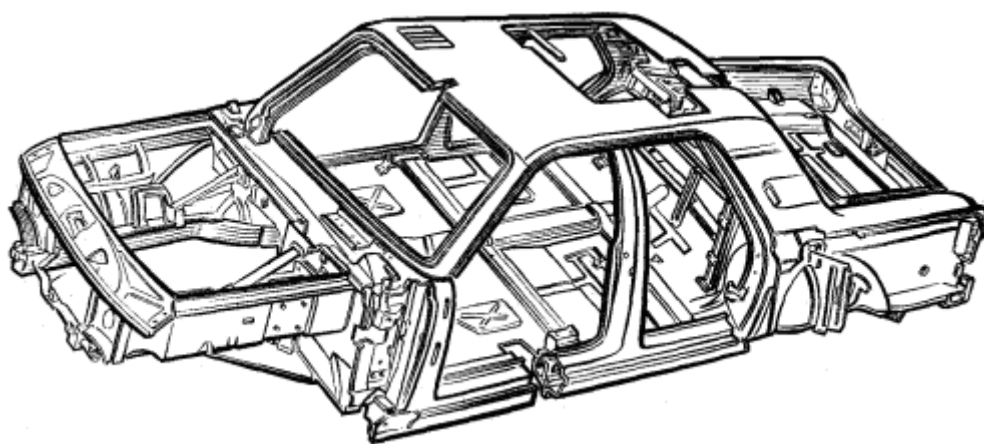


Рисунок А.34 – Кузов ГАЗ-24 «Волга»

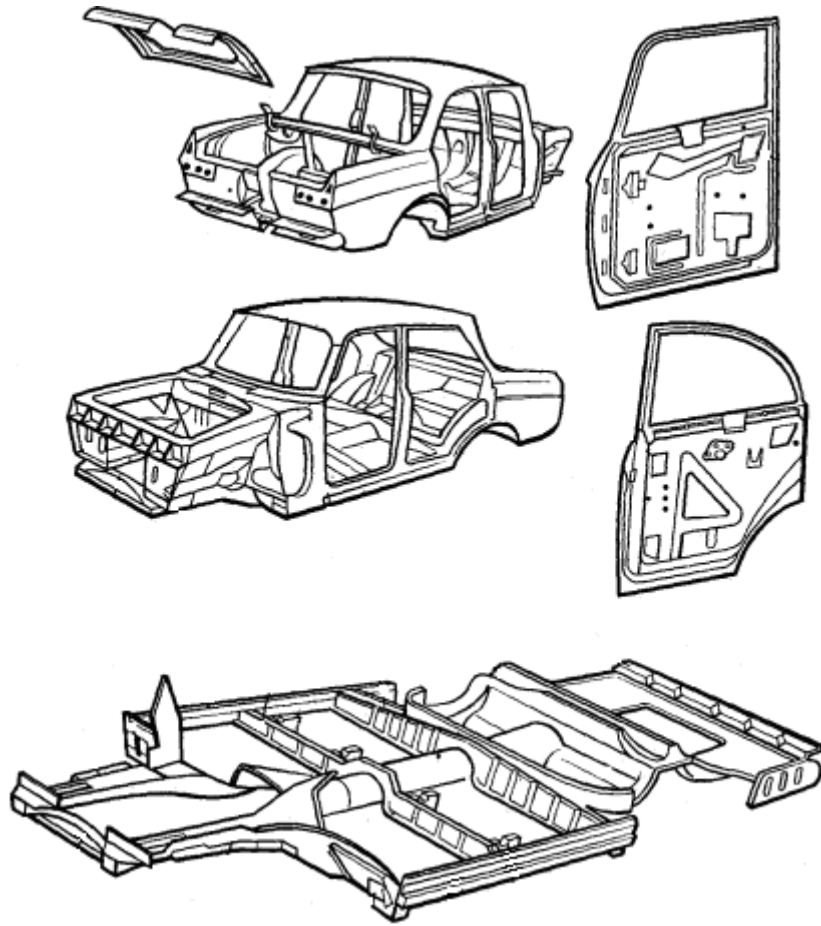


Рисунок А.35 – Кузов «Москвич-412»

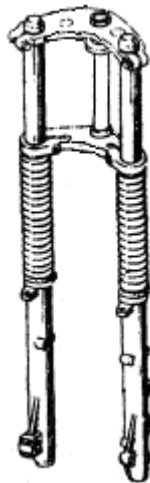
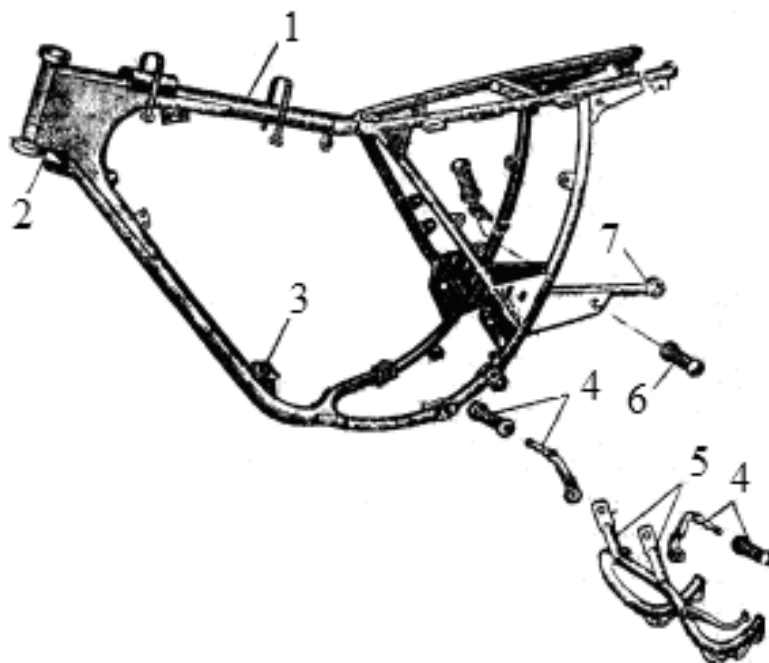
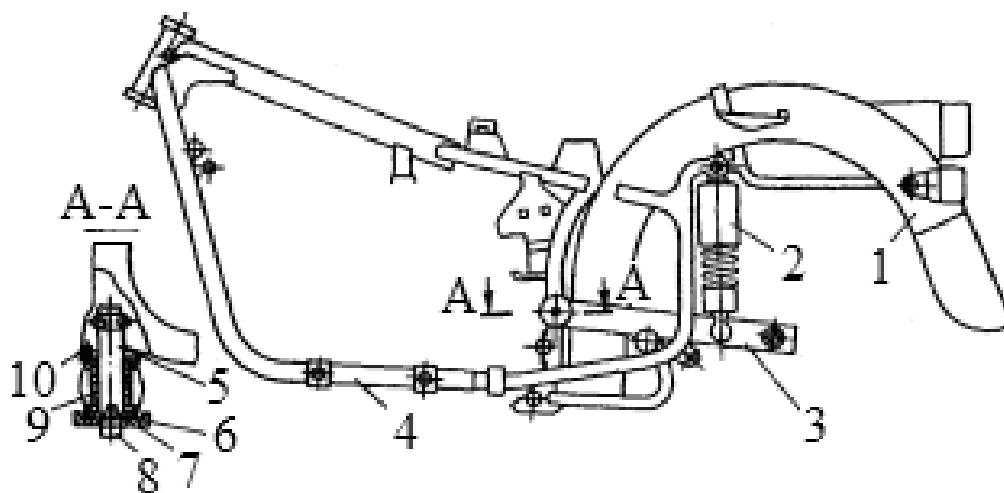


Рисунок А.36 – Передняя подвеска мотоцикла «Иж-Планета-Спорт»



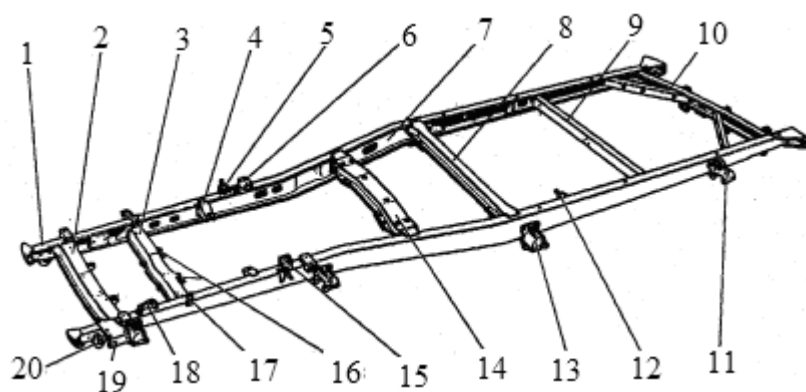
1 – центральный лонжерон; 2 – кронштейн передней подвески; 3 – передний кронштейн силового агрегата; 4 – подножки водителя; 5 – центральная подставка; 6 – подножка пассажира; 7 – кронштейн глушителя

Рисунок А.37 – Рама мотоцикла «Иж-Планета-Спорт»



1 – заднее крыло; 2 – амортизатор с пружиной; 3 – рычаг задней подвески; 4 – рама; 5 – цапфа; 6 – крышка; 7, 10 – шайбы; 8 – болт; 9 – втулка

Рисунок А.38 – Рама и задняя подвеска мотоцикла МТ-10 «Урал»



1 – лонжерон; 2, 3, 8, 9, 10, 14 – поперечины; 4 – передний кронштейн подвески двигателя; 5 – кронштейн переднего амортизатора; 6 – кронштейн крепления кузова; 7 – усилитель лонжерона; 11 – кронштейн заднего конца рессоры; 12 – кронштейн заднего амортизатора; 13 – кронштейн переднего конца рессоры; 15 – кронштейн стояночного троса; 16 – кронштейн радиатора; 17 – кронштейн переднего тормозного шланга; 18 – кронштейн стояночного рычага; 19 – кронштейн рулевого механизма; 20 – передний буксировочный крюк

Рисунок А.39 – Рама УАЗ-3741

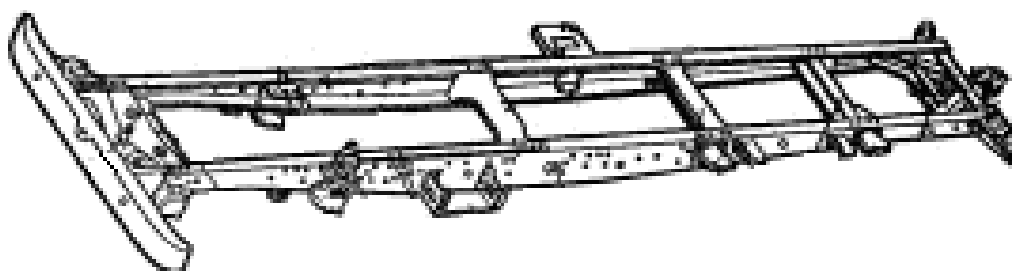


Рисунок А.40 – Рама ЗИЛ-130

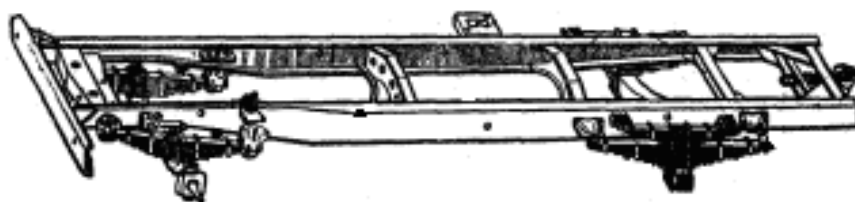


Рисунок А.41 – Рама и подвеска ГАЗ-53А

Приложение Б (справочное)

Компоновка автомобиля

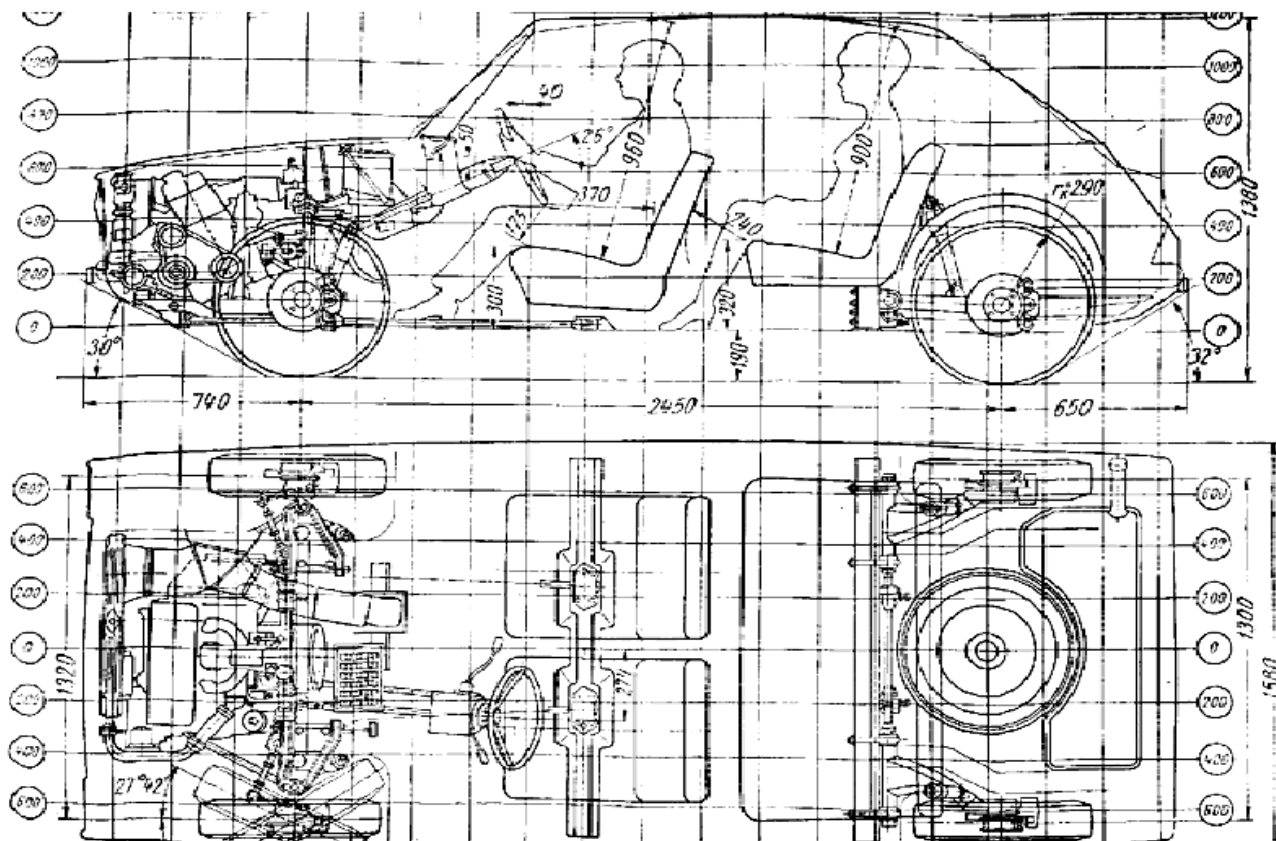


Рисунок Б.1 – Чертеж общей компоновки легкового автомобиля

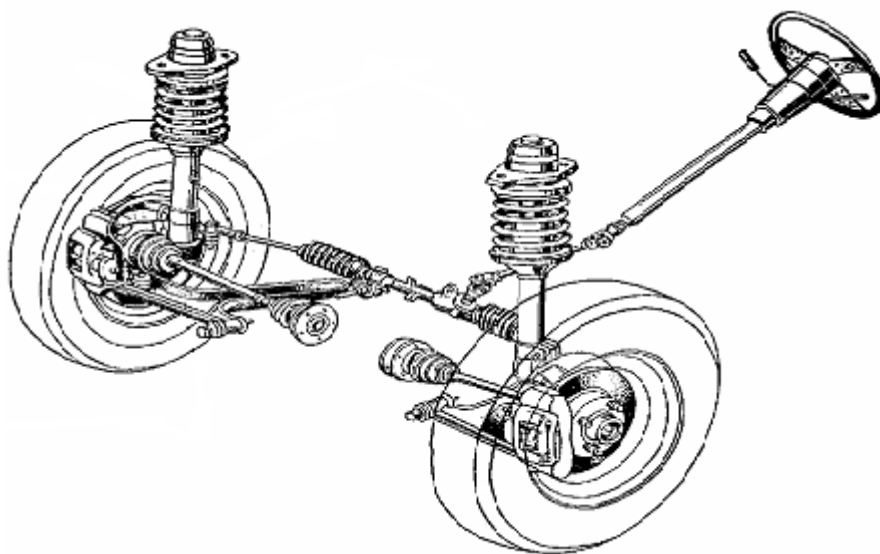


Рисунок Б.2 – Компоновка переднего моста переднеприводного автомобиля

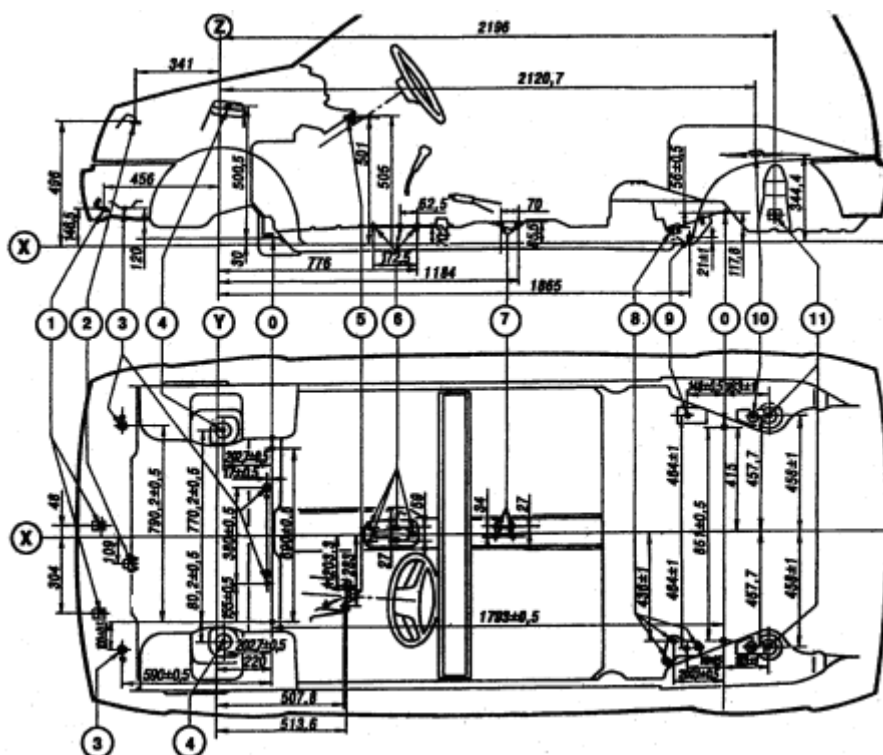


Рисунок Б.3 – Компоновочный чертеж привязки органов управления ВАЗ-1111 «Ока»

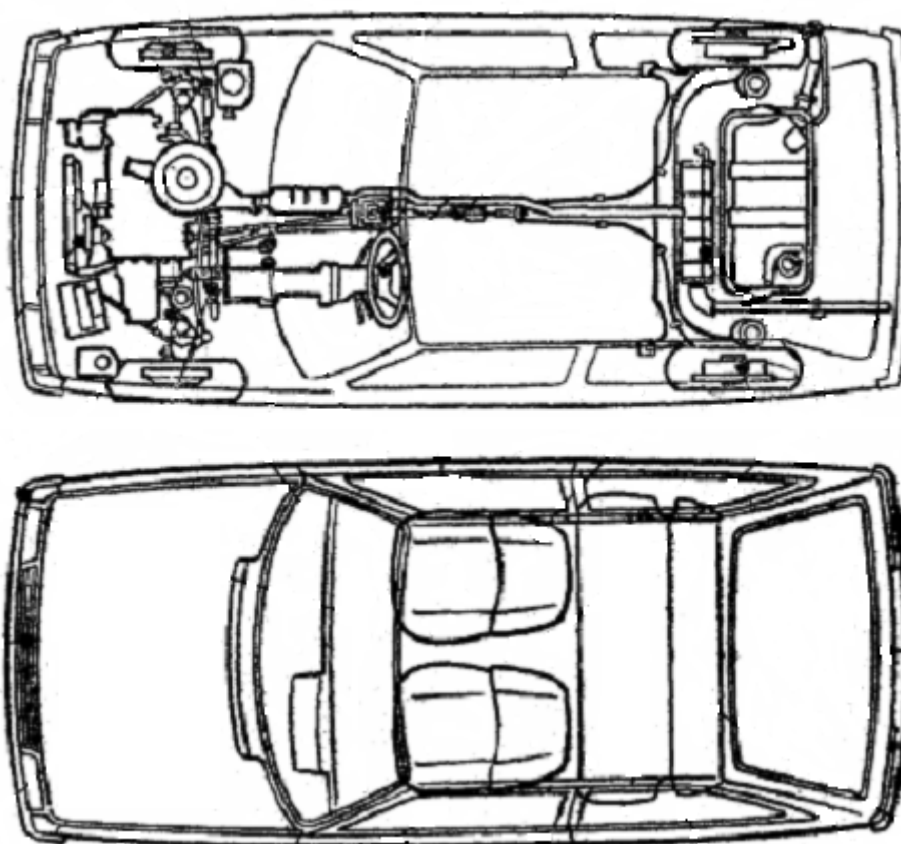


Рисунок Б.4 – Общая компоновка ВАЗ-1111 «Ока»