

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



ПОДВЕСКА АВТОМОБИЛЯ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ № 15-18
по дисциплине «Автомобили»
для студентов направления 6.070106 –
« Автомобильный транспорт»
всех форм обучения

Часть 3

Севастополь
2011

Подвеска автомобиля. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Автомобили» / Сост. В.Н. Торлин, С. В. Огрызков, А.Г. Остренко, А. А. Ветрогон, – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 36 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при проведении лабораторных работ по разделу «Подвеска автомобиля» курса «Автомобили». Излагаются основные теоретические сведения, порядок выполнения и требования к оформлению отчетов по проведению лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов направления 6.070106 «Автомобильный транспорт» всех форм обучения.

Методические рекомендации рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автомобильного транспорта (протокол № 7 от 24.01.2011 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент: канд. техн. наук, доц. кафедры АТПП, Рапацкий Ю.Л.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 15 Изучение устройства и принципа действия подвески автомобиля	4
2. Лабораторная работа №16 Исследование упругих характеристик рессорной подвески.....	12
3. Лабораторная работа №17 Изучение конструкции, принципа действия и силовой характеристики телескопических гидравлических амортизаторов.	20
4. Лабораторная работа №18 Исследование динамических процессов в подвеске автомобиля	26
Приложение А Индивидуальное задание. Изучение кинематики двухрычажной подвески	31
Библиографический список.....	35

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: изучить устройство, принцип действия и назначение элементов основных типов подвесок автомобилей

1.1. Теоретический раздел

Подвеска - это совокупность устройств, обеспечивающих упругую связь между несущей системой и мостами или колесами автомобиля, уменьшение динамических нагрузок на несущую систему и колеса, а также затухание колебаний.

Подвеска должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечение постоянного и надежного контакта всех колес автомобиля с поверхностью дороги; наименьшего изменения колеи и углов установки управляемых колес при их перемещении относительно остова; заданной частоты собственных колебаний во всем диапазоне нагрузок и оптимального затухания вынужденных колебаний;
- передача всех сил и моментов от колес (мостов) к несущей системе;
- согласованность кинематики подвески с кинематикой функциональных элементов автомобиля, способных перемещаться относительно несущей системы (рулевого управления, карданной передачи и др.);
- уменьшение или полное исключение "клевка" подрессоренных частей автомобиля при торможении и их "приседания" при разгоне, явлений "галопирования";
- противодействие чрезмерным кренам подрессоренных частей под действием боковых сил ;
- исключение "пробоев" подвески.

Для выполнения перечисленных требований в состав подвески входят направляющее, гасящее устройства и упругий элемент. Подвески автомобилей классифицируют по кинематике направляющего устройства, типу упругого элемента и способу гашения колебаний.

По кинематике направляющего устройства подвески подразделяют на зависимые, применяемые при неразрезном мосте, и независимые, используемые при разрезном мосте.

Зависимые подвески могут быть индивидуальные и балансирные.

При индивидуальной зависимой подвеске все колеса автомобиля снабжены отдельной подвеской. Однако из-за того, что колеса связаны между собой балкой неразрезного моста, перемещения одного из колес (в поперечной плоскости) вызывают также перемещения другого в этой же плоскости, но в противоположном направлении.

При балансирной подвеске два соседних колеса одного борта имеют общую подвеску, что также обуславливает их взаимное перемещение в противоположных направлениях (в продольной плоскости).

Балансирная подвеска допускает значительные угловые перемещения осей тележки и позволяет колесам при неразрезном мосте лучше копировать рельеф местности. Такая подвеска может применяться и при разрезных мостах, обеспечивая упругую связь с несущей системой двух соседних колес одного борта автомобиля.

В зависимости от типа упругого элемента подвески могут быть с металлическими, резиновыми, пневматическими, гидравлическими или комбинированными упругими элементами; от способа гашения колебаний — подвески с гидравлическими амортизаторами и гашением колебаний за счет механического трения в упругом элементе и направляющем устройстве.

1.2. Лабораторное оборудование

Стенды с устройством подвесок автомобилей ВАЗ-2101 «Жигули», ГАЗ-24-10 «Волга»; ВАЗ 2108, автомобили ЗАЗ-1102 «Таврия», ЗИЛ-130.

1.3. Порядок проведения экспериментальных исследований

1. Изучить различные типы подвесок, составить кинематические схемы подвесок с указанием размеров деталей.
2. Выполнить индивидуальное задание, приведенное в приложении А.

1.3.1. Зависимая подвеска грузовых автомобилей.

Зависимые рессорные подвески автомобилей показаны на рисунке 1.1 и 1.2.

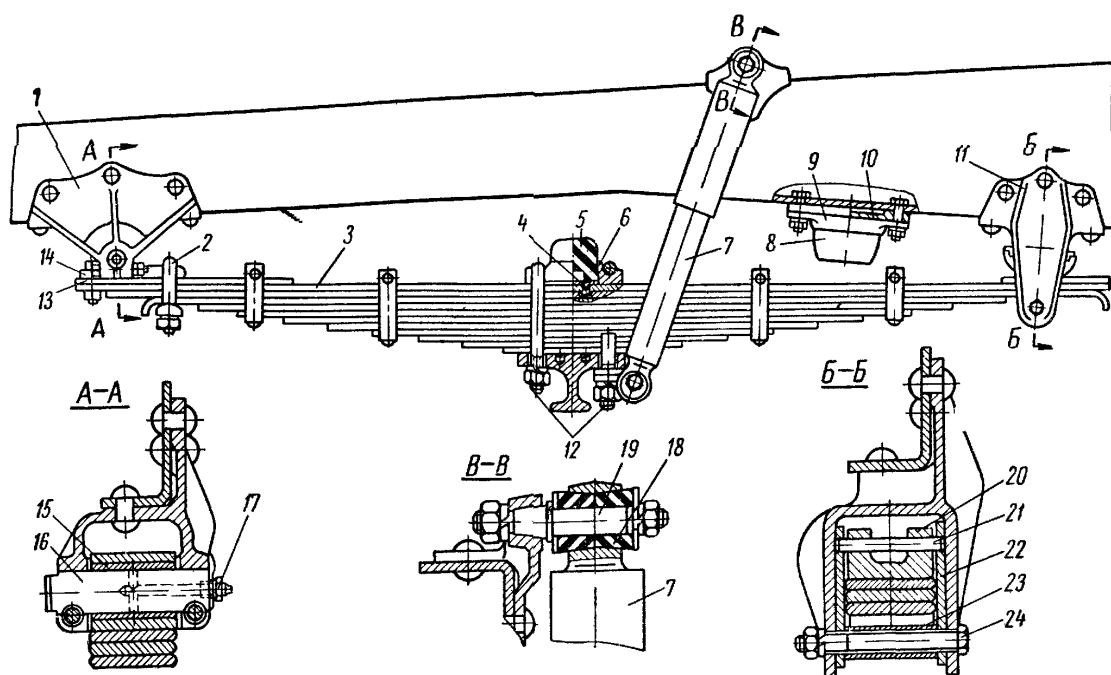


Рисунок 1.1 - Передняя подвеска автомобиля ЗИЛ 130-76

1 - передний кронштейн; 2 - стремянка ушка; 3 - рессора из т-образного профиля; 4 - фиксатор накладки; 5 - буфер рессоры; 6 - накладка; 7 - амортизатор; 8 - буфер; 9 - обойма; 10 - проставка; 11 -

задний кронштейн; 12 - стремянки; 13 - прокладка ушка рессоры; 14 - ушко рессоры; 15 - втулка ушка; 16 - палец рессоры; 17 - масленка; 18 - резиновая втулка; 19 - палец амортизатора; 20 - сухарь; 21 - палец сухаря; 22 - вкладыш; 23 - втулка стяжного болта; 24 - стяжной болт.

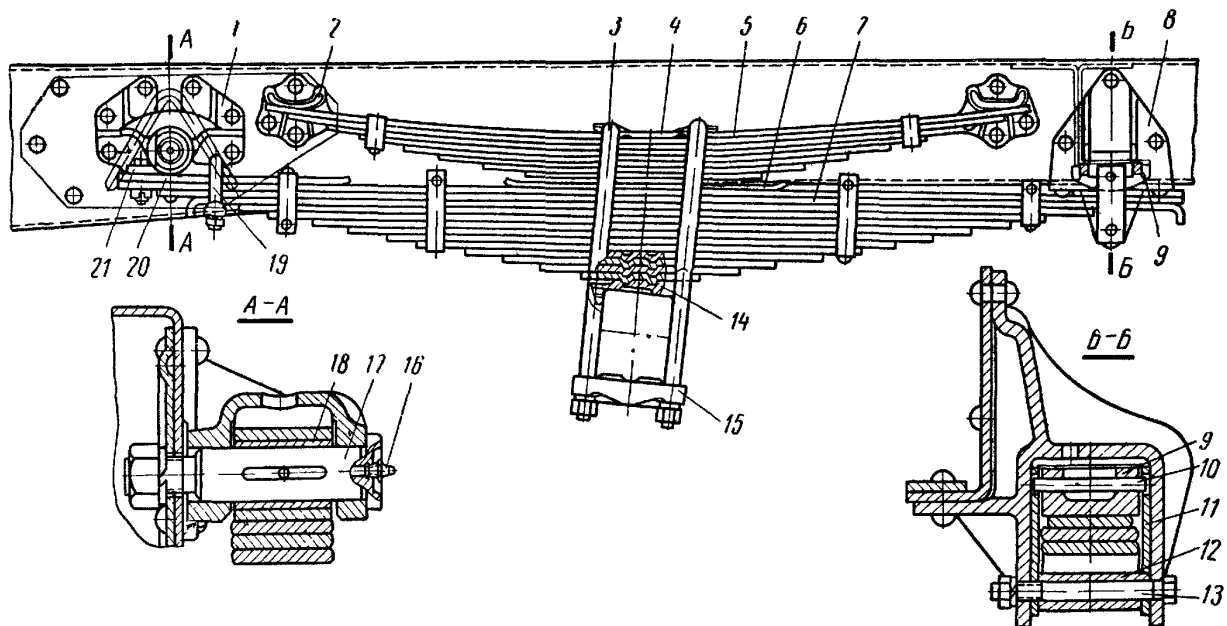


Рисунок 1.2 - Задняя подвеска автомобиля ЗИЛ-130-76

1 - передний кронштейн задней рессоры, 2 - кронштейн дополнительной рессоры, 3 - стремянка, 4 - накладка, 5 - дополнительная рессора, 6 - промежуточный лист, 7 - задняя рессора, 8 - задний кронштейн задней рессоры, 9 - сухарь, 10 - палец сухаря, 11 - вкладыш, 12 - втулка стяжного болта, 13 - стяжной болт, 14 - проставка задней рессоры, 15 - прокладка стремянок, 16 - масленка, 17 - палец рессоры, 18 - втулка ушка, 19 - стремянка ушка, 20 - прокладка ушка рессоры, 21 - ушко рессоры

Рассмотрим заднюю подвеску автомобиля ЗИЛ-130-76. Листы рессор выполнены из Т-образного профиля. Передняя подвеска снабжена гидравлическим телескопическим амортизатором. Задняя подвеска оснащена дополнительной рессорой.

1.3.2. Независимая рычажная подвеска передних колес легкового автомобиля

Рычажная независимая подвеска передних колес автомобилей семейства ВАЗ 2101-2107 показана на рисунке 1.3. Верхний и нижний рычаг имеют разную длину. Это позволяет при максимальном подъеме колеса ограничить угол наклона колеса до небольшого значения, при котором гироскопический момент не превышает сил трения в системе управляемого колеса и не провернет его относительно оси поворота. Изменение колеи передних колес должно составлять не более 4-5 мм и компенсироваться деформацией шин.

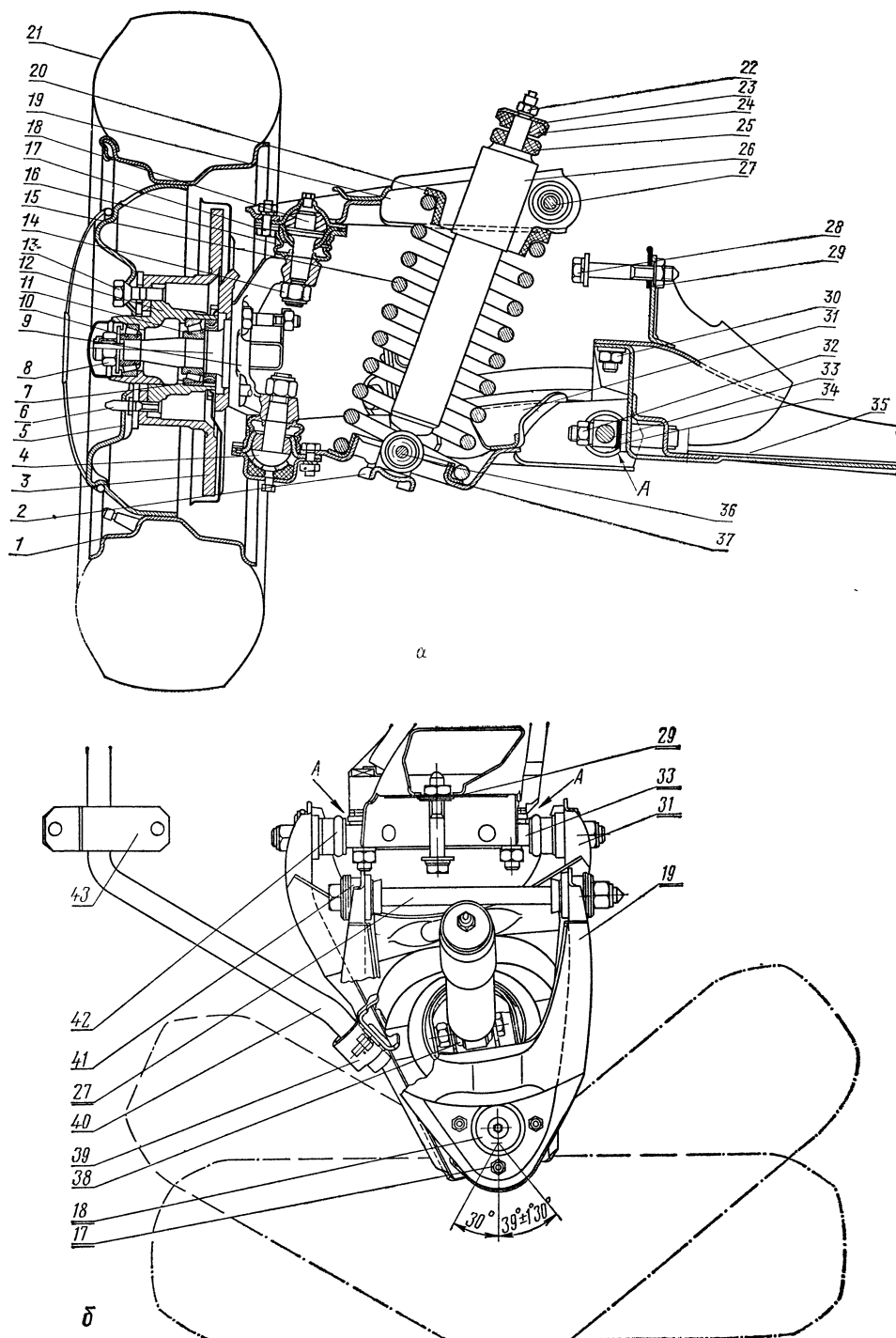


Рисунок 1.3 - Независимая рычажная подвеска

1 - обод колеса, 2 - кронштейн крепления амортизатора, 3 - диск тормоза, 4 - шаровой нижний шарнир, 5 - колесо, 6 - установочный болт, 7 - сальник, 8 - гайка, 9 - поворотная стойка, 10 - наружный подшипник ступицы, 11 - внутренний подшипник ступицы, 12 - ступица, 13 - болт крепления колеса, 14, 32 - гайка, 15 - пружина передней подвески, 16 - защитный чехол шарового пальца, 17 - болт крепления шарового пальца, 18 - шаровой верхний шарнир 19 - верхний рычаг передней подвески, 20 - изолирующая резиновая прокладка 21 - шина, 22 - гайка крепления амортизатора, 23 - шайба, 24 - верхняя резиновая подушка, 25 - нижняя резиновая подушка, 26 - амортизатор, 27 - ось верхнего рычага, 28 - болт крепления поперечины, 29 - регулировочные пластины 30 - болт, 31 - нижний рычаг передней подвески, 33 - ось нижнего рычага 34 - дистанционная и регулировочные шайбы, 35 - поперечина передней

подвески, 36 - болт креплений амортизатора, 37 - прокладка, 38 - втулка амортизатора, 39 - кронштейн (скоба) стабилизатора 40 - стабилизатор поперечной устойчивости, 41 - втулка верхнего рычага, 42 - втулка нижнего рычага, 43 - кронштейн подушки стабилизатора, 44 - гайка

1.3.3. Независимая рычажно-телескопическая подвеска

В настоящее время подвеска данного типа широко применяются в переднеприводных легковых автомобилях.

Особенностью такой подвески является возможность совмещения в стойке функций направляющего и гасящего устройств, что приводит к упрощению конструкции и снижению массы подвески по сравнению с подвеской на двух поперечных рычагах. В подвеске рычажно-телескопического типа подрессоренная масса передается на пружину, поэтому при одинаковых жесткостях масса ее меньше.

Передняя подвеска автомобиля ЗАЗ-1102 показана на рисунке 1.4.

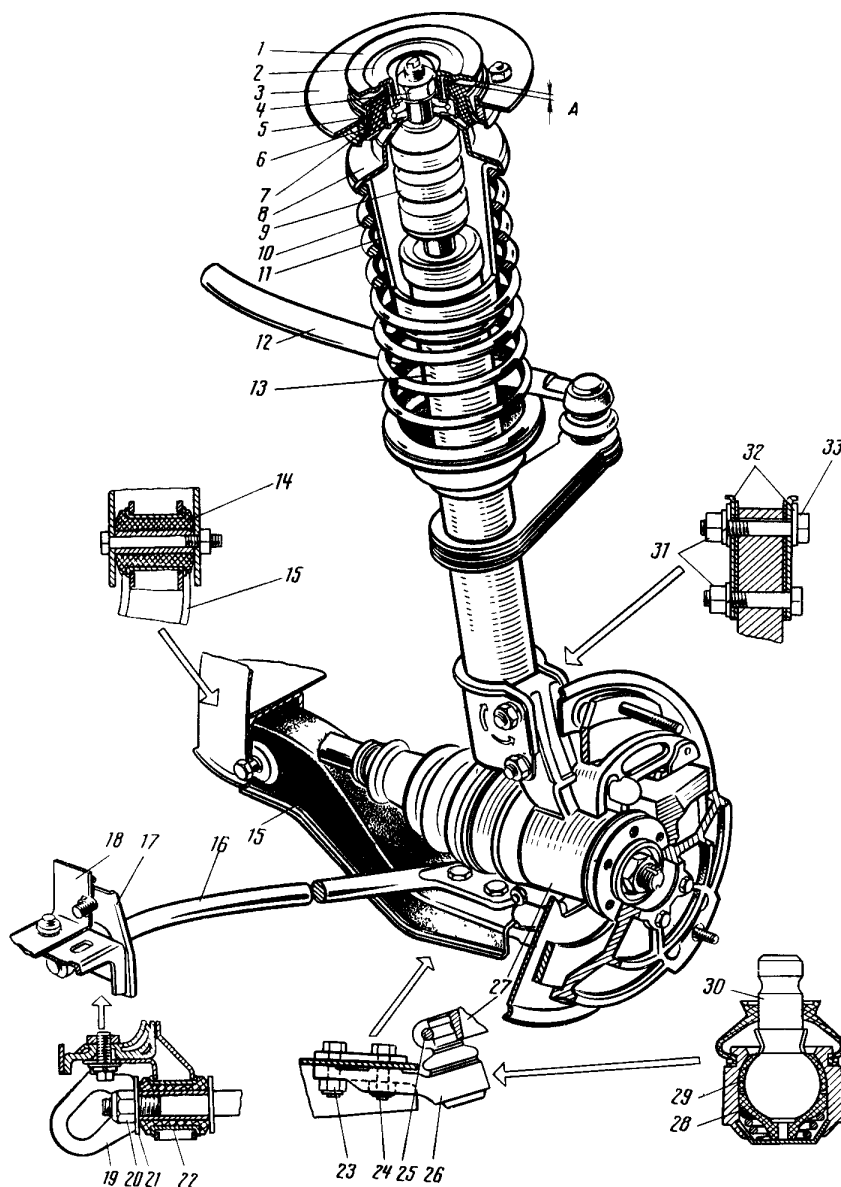


Рисунок 1.4 - Передняя подвеска с шарнирным валом (левая сторона)
1 - ограничитель хода верхней опоры, 2 - колпачок, 3 - чашка кузова, 4 -

гайка, 5 - подшипник упорный, 6 - опора, 7 - прокладка, 8 - чашка опорная пружины, 9 - буфер, 10 - пружина, 11 - чехол, 12 - тяга рулевая, 13 - амортизационная стойка, 14 - сайлентблок рычага, 15 - рычаг, 16 - штанга реактивная, 17- кронштейн, 18 - поперечина кузова, 19 - буксирная проушина, 20 - гайка крепления реактивной штанги, 21 - шайба, 22 - сайлентблок, 23 - гайка крепления нижнего шарнира, 24 - болт, 25 - стяжной болт клеммного соединения 26 - шарнир нижний, 27 - поворотный кулак, 28, 29 - вкладыши нижний и верхний 30 - палец шаровой 31 - гайки крепления амортизационной стойки с поворотным кулаком, 32— шайбы специальные, 33—болт специальный.

1.3.4. Независимая подвеска задних колес

Задняя подвеска автомобиля ЗАЗ-1102 (рисунок 1.5) независимая, рычажная со связующей поперечиной. Рычаги и связующая поперечина выполнены в форме балки из низколегированной стали, которая выполняет функцию стабилизатора при движении автомобиля. К балке на закруглениях приварены кронштейны, с помощью которых подвеска крепится шарнирно к кронштейнам кузова болтами с гайками и резинометаллическими шарнирами. Амортизаторы в сборе с пружинами верхней частью крепятся к опоре приваренной к кузову. Нижними шарнирами амортизаторов являются резинометаллические шарниры, верхними — резиновые подушки

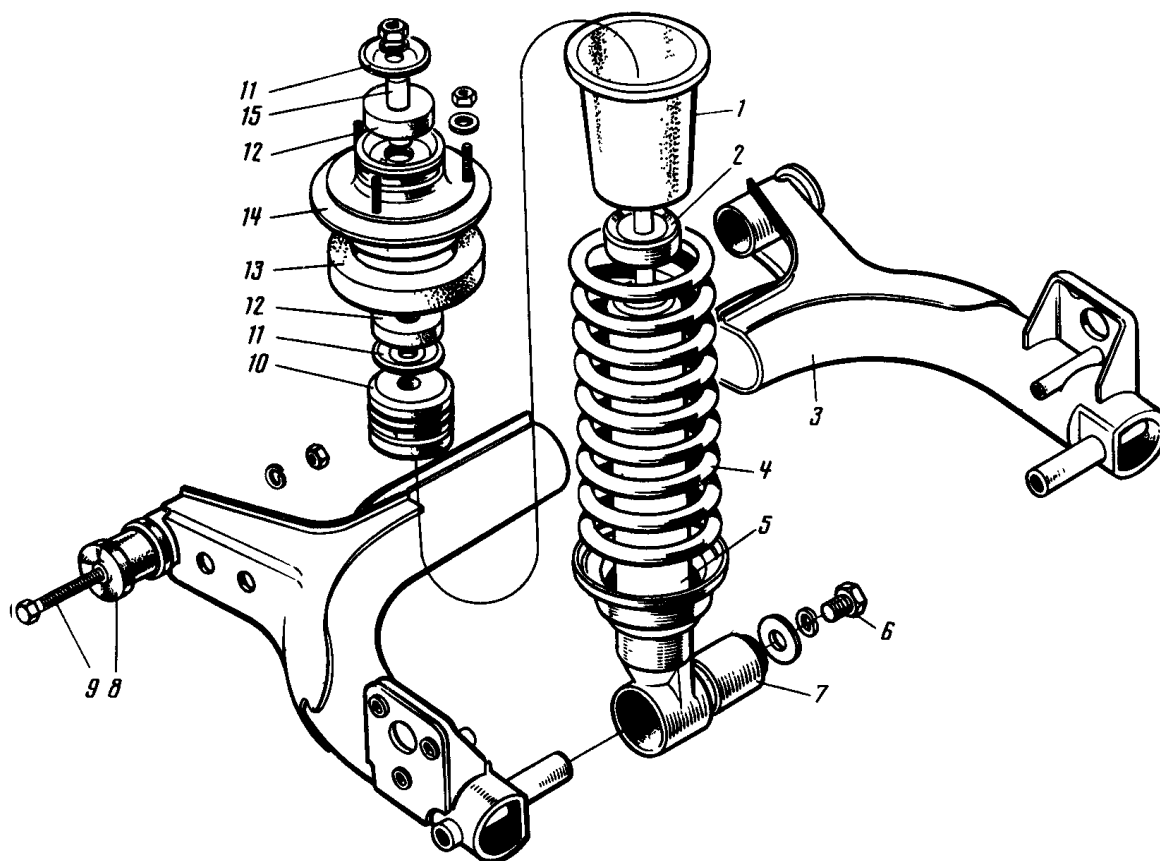


Рисунок 1.5 - Детали задней подвески

1 — чехол, 2 — обойма буфера, 3 — балка, 4 — пружина, 6 —

амортизатор, 6 — болт крепления нижнего шарнира, 7 — сайлентблок амортизатора, 8—сайлентблок балки, 9—болт крепления балки, 10—буфер 11—обойма, 12—подушка амортизатора, 13—прокладка изоляционная, 14— опора пружины, 15 — втулка.

1.3.4. Зависимая подвеска задних колес

Балка заднего моста автомобиля ВАЗ 2101-2107 (рисунок 1.6) крепится к кузову автомобиля при помощи реактивных штанг: двух верхних продольных, двух нижних продольных и одной поперечной.

Продольные штанги предназначены для передачи толкающих и тормозных усилий от ведущих колес через балку на кузов. Поперечная штанга удерживает кузов от боковых перемещений. Все крепления штанг, как к балке заднего моста, так и к кузову шарнирные, выполненные на резиновых втулках.

Основной элемент упругого устройства - витая цилиндрическая пружина.

Ход задней подвески ограничен двумя основными и одним дополнительным буферами сжатия.

В качестве основного элемента гасящего устройства применены два гидравлических амортизатора.

Втулки шарнирных соединений и изолирующие прокладки пружин также являются элементами гасящего устройства, поглощающими микроколебания и уменьшающими вибрацию кузова, которые возникают при движении автомобиля.

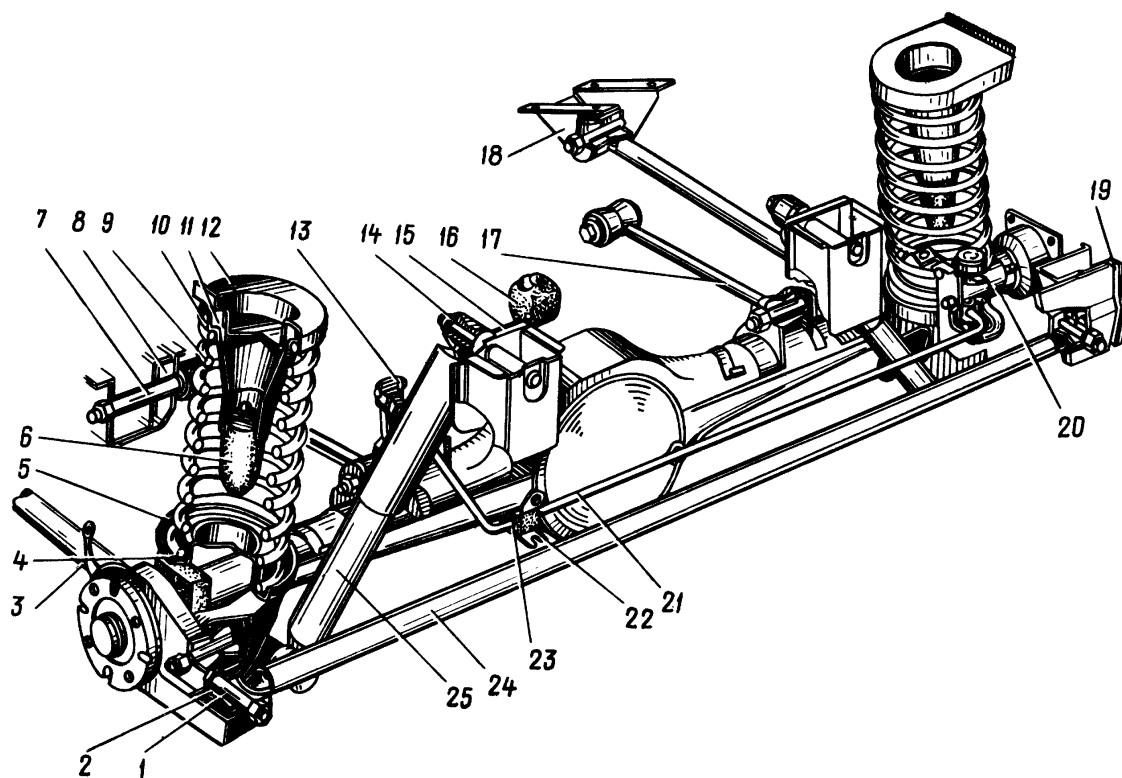


Рисунок 1.6 — Задняя подвеска

1—распорная втулка, 2—резиновая втулка, 3—нижняя продольная штанга, 4—нижняя изолирующая прокладка пружины, 5—нижняя опорная чашка

пружины, 6—буфер хода сжатия, 7—болт крепления верхней продольной штанги, 8—кронштейн крепления верхней продольной штанги, 9—пружина подвески, 10—верхняя чашка пружины, 11— верхняя изолирующая прокладка пружины, 12—опорная чашка пружины, 13—тяга рычага привода регулятора давления задних тормозов, 14—резиновая втулка проушины амортизатора, 15—кронштейн крепления амортизатора, 16—дополнительный буфер хода сжатия, 17—верхняя продольная штанга, 18—кронштейн крепления нижней продольной штанги, 19—кронштейн крепления поперечной штанги к кузову, 20—регулятор давления задних тормозов, 21—рычаг привода регулятора давления, 22—обойма опорной втулки рычага, 23—опорная втулка рычага, 24—поперечная штанга, 25—амортизатор.

1.4. Содержание отчета

Кинематические схемы изучаемых подвесок, с указанием названий и размеров основных деталей.

1.5. Контрольные вопросы

1. Назначение и функции подвески;
2. Назначение упругих элементов;
3. Назначение демпфирующих элементов;
4. Назначение направляющих элементов;
5. Перечислить типы упругих элементов.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16 ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕССОРНОЙ ПОДВЕСКИ

Цель работы: изучить особенности рессорной подвески, исследовать упругие характеристики рессорных подвесок различных типов.

2.1. Общие теоретические положения

2.1.1. Упругая характеристика подвески

Упругий элемент уменьшает динамические нагрузки, возникающие в процессе взаимодействия колес с полотном дороги и передаваемые от колес (мостов) к несущей системе, определяют частоту свободных колебаний автомобиля и значения перемещений колес относительно несущей системы. При малой угловой жесткости подвески упругий элемент должен также уменьшать крен кузова при действии на него боковой силы и обеспечивать взаимную связь между вертикальными перемещениями колес одного моста. Для этого упругий элемент дополняют стабилизатором поперечной устойчивости.

В данной работе рассматривается рессорная подвеска, которая в настоящее время применяется в основном на грузовых автомобилях.

Свойства упругого элемента оценивают характеристикой упругих свойств подвески, представляющей собой зависимость вертикальной (нормальной) нагрузки Z на колесо автомобиля от деформации f подвески, измеренной непосредственно над осью колеса.

Частота колебаний подвески определяется по формуле:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}}, \quad (2.1)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с²;

f_{CT} - статический прогиб подвески, м,

или графической зависимости, изображенной на рисунке 2.1.

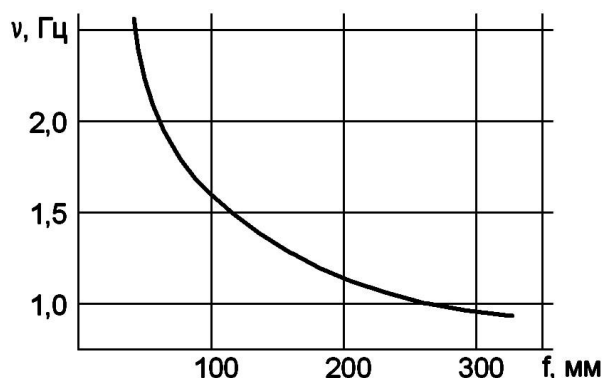


Рисунок 2.1 – График зависимости частоты колебаний поддрессоренных масс от статического прогиба

Жесткость подвески C_{II} определяется тангенсом угла наклона касательной к характеристике упругих свойств подвески.

При статической нагрузке

$$C_{II} = \frac{Z_{CT}}{f_{CT}} \quad \text{или} \quad C_{II} = \frac{Z_{CT}}{f_{CT.\Phi}}.$$

Из приведенного выражения видно, что жесткость и статический прогиб взаимосвязаны. Однако прогиб дает большую информацию о качестве подвески, чем жесткость, поскольку учитывает нагрузку, приходящуюся на подвеску.

Учитывая, что характеристика упругих свойств подвески криволинейна, жесткость в ее произвольной точке

$$C_{II} = \frac{dZ}{df},$$

где Z, f - соответственно нагрузка и прогиб в любой точке характеристики.

Так как для обеспечения требуемой плавности хода частота колебаний поддрессоренных масс должна оставаться постоянной и при нелинейной характеристике упругих свойств подвески, то данная характеристика должна удовлетворять условию

$$Z = f \frac{dZ}{df} = \text{const.} \quad (2.2)$$

Из выражения (2.2) получаем

$$\frac{dZ}{df} = \frac{Z}{f}. \quad (2.3)$$

Проинтегрировав (2.3) с учетом начальных условий $Z = Z_0$ и $f = f_0$ получим,

$$\ln Z = \frac{f}{f_0} + c,$$

откуда

$$c = \ln Z_0 - 1.$$

Тогда

$$Z = Z_0 e^{f/f_0 - 1}. \quad (2.4)$$

Проанализировав выражение (2.4), можно сделать вывод о том, что частота собственных колебаний кузова будет постоянной и независимой

от нагрузки при изменении характеристик подвески по показательному закону.

Однако существующие упругие элементы не обеспечивают выполнения условия (2.4), поэтому для сохранения принятой частоты колебаний в средней, наиболее часто встречающейся зоне деформаций, принимают, что при отклонении подвески в обе стороны от статического положения по деформации на значение $0,6 f_{CT}$ и по нагрузке примерно на 20% от Z_{CT} характеристика упругих свойств подвески должна быть линейной. Таким образом, желаемая характеристика упругих свойств подвески линейна в средней части и не линейна как при небольших, так и при больших деформациях.

2.1.2. Типы рессорных подвесок

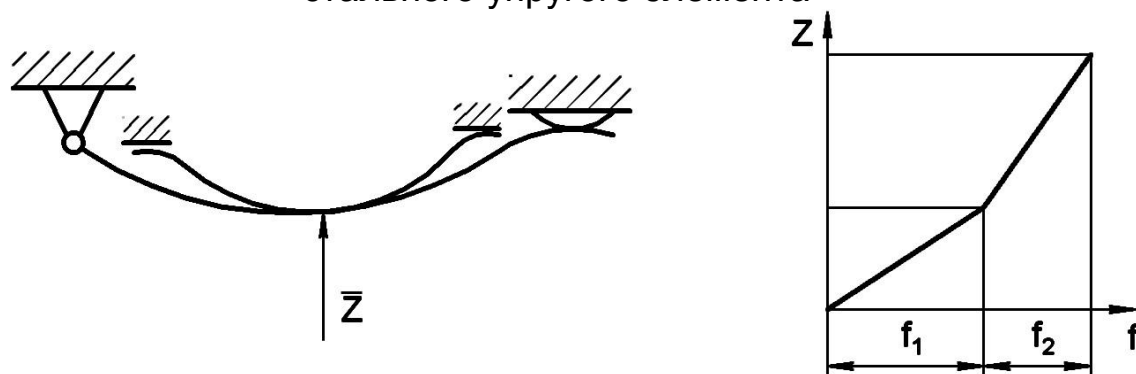
В зависимых подвесках грузовых автомобилей в качестве упругого элемента наиболее часто применяют листовую рессору.

В связи с тем, что характеристика стального упругого элемента линейна, одинарный упругий элемент (рисунок 2.2) не обеспечивает криволинейной характеристики подвески.

Для приближения характеристики упругих свойств подвески со стальным упругим элементом, к желаемой применяют двойные упругие элементы (рисунок 2.3).



Рисунок 2.2 – Кинематическая схема и характеристика одинарного стального упругого элемента



f_1 - деформация основного упругого элемента; f_2 - совместная деформация основного и дополнительного упругих элементов

Рисунок 2.3 – Кинематическая схема и характеристика двойного стального упругого элемента:

Криволинейную (ломаную) характеристику упругих свойств (рисунок 2.4) имеет рессора переменной жесткости.

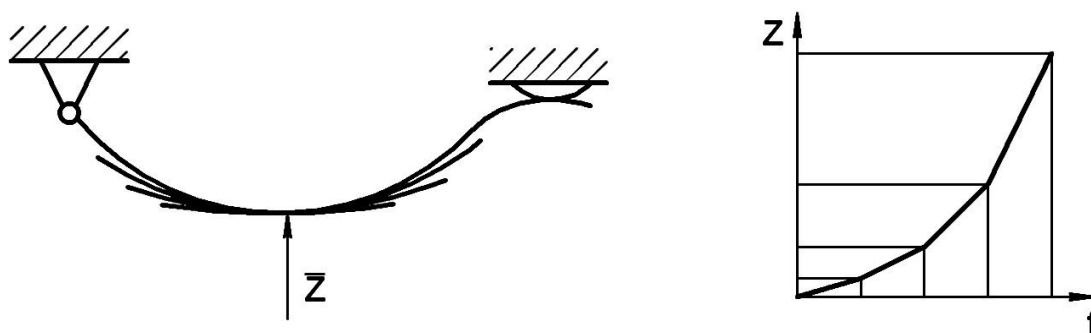


Рисунок 2.4 – Кинематическая схема и характеристика рессоры переменной жесткости

В такой рессоре пакет собирают из листов различной кривизны, причем радиус кривизны основного (коренного) листа наименьший. По мере удаления листов от коренного листа радиус их кривизны возрастает. Подобная конструкция рессоры обеспечивает последовательное включение листов в работу вследствие чего и достигается криволинейность характеристики.

Нелинейную характеристику подвески можно получить, используя резиновые упругие элементы. Однако из-за ограниченной деформации резины, обычно не превышающей половины высоты изготовленного из нее упругого элемента, и низких (до 7МПа) допускаемых напряжений сжатия резиновые упругие элементы самостоятельно применяют редко. Чаще всего резину используют в дополнительных упругих элементах (буферах-ограничителях) для приближения характеристики упругих свойств подвески со стальным упругим элементом к желаемой (рисунок 2.5). При построении характеристики подвески с резиновым буфером-ограничителем значение хода подвески до касания буфера выбирают в пределах, для легковых автомобилей $f_1 = f_{CT} + (0,6...0,7)f_D$, для грузовых - $f_1 = f_{CT} + (0,7...0,8)f_D$.

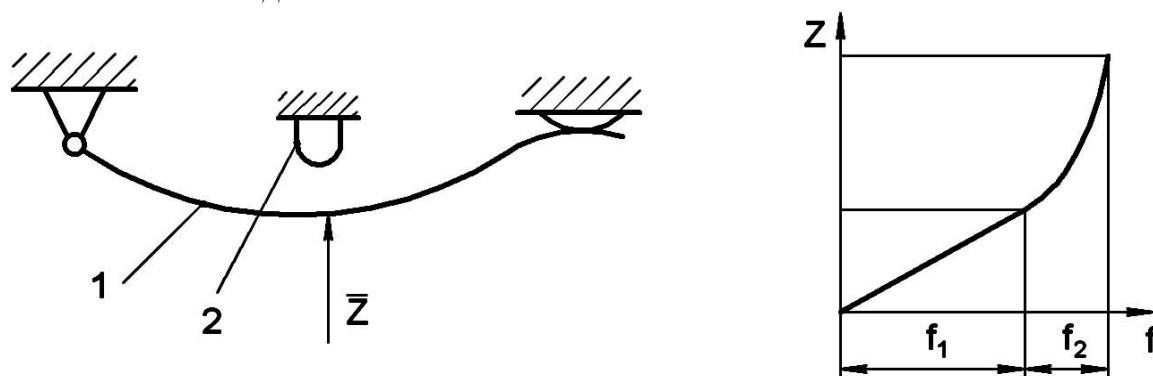


Рисунок 2.5 – Кинематическая схема и характеристика стального упругого элемента с резиновым буфером-ограничителем:

1 - стальной упругий элемент; 2 - резиновый буфер-ограничитель; f_1 - деформация стального упругого элемента; f_2 - совместная деформация стального и резинового упругих элементов

Использование в подвеске резиновых буферов-ограничителей позволяет получить нелинейную характеристику упругих свойств подвески при больших значениях деформаций.

Теоретически жесткость листа рессоры можно рассчитать по формуле:

$$C = \frac{3 \cdot E \cdot J_{\Sigma} \cdot L_P}{l_1^2 \cdot l_2^2} \text{ – для несимметричной рессоры,}$$

$$C = \frac{48 \cdot E \cdot J_{\Sigma}}{L_P^3} \text{ – для симметричной рессоры,}$$
(2.5)

где E – модуль продольной упругости, для стали $E=210$ ГПа;

J_{Σ} – суммарный момент инерции поперечного сечения рессоры. Для прямоугольного сечения размерами $b \times h$ и количества листов n

$$J_{\Sigma} = \frac{b \cdot h^3 \cdot n}{12},$$

где L_P – расстояние между точками крепления рессор;

l_1^2, l_2^2 – длины соответствующих частей рессоры.

Для сборной рессоры на жесткость влияет сопротивление перемещения концов рессор

2.2. Лабораторное оборудование

1. Лабораторная установка для деформации рессор.
2. Образцы рессор.
3. Резиновый упругий элемент.
4. Динамометр ДОСМ-1, с микрометрическим индикатором. Цена деления Н/мкм.
5. Штангенциркуль ШЦ-1

2.3. Порядок выполнения работы

1. Исследование упругой характеристики одиночной листовой рессоры с резиновым упругим элементом.

– Измерить и записать геометрические параметры листа рессоры. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

– Установить одиночную рессору и упругий элемент на лабораторную установку.

– Установить динамометр на лабораторную установку. Записать цену деления шкалы динамометра.

– Производить нагружение рессоры с помощью винта. Через каждые 5 мм деформации рессоры производить наблюдение силы упругости и

записывать показания динамометра в таблицу. Определить деформацию f_1 при которой вступает в действие резиновый элемент.

– Нагружение производить до тех пор пока деформация резинового упругого элемента не составит примерно 0,6–0,5 его высоты.

2. Исследование упругой характеристики рессоры переменной жесткости.

– Измерить и записать геометрические параметры листов рессоры. Результаты измерений занести в таблицу.

– Произвести построения упругих характеристик каждого листа рессоры. Измерения производить по 3-5 точкам. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

– Собрать листы и закрепить с помощью болта.

– Установить рессору на лабораторную установку и произвести построение упругой характеристики рессоры переменной жесткости. Если характеристика получилась ступенчатой, определить деформации f_1, f_2, f_3 при которой вступают в действие каждый лист рессоры. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица 2.1 – Результаты измерений и вычислений

Опыт		Перемещение f , мм	Показание индикатора, мкм	Сила упругости, $F_{упр}$, Н	Жесткость, С, Н/м	
					Теор.	Практ.
Одиночная рессора с упругим резиновым элементом L= b= h=						
Сборная рессора переменной жесткости	Лист №1 L= b= h=					
	Лист №2 L= b= h=					
	Лист №3 L= b= h=					

Продолжение таблицы 2.1.

Опыт		Перемещение f , мм	Показание индикатора, мкм	Сила упругости, $F_{УПР}$, Н	Жесткость, C , Н/м	
					Теор.	Практ.
	Рессора в сборе $L=$ $b=$ $h=$ $n=$ $f_1=$ $f_2=$ $f_3=$					

2.4. Обработка результатов измерений

1. Построение упругой характеристики одиночной листовой рессоры с резиновым упругим элементом:

– По результатам измерений построить упругую характеристику одиночной рессоры с резиновым упругим элементом. Определить зоны работы рессоры и зону работы резинового элемента.

– Произвести линейную интерполяцию зоны работы одиночной рессоры и криволинейную зоны работы резинового элемента.

– Рассчитать теоретическую жесткость листа рессоры по формуле (2.5).

– По полученной линейной характеристике рассчитать жесткость рессоры

$$C = \frac{\Delta F_{УПР}}{\Delta f}, \quad (2.6)$$

где $\Delta F_{УПР}$ – приращение силы упругости, Н

Δf – приращение деформации, мм.

– Определить суммарную жесткость в конце деформации, проведя касательную нелинейному участку характеристики, по формуле (2.6).

2. Построение упругой характеристики рессоры переменной жесткости:

– Произвести построение линейных характеристик каждого листа рессоры.

– Рассчитать теоретическую жесткость каждого листа рессоры по формуле (2.5) и практическую жесткость каждого листа рессоры по формуле (2.6).

– Произвести построение упругой характеристики рессоры

переменной жесткости. Определить зоны работы листов рессоры.

- Произвести линейную интерполяцию на каждом участке.
- Произвести расчет жесткости рессоры на каждом участке по формуле (2.6).

3. Сделать выводы по полученным зависимостям.

2.5. Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки.
2. Схема экспериментов.
3. Расчетные формулы (2.5) и (2.6).
4. Таблица с измерениями и расчетами.
5. Графики упругих характеристик.
6. Выводы.

2.6. Контрольные вопросы

1. Назначение упругих элементов;
2. Типы рессорных подвесок;
3. Пути получения нелинейной характеристики подвески;
4. Назначение и характеристика буфера-ограничителя;
5. Теоретическое и практическое определение жесткости листов рессоры.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ

Цель работы: изучить устройство и принцип действия телескопических гидравлических амортизаторов и исследовать силовую характеристику.

3.1. Общие сведения

Амортизатор служит для гашения колебаний кузова, которые возникают из-за работы упругого элемента (пружины, торсиона, рессоры). Жесткость амортизатора определяет скорость гашения колебаний. Жесткие амортизаторы (большое усилие на штоке) не позволяют корпусу раскачиваться с большой амплитудой и гасят колебания мгновенно, но передают на корпус все мелкие неровности дороги в виде вибраций. Мягкие (малое усилие на штоке) гасят все вибрации и возмущения плавными колебаниями, но снижают реакцию автомобиля на руление.

Все современные гидравлические телескопические амортизаторы, применяемые в автомобилестроении, по своей конструкции подразделяются на три категории. Первую составляют чисто гидравлические двухтрубные амортизаторы (масляные), в которых шток с поршнем перемещается во внутреннем рабочем цилиндре, вытесненное при движении штока внутрь масло перетекает во внешний цилиндр, который служит корпусом амортизатора. При этом компенсационный объем внешнего цилиндра заполнен обычным воздухом при атмосферном давлении. Главный недостаток в том, что масло при работе вспенивается и ухудшает работу клапанов амортизатора во время быстрых ходов поршня.

Вторая группа газонаполненные амортизаторы низкого давления, которые часто называют "поддутыми". Они отличаются от первых тем, что в компенсационную емкость внешнего цилиндра закачивают азот под давлением в 2-3 атмосферы. Давление газа внутри них обеспечивает более стабильную работу масла за счет того, что оно не вспенивается.

Амортизаторы третьей группы - однотрубные высокого давления. Их корпус является одновременно и рабочим цилиндром, а компенсационный объем заполнен азотом под давлением от 5 до 25 атмосфер, и отделен от рабочего свободно плавающим разделительным поршнем. Высокое давление еще сильнее уменьшает тенденцию масла к вспениванию, даже при очень быстрой работе. Они могут работать при любой ориентации в пространстве.

Соппротивление колебательным движениям рамы в гидравлическом амортизаторе создается при перекачивании жидкости через небольшие отверстия в его корпусе. При увеличении скорости относительных перемещений оси и рамы резко возрастает сопротивление амортизатора. Амортизаторы заполняют специальной жидкостью, вязкость которой мало изменяется в зависимости от окружающей температуры.

Колебания рамы можно представить себе состоящим из двух следующих движений

- хода сжатия рессоры, когда рама и мост сближаются;
- хода отдачи, когда рама и мост расходятся.

Амортизатор одностороннего действия гасит колебания лишь, во время хода отдачи. Амортизатор двустороннего действия способствует более плавной работе подвески, так как поглощает энергию колебаний, как при отдаче, так и при сжатии. Вследствие этого амортизаторы двустороннего действия почти полностью вытеснили амортизаторы одностороннего действия.

Соппротивление, создаваемое амортизатором двустороннего действия неодинаково при сжатии и отдаче. Соппротивление при сжатии составляет 20 — 25% соппротивления при отдаче, так как необходимо, чтобы амортизатор гасил в основном свободное колебание подвески при отдаче и не увеличивал жесткость упругого элемента при сжатии. В подвесках автомобилей и автобусов ставят четыре амортизатора, ранее в подвесках грузовых автомобилей часто устанавливали только два (только в передней подвеске).

3.2 Устройство и работа телескопического амортизатора

Рабочий цилиндр 18 (рис. 3.1) амортизатора и часть окружающего его наружного корпуса заполнены специальной жидкостью. Внутри цилиндра помещен поршень 14 со штоком 19, на конце которого находится резьба.

Штоком амортизатор соединен с рамой или кузовом, а проушиной корпуса — с балкой моста или рычагом колеса

Сверху цилиндр 18 закрыт направляющей 20 штока 19, а снизу — днищем, являющимся одновременно корпусом клапана сжатия. В поршне 14 по окружностям разного диаметра равномерно расположены два ряда отверстий. Отверстия 6 на большом диаметре закрыты сверху тарельчатым клапаном 5 сжатия. Отверстия на малом диаметре закрыты снизу клапаном 7 отдачи, поджатым пружиной 8. В нижней части цилиндра 18 запрессован корпус перепускного клапана сжатия, состоящего из клапана 10 сжатия и пружины 11. В корпусе перепускного клапана сжатия, аналогично поршню амортизатора, имеется ряд отверстий, расположенных на большом диаметре. Отверстия 13 на большом диаметре закрыты сверху перепускным клапаном отдачи 9. Для работы амортизатора большое значение имеет герметичность его полостей. Поэтому верхний конец штока уплотнен резиновыми сальниками.

Во время плавного, хода сжатия рессоры в случае наезда колеса на небольшое препятствие, шток и поршень, опускаясь вниз, вытесняют основную часть жидкости из пространства под поршнем в пространство над поршнем через клапан сжатия 5, имеющий слабую пружину и незначительное соппротивление. При этом часть жидкости, равная объему штока, вводимого в рабочий цилиндр, через калиброванные отверстия перепускного клапана 10 сжатия перетекает в полость резервуара.

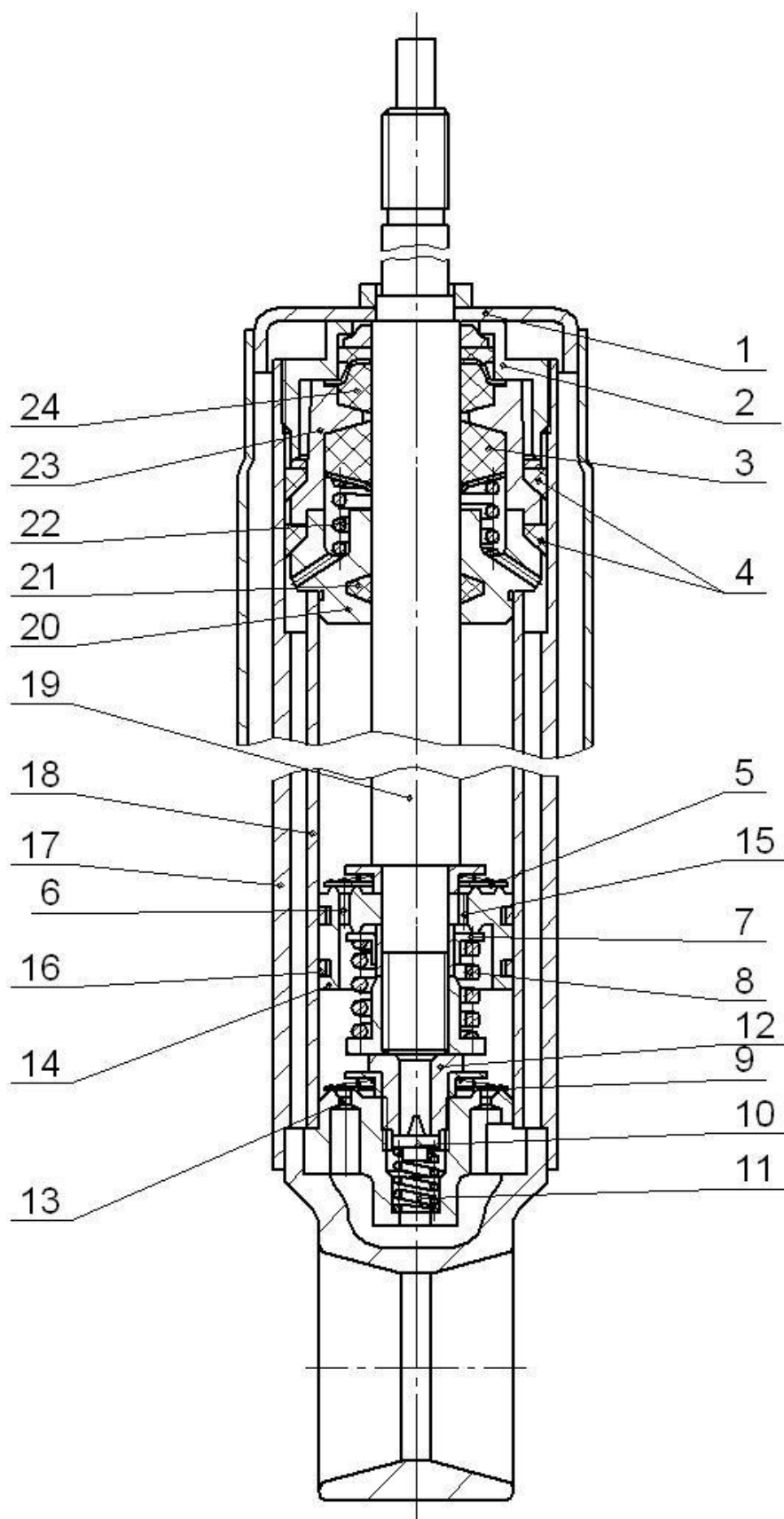


Рисунок 3.1 - Телескопический амортизатор:

1 — проушины; 2 — гайка резервуара; 3 — сальник штока; 4 — сальник обоймы; 5 — клапан сжатия; 6 — отверстия наружного ряда; 7 — клапан отдачи; 8, 11 и 22 — пружины; 9 — перепускной клапан отдачи; 10 — перепускной клапан сжатия; 12 — гайка; 13 — отверстия перепускного клапана; 14 — поршень; 15 — отверстия внутреннего ряда; 16 —

поршневое кольцо; 17 — корпус резервуара; 18 - рабочий цилиндр; 19 - шток поршня; 20 — направляющая штока; 21 — сальник направляющей; 23 — обойма сальников; 24 — войлочные сальники штока.

Сопротивление хода сжатия в основном пропорционально квадрату скорости перетекания.

При резком ходе сжатия и большой скорости движения поршня возросшее давление жидкости открывает перепускной клапан сжатия на большую величину, преодолевая сопротивление пружины 11, вследствие чего уменьшается нарастание сопротивления перетекания жидкости.

Во время хода отдачи поршень движется вверх и сжимает жидкость, находящуюся, над поршнем. Клапан сжатия 5 закрывается, и жидкость через внутренний ряд отверстий 15 и клапан 7 отдачи перетекает в пространство под поршнем. Необходимое сопротивление амортизатора создается жесткостью дискового клапана отдачи и его пружины 8. При этом часть жидкости, равная объему штока, выводимого из цилиндра, через отверстия 13 и перепускной клапан отдачи 9 из полости резервуара перетекает в рабочий цилиндр 18. При резком ходе отдачи жидкость открывает клапан 7 отдачи на более значительную величину, преодолевая сопротивление пружины 8.

Сопротивление амортизатора определяется размерами отверстий в корпусах клапанов отдачи и сжатия и усилиями их пружин. Подвеска оказывает большое влияние на безопасность дорожного движения, поэтому на ее состояние всегда обращают самое серьезное внимание.

3.3. Силовые характеристики амортизатора

Усилие на штоке поршня в зависимости от скорости можно рассчитать по следующим формулам:

$$P_O = V_{ам}^2 \frac{(S_{II} - S_{III})^3 \rho}{2\mu^2 S_O^2}, \quad (3.1)$$

$$P_C = V_{ам}^2 \frac{S_{II}^3 \rho}{2\mu^2 S_C^2},$$

где P_O и P_C - усилие отбоя и усилие сжатия соответственно, Н;

$V_{ам}$ - скорость штока амортизатора, м/с;

$S_{II}, S_{III}, S_O, S_C$ - площади поршня, штока, клапана отбоя, клапана сжатия соответственно, м.

$\mu = 0,7$ - коэффициент расхода;

$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ - плотность жидкости.

Характеристика амортизатора приведена на рисунке 3.2.

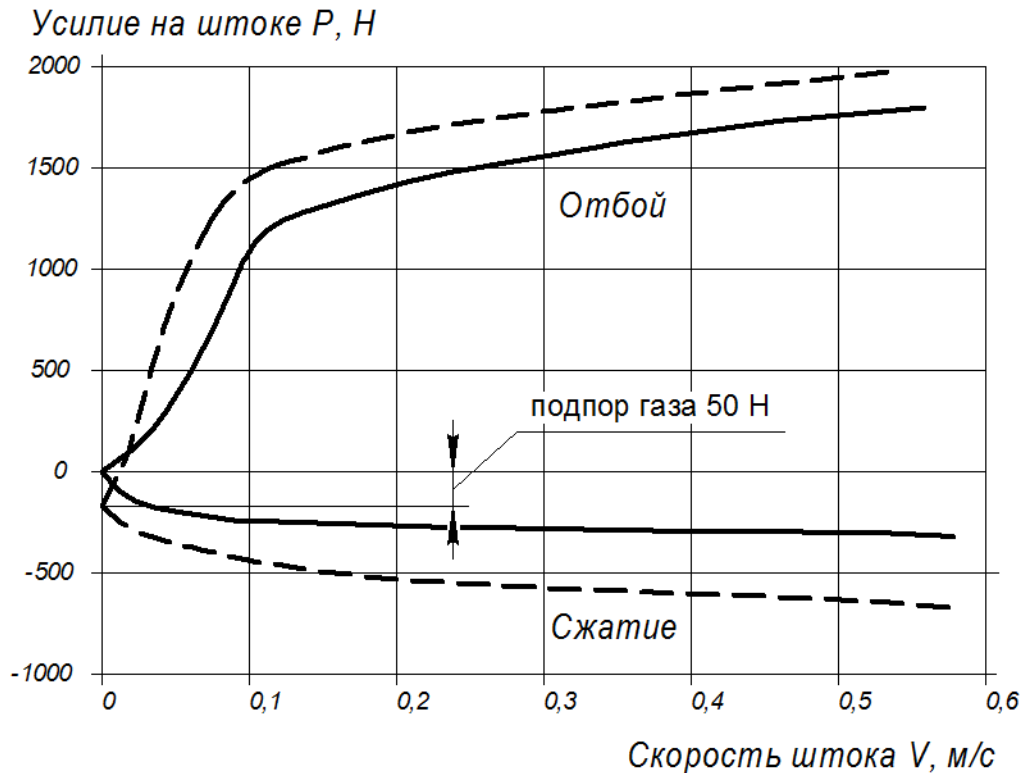


Рисунок 3.2 - Характеристики амортизаторов

Сплошной линией изображена характеристика обычного телескопического жидкостного двухтрубного амортизатора, пунктиром - характеристика газового двухтрубного.

3.4. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство телескопического амортизатора;
2. Зарисовать кинематическую схему амортизатора с указанием основных деталей амортизатора;
3. Измерить диаметры поршня и штока. Рассчитать площадь поршня и штока, нанести их на кинематическую схему;
4. Измерить ход штока амортизатора, нанести его на кинематическую схему;
5. Измерить диаметры калиброванных отверстий каждого клапана. Рассчитать суммарные площади отверстий клапанов, нанести их на кинематическую схему;
6. Определить жесткости пружин клапана, нанести их на кинематическую схему;
7. Определить рабочий ход каждого клапана;
8. Рассчитать усилие пружин клапанов при максимальном ходе клапанов;
9. Рассчитать площади тарелок клапанов сжатия и отбоя;
10. Определить скорости штока, при которых полностью открываются клапаны сжатия и отбоя;
11. Построить силовую характеристику амортизатора $P = f(V_{ам})$;
12. Сделать выводы.

3.5. Порядок проведения теоретических расчетов

Усилие на поршне цилиндра

$$F_{1сж} = P \cdot S_{II}, \quad F_{1отб} = P \cdot (S_{II} - S_{III}), \quad (3.2)$$

где P - давление в цилиндре;

S_{II}, S_{III} - площадь поршня и площадь штока соответственно.

Усилие на штоке амортизатора

$$F_2 = F_1 \cdot U, \quad (3.3)$$

где U - передаточное число стэнда.

Усилие механических потерь

$$F_0 = P_0 \cdot S_{II} \cdot U, \quad (3.4)$$

где P_0 - давление, при котором не может осуществляться сжатие (растяжение) амортизатора.

Значение эффективной силы сжатия на ходе сжатия и растяжения

$$F'_2 = F_2 - F_0, \quad (3.5)$$

Скорость перемещения на ходе сжатия и отбоя:

$$V_{CЖ} = \frac{h}{t_{CЖ}}, \quad V_{ОТБ} = \frac{h}{t_{ОТБ}}, \quad (3.6)$$

где $t_{CЖ}, t_{ОТБ}$ - время хода отбоя и хода сжатия,

h - ход амортизатора.

Таблица 3.1 – Экспериментальные данные и результаты расчетов

$P_{CЖ}$, МПа	$P_{ОТБ}$, МПа	$t_{CЖ}$, с	$t_{ОТБ}$, с	$F_{1сж}$, Н	$F_{1отб}$, Н	$F_{2сж}$, Н	$F_{2отб}$, Н	F_0 , Н	$F'_{2сж}$, Н	$F'_{2отб}$, Н	$V_{CЖ}$, м/с	$V_{ОТБ}$, м/с
...												

3.6. Контрольные вопросы

1. Назначение амортизатора;
2. Типы телескопических амортизаторов;
3. Принцип действия телескопического двухтрубного гидравлического амортизатора;
4. Преимущества газонаполненных амортизаторов;
5. Принцип действия телескопического однострубногo гидравлического амортизатора высокого давления.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОДВЕСКЕ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы - изучение методик идентификации динамических параметров процессов, происходящих в подвеске автомобиля при движении.

4.1. Общие теоретические положения

Экспериментальное определение плавности хода автомобиля осуществляется в лабораторных и дорожных условиях различными методами. Наряду с общей оценкой плавности хода при испытаниях исследуется влияние отдельных параметров, от которых зависит плавность хода, а именно: амплитуды колебаний, скорости и ускорения колебаний поддрессоренных и недрессоренных частей и т.д.

При исследовании автомобиля в лабораторных условиях возбуждение колебаний достигается различными способами:

- подтягиванием и последующим быстрым отпусканием кузова или осей автомобиля;
- подъемом автомобиля с помощью специальных площадок на высоту 50-60 мм и быстрым отпусканием;
- установкой колес автомобиля на вращающиеся барабаны, имеющие выступы или эксцентриситет;
- периодические колебания площадок, на которые устанавливается автомобиль;
- установкой колес автомобиля на движущиеся бесконечные ленты с неровностями.

При испытаниях на стендах применяются неровности высотой 50 мм и длиной 250, 500 и 1000 мм, которые по своему профилю близки к характерным дорожным неровностям. Кроме того, применяются короткие неровности длиной 120 мм и высотой 25, 35 и 50 мм, соответственно, например, булыжной мостовой и др. дорогам. При исследовании колебаний автомобиля в лабораторных условиях все записи колебаний кузова, колес и пассажиров на сиденьях производится с помощью самописцев или осциллографа. С помощью тахометра определяется число оборотов барабанов, по которым в свою очередь можно подсчитать соответствующую им скорость автомобиля.

В результате обработки материалов лабораторных испытаний получают данные по частоте колебаний поддрессоренных масс, амплитуде, скорости, ускорений колебаний и т.д. По сравнению с лабораторными, дорожные испытания более трудны, так как связаны с измерениями колебаний при движении автомобиля. При дорожных испытаниях для получения сравнимых результатов для разных автомобилей, возбуждение колебаний производится путем проезда по неровностям определенного профиля. Неровности проезжают с различными скоростями с интервалом 5 км/ч, начиная со скорости 5-10

км/ч. Обычно создают неровности синусоидального профиля. Схематически проведение испытаний и работа подвески автомобиля представлена на рисунке 1.

Применяется два вида неровностей с размерами: длинные - 2,5 - 3,5 м и короткие - 0,8 - 1,2 м. Время проезда длинных неровностей при скорости 20-40 км/ч равно периоду низкочастотных колебаний, а коротких высокочастотных колебаний.

Для автомобилей с жесткой подвеской высоту неровностей необходимо выбирать 40 мм, а для автомобиля с мягкой подвеской - 80 мм. При испытаниях записываются абсолютные перемещения кузова и непрорессоренных масс, т.е. перемещения колеблющихся масс относительно дороги.

При проведении анализа работы подвески в зависимости от размеров рельефа дорожного покрытия задается сила кинематического возбуждения, и рассматривается влияние вязкости силового упругого элемента на вертикальное перемещение прорессоренной массы.

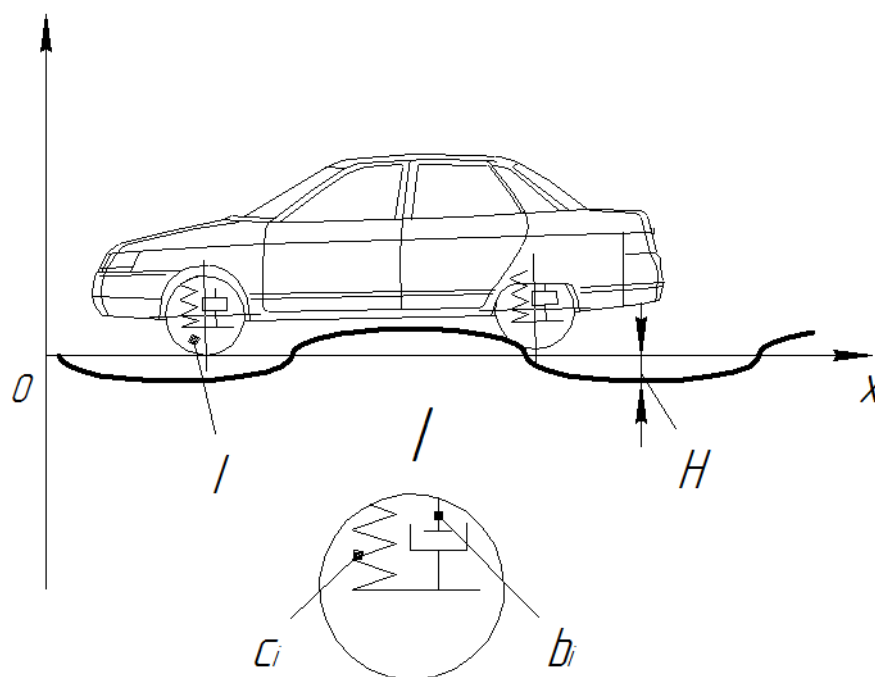


Рисунок 4.1 - Схема проведения испытаний

4.2. Лабораторное оборудование

Схема лабораторной установки приведена на рисунке 4.2. Винты 3 имитируют неровности дороги, выкручивая винты можно изменять высоту неровностей. Работу элементов подвески имитируют сменные пружины 8 и амортизатор трения 9. Грузы 10 имитируют прорессоренные массы автомобиля. Реостат 11 подключен в электрическую схему как потенциометр. Перемещение грузов передаются ползуну 12 с помощью планки 13. Колебания напряжения, соответствующие колебаниям грузов 10, регистрируются осциллографом.

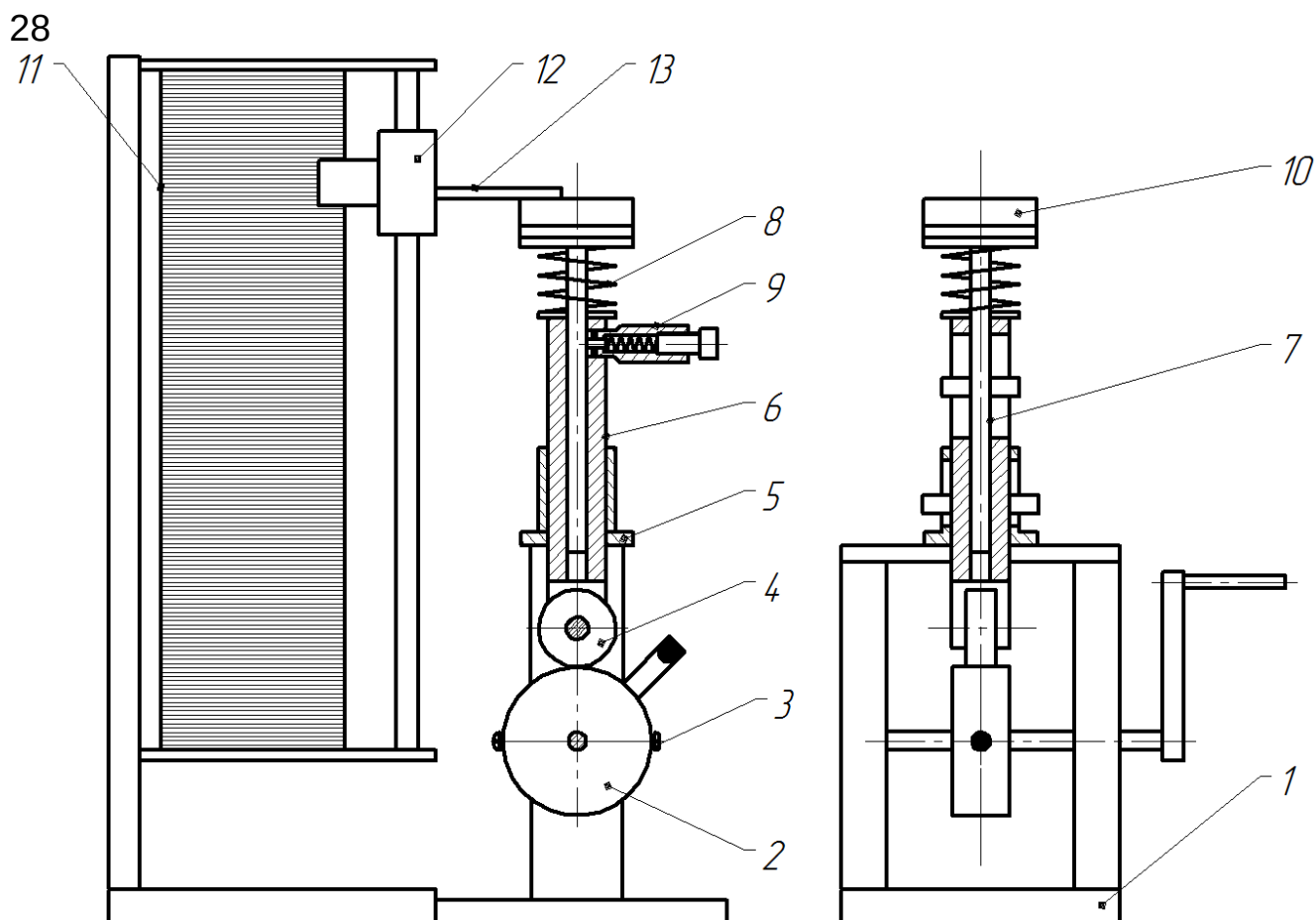


Рисунок 4.2 – Лабораторная установка

1 – основание; 2 – диск; 3 – винты, имитирующие неровности; 4 – ролик; 5 – неподвижная направляющая; 6 – подвижная направляющая; 7 – шток; 8 – пружина; 9 – амортизатор трения; 10 – грузы вертикальной нагрузки; 11 – реостат; 12 – ползун; 13 – планка

4.3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомится с работой стенда и заэскизировать схему установки.
2. Измерить длины пружин L_C в свободном состоянии.
3. Измерить массы грузов.
4. Исследовать влияние на работу подвески жесткости пружин. Результаты измерений заносить в таблицу 4.1.
- 4.1. Установить первую пружину и установить грузы известной массы.
- 4.2. Измерить длину пружины L_H под нагрузкой.
- 4.3. Измерить высоту неровности H и высоту скачка h на полученной диаграмме.
- 4.4. Зафиксировать шток с помощью амортизатора.
- 4.5. Записать профилограмму «дороги».
- 4.6. Отпустить амортизатор.
- 4.7. Произвести переезд через препятствие с небольшой скоростью.
- 4.8. Произвести езду по неровной дороге.
- 4.9. Сменить пружину и повторить пункты 4.2, 4.7, 4.8.

Таблица 4.1 – Исследование влияния жесткости подвески

№ опыта	m , кг	L_C , мм	L_H , мм	f_{CT} , мм	H , мм	h , мм	k	$f_{\max}$, мм	C , Н/м	ν_T , Гц	ν_{II} , Гц	T , с
1												
2												

5. Исследовать влияние нагрузки на работу подвески. Результаты измерений заносить в таблицу 4.2. Моделировать переезд через одну неровность и езду по неровной дороге.

Таблица 4.2 – Исследование влияния нагрузки

№ опыта	m , кг	f_{CT} , мм	k	$f_{\max}$, мм	C , Н/м	ν_T , Гц	ν_{II} , Гц	T , с
1								
2								

6. Исследовать влияние сопротивления амортизатора на работу подвески. Результаты измерений заносить в таблицу 4.3. Моделировать переезд через одну неровность и езду по неровной дороге. Определить время затухания колебаний t_3 .

Таблица 4.3 – Исследование сопротивления работы амортизатора на работу подвески

№ опыта	m , кг	f_{CT} , мм	k	$f_{\max}$, мм	ν_T , Гц	ν_{II} , Гц	T , с	t_3 , с
1								
2								
3								

4.4. Порядок выполнения теоретических расчетов и обработки результатов экспериментов.

Коэффициент пропорциональности диаграммы:

$$k = \frac{H}{h}. \quad (4.1)$$

Максимальная амплитуда колебаний груза:

$$f_{\max} = k \cdot h_{\max}, \quad (4.2)$$

где $h_{\max}$ – величина максимального динамического прогиба по диаграмме.

Статический прогиб

$$f_{CT} = L_C - L_H. \quad (4.3)$$

Частота колебаний подвески (теоретическая):

$$\nu_T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}} . \quad (4.4)$$

Частота колебаний подвески (практическая):

$$\nu_{II} = \frac{1}{T} , \quad (4.5)$$

где T - период колебаний подвески, с.

На профилограммах указать значения t и $h_{\max}$.

4.5. Содержание отчета.

1. Схема лабораторной установки.
2. Расчетные формулы.
3. Результаты измерений.
4. Таблицы 4.1 – 4.3.
5. Профилограммы.
6. Выводы по работе.

4.6. Контрольные вопросы

1. Как влияет жесткость упругого элемента на колебания подвески;
2. Как влияет коэффициент сопротивления амортизатора на колебания подвески;
3. От чего зависит частота колебаний подвески;
4. Что такое степень демпфирования;
5. Виды демпфирования колебаний в подвеске.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ. ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ДВУХРЫЧАЖНОЙ ПОДВЕСКИ

Двухрычажная подвеска с коротким верхним и длинным нижним рычагами обеспечивает минимальные поперечные перемещения колеса (вредные для боковой устойчивости автомобиля и вызывающие быстрый износ шин), а также незначительные угловые перемещения при ходе вверх и вниз

В индивидуальном задании необходимо построить три положения двухрычажной подвески, схема подвески приведена на рисунке А.1.

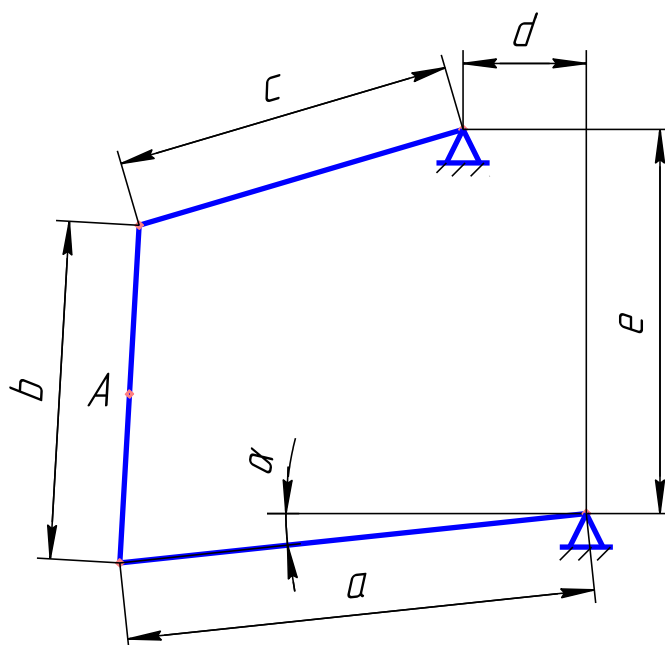


Рисунок А.1 – Кинематическая схема двухрычажной подвески

Геометрические параметры подвески, мм:

$$\begin{aligned}
 a &= 280 + N_{3K}^{Посл}, \\
 b &= 200 + N_{3K}^{Посл}, \\
 c &= 200 + N_{3K}^{П.Посл}, \\
 d &= 60 + N_{3K}^{Посл}, \\
 e &= 230 + N_{3K}^{П.Посл},
 \end{aligned}
 \tag{A.1}$$

Где $N_{3K}^{П.Посл}$, $N_{3K}^{Посл}$ - предпоследняя и последняя цифра номера зачетной книжки.

Начальный угол поворота нижнего рычага, град.

$$\alpha = N_{3K}^{П.Посл}.
 \tag{A.2}$$

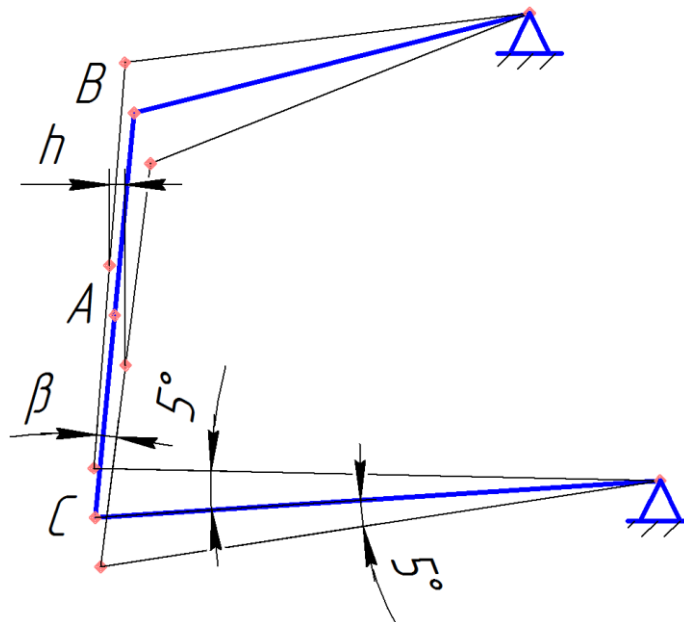


Рисунок А.2 - Графическое определение поперечного смещения колеса

Необходимо:

1. Вычертить схему в масштабе 1:2 на листе формата А4 по размерам, вычисленным по формулам А.1-А.2 для своего номера зачетной книжки.
2. Построить два других положения подвески, отклоняя нижний рычаг на 5 градусов в обе стороны от начального положения (рисунок А.2)
3. Графически определить поперечное смещение h точки А (середина звена ВС)
4. Определить изменение угла наклона звена ВС (угол β)

Последовательность выполнения в программе КОМПАС

1. Файл>Создать>Чертеж – создаем чертеж формата А4;
2. Вставка>Вид – создаем вид, масштаб на панели свойств устанавливаем 1:2;
3. Создаем отрезок СЕ длиной a , на панели свойств устанавливаем значения угла и длины отрезка;
4. Аналогично создаем два отрезка EF и FD с длинами e и d соответственно;
5. Создаем две окружности с центрами в точках С и D радиусами b и c соответственно;
6. На пересечении окружностей находим точку В;
7. Создаем отрезки СВ и BD;
8. Находим точку А (середина отрезка ВС);
9. Удаляем окружность с центром в точке С и отрезки DF и FE;
10. Удаляем окружности.
11. Аналогично строим еще два положения подвески, поворачивая отрезок СЕ на 5 градусов вниз и вверх;
12. Проставляем размеры

Схема определения положения точки В показана на рисунке А.3

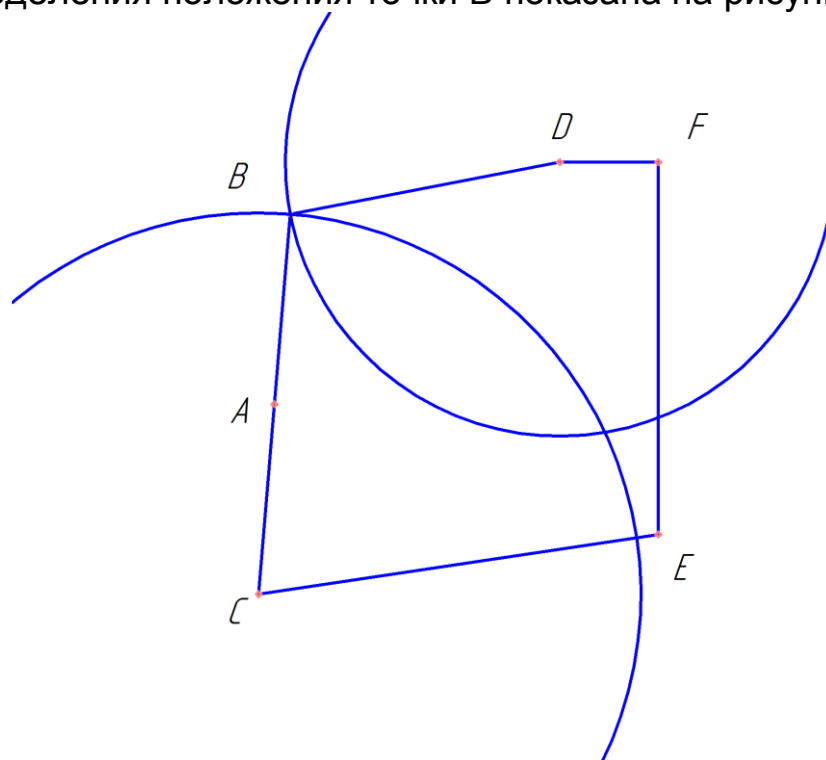


Рисунок А.3 – Пример построения

При выполнении индивидуального задания приветствуется использование студентом режима параметризации. Режим параметризации включается с помощью кнопки «Параметрический режим», которая находится на панели «Текущее состояние». Основные команды параметризации находятся на инструментальной панели «параметризация». Для корректности накладываемых ограничений рекомендуется использовать команду «отображать ограничения».

Пример выполнения индивидуального задания показан на рисунке А.4.

Рисунок А.4 – Пример выполнения индивидуального задания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. напрямку "Інженерна механіка" / В. П. Волков. — Х.: ХНАДУ, 2003. — 292с.
2. Чуйко Г. В. Руководство по ремонту ЗАЗ Таврия 1102 и модификации / Г. В. Чуйко. – М.: Транспорт, 1996. – 176 с.
3. Медведков В.И. Устройство и эксплуатация автомобилей ЗИЛ 130, ЗИЛ 131 / В. И. Медведков, Ю. Н. Комаров, А. Ф. Лобзин. – М.: ДОСААФ, 1984 – 384 с.
4. Вершигора В. А. Автомобили "Жигули" / В. А. Вершигора. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
5. Илларионов В. А. Теория автомобиля / В. А. Илларионов. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.

Заказ № _____ от «__» _____ 20_____. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ