

НИМАТ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Э. В. КОПИЛЕВИЧ,
М. А. ПУРНИК,
С. А. ФЕДОРОВ

ДИАГНОСТИКА ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
РСФСР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Ленинградский филиал

Э. В. КОПИЛЕВИЧ, М. А. ПУРНИК, С. А. ФЕДОРОВ

ДИАГНОСТИКА ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ

150599

БИБЛИОТЕКА
ТЕХНИЧЕСКОГО
ТЕХНИКУМА



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1974

Диагностика подвески автомобилей. Копилевич Э. В., Пурник М. А., Федоров С. А. (Гос. науч.-исслед. ин-т автомобильного транспорта — НИИАТ, Ленфильм). Изд-во «Транспорт», 1973 г., стр. 1—52.

Долговечность и надежность автомобилей в значительной степени зависят от технического состояния подвески, своевременного и качественного проведения ее технического обслуживания и ремонта.

Диагностика, как одна из важных частей технического обслуживания, позволяет без разборки определить состояние упругих и гасящих элементов подвески, прогнозировать ресурс ее безотказной работы.

В брошюре приведены параметры диагностирования подвески автомобилей, классификация методов определения ее технического состояния, а также диагностическое оборудование и приборы.

Материалы брошюры в основном базируются на результатах научных исследований, проведенных в Ленфильме НИИАТ и Северо-Западном заочном политехническом институте, частично обобщен опыт других отечественных научно-исследовательских организаций и учебных институтов, приводится описание наиболее интересных патентов в области диагностики чешского оборудования для подвески, даны рекомендации по методике диагностирования.

Учитывая небольшой опыт работы в рассматриваемой области, авторы с благодарностью примут критические замечания читателей.

Брошюра рассчитана на инженерно-технических работников автомобильного транспорта и автомобильной промышленности.

Рис. 27, табл. 3, библ. 19.

К 31803-040 — 40-74
049(01)-74

© Издательство «Транспорт», 1974 г.

ВВЕДЕНИЕ

Подвеска является одной из важных систем, обеспечивающих безопасность движения, долговечность и надежность работы автомобиля и всех его агрегатов и узлов, комфортабельность при перевозке пассажиров, а также сохранность грузов при их транспортировке.

По экспертной оценке ведущих специалистов в области эксплуатации автотранспорта работа с неисправной подвеской снижает долговечность автомобиля более чем в 1,5 раза.

Исправная подвеска обеспечивает заданную для данного автомобиля плавность хода. Человеческий организм безболезненно воспринимает колебания с частотой около 80 гц. Колебания с меньшей частотой могут вызвать укачивание, с большей воспринимаются болезненно.

Неисправность подвески вызывает также увеличение вертикальных и угловых ускорений, резкие толчки и удары кузова о подвеску.

Вертикальные ускорения 0,11—0,12 м/сек² уже ощущаются человеком (порог раздражения), до 1,5—2,0 м/сек² воспринимаются болезненно, а дальнейшее возрастание ускорений вызывает крайне неприятные ощущения, головные и мышечные боли, тошноту и т. п.

При нарушении плавности хода за счет уменьшения эксплуатационных скоростей движения снижается производительность автомобиля и повышается расход топлива.

Работа с неисправными узлами подвески ухудшает управляемость и устойчивость автомобиля, снижает безопасность его движения.

Можно сказать, что движение автомобиля с неисправной подвеской равнозначно езде по плохой дороге.

Вследствие вибрации рамы ослабляются заклепочные соединения, нарушается соосность двигателя и коробки

передач, возникают дополнительные нагрузки в корпусах деталей.

Вибрация всего автомобиля ускоряет износ и вызывает поломку многих деталей.

Особенно неблагоприятно сказывается вибрация на сроках службы и надежности радиатора, деталей электрооборудования, несущих кузовов легковых автомобилей и автобусов.

Работа автомобилей в условиях влажного климата или на влажных дорогах приводит к усиленной коррозии большого количества деталей, что в сочетании с большими циклическими нагрузками значительно снижает выносливость деталей и срок их службы.

Необходимо также указать, что при нарушении плавности хода увеличивается динамическое воздействие колес на дорожное покрытие, которое вызывает его преждевременное разрушение.

Из сказанного ясно, какое большое значение имеет поддержание подвески и отдельных ее элементов в исправном техническом состоянии.

Опыт работы эксплуатационных автотранспортных предприятий показывает, что подвеска является одним из наименее надежных и долговечных агрегатов автомобиля.

Например, технически обоснованная норма гарантийного пробега подвески автомобиля КраЗ-256 меньше, чем у других агрегатов автомобиля, и составляет лишь 25 тыс. км.

Наработка на отказ подвески автомобиля ГАЗ-21 «Волга» также меньше, чем у большинства агрегатов, и составляет 28 тыс. км [4]. Исследованиями, проведенными Северо-Западным заводным политехническим институтом, установлено, что из 55 амортизаторов автомобиля ГАЗ-21 «Волга» у 33 коэффициенты сопротивления отклонились более чем на $0,5 \text{ кгсек/см}$ от их номинальных значений.

У десяти проверенных автомобилей ГАЗ-21 «Волга» жесткость задних рессор колебалась в пределах от 25 до $42,5 \text{ кг/см}$. Такой значительный разброс значений жесткости, причем в большую сторону, объясняется прежде всего увеличением в рессорах нестандартных профилей пологой стали.

Следует отметить высокую стоимость эксплуатации подвески отдельных моделей автомобилей. Так, для автомобиля КраЗ-256 наибольших удельных затрат на запчасти требует подвеска (2,08 руб. на 1000 км пробега).

Поэтому диагностика подвески имеет огромное значение при эксплуатации автомобилей.

Задачей настоящей брошюры является обобщение имеющегося опыта диагностики подвески автомобилей, результатов исследований, проведенных в Ленфилиале НИИАТ и Северо-Западном заводном политехническом институте (СЗПИ), описание отечественного и зарубежного диагностического оборудования и приборов.

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВЕСОК АВТОМОБИЛЕЙ

Движение автомобиля по дороге сопровождается непрерывными колебаниями его кузова и колес. С увеличением дорожных неровностей и скорости движения интенсивность этих колебаний увеличивается. Для связи колес и кузова автомобиля и придания колебаниям более благоприятного характера служат подвеска. Она включает упругое, гасящее и направляющее устройства [5].

Упругое устройство снижает вертикальные ускорения и динамические нагрузки, увеличивая перемещения кузова и колес. На легковых автомобилях в качестве упругого устройства обычно используются спиральные пружины и листовые рессоры, а на грузовых автомобилях — в основном листовые рессоры. В некоторых случаях применяют пневматические упругие элементы.

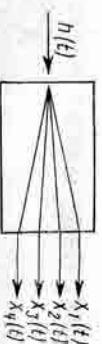
Гасящее устройство снижает размахи и ускорения колебаний, что позволяет повысить плавность движения и снизить динамические нагрузки. В качестве гасящего устройства применяют гидравлические амортизаторы двустороннего действия. Трение между отдельными элементами рессоры и пружины также оказывает гасящее воздействие на колебания.

Основными параметрами подвески являются жесткость упругого устройства и динамическое сопротивление всех гасящих ее элементов. Их обычно называют параметрами поддрессоривания автомобиля. На повышение плавности движения и снижение динамических нагрузок определенное влияние оказывает также и жесткость автомобильных шин.

Основные задачи диагностики подвески автомобиля

Подвеску автомобиля можно представить как многомерную динамическую систему, на вход которой дейст-

Рис. 1. Блок-схема подвески автомобиля как многомерной диагностической системы



вуют дорожные неровности, являющиеся случайными функциями. На выходе этой динамической системы могут быть рассмотрены различные случайные функции или процессы, например вертикальные перемещения или ускорения кузова, относительные перемещения моста и кузова (прогибы рессор), динамические нагрузки, действующие на рессору, амортизатор, раму автомобиля и т. п. (рис. 1). Обычно входную функцию называют воздействием, а выходную реакцией динамической системы. Обозначим функции на входе динамической системы $h(t)$, а на выходе $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_4(t)$.

Тогда преобразование функции $h(t)$ в функции $x_1(t)$, $x_2(t)$ и т. д. символически обозначаем выражением

$$x_i(t) = A_i h(t), \quad (1)$$

где A_i — оператор динамической системы. Данный оператор полностью описывает состояние подвески автомобиля как динамической системы. В самом деле, если в процессе эксплуатации произошли какие-то изменения в состоянии узлов подвески, например изменилось сопротивление амортизатора, межлистовое трение или жесткость рессоры, то обязательно изменятся и выходные параметры $x_i(t)$ при неизменной входной функции $h(t)$. А это означает, что изменился оператор A_i . Если же в состоянии подвески произошли такие изменения, которые не повлияли на ее выходные параметры, то, по-видимому, такие изменения не имеют существенного значения, ибо они не изменили рабочих характеристик подвески как динамической системы.

Следовательно, теоретическое или экспериментальное определение оператора A_i является основной задачей диагностики подвесок автомобилей [1].

Статические характеристики подвесок

Если на вход системы (см. рис. 1) подавать неизменяющуюся по времени постоянную нагрузку h_0 , то на выходе получим также постоянную нагрузку

$$x_0 = A_i h_0.$$

Отношение

$$A_c = \frac{x_c}{h_c},$$

представляет статическую характеристику подвески.

Распределение статической нагрузки на передний и задний конец листовой рессоры или на основную и дополнительную рессору грузового автомобиля является статической характеристикой подвески.

Упругая характеристика подвески также является статической характеристикой, причем

$$A_c = \frac{1}{c},$$

где c — жесткость упругих элементов подвески.

Однако ввиду того что на подвеску при движении действует динамическая нагрузка, то статические характеристики не могут дать полной оценки ее качеств или технического состояния.

Динамические характеристики подвесок

Свойства подвески как динамической системы могут быть описаны амплитудно-фазовой характеристикой [17]:

$$\Phi(i\omega) = \frac{X(i\omega)}{H(i\omega)} = \tilde{A}(\omega) e^{i\varphi\omega}, \quad (2)$$

где $\Phi(i\omega)$ — амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) динамической системы;

$H(i\omega)$, $X(i\omega)$ — преобразованные по Лапласу изображения действительных функций входного воздействия $h(t)$ и реакции $x(t)$;

$A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ — амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики динамической системы;

ω — частота колебаний.

Наибольшее значение при определении технического состояния имеет АЧХ. Как АФХ, так и ее составляющие — АЧХ и ФЧХ могут быть получены теоретическим и экспериментальным путем.

Обозначим случайные функции на выходе системы:

$x(t)$ — вертикальные перемещения кузова автомобиля;

$\ddot{x}(t)$ — ускорения автомобиля;

8

$x_0(t)$ — вертикальные относительные перемещения кузова и колес (прогибы рессоры).

Для установления связи частотных характеристик как основных характеристик технического состояния подвески и параметров подрессоривания рассмотрим теоретический метод их определения.

Для этой цели напишем дифференциальные уравнения вертикальных колебаний автомобиля и посредством прямого преобразования Лапласа найдем АФХ.

Так как для большинства грузовых и легковых автомобилей коэффициент распределения масс близок к единице, то колебания подрессоренных частей над передней и задней осями рассматриваются независимо друг от друга [15].

Тогда с учетом общеизвестных допущений [15] эквивалентная передней и задней части автомобиля колебательная система представится двухмассовой системой, дифференциальные уравнения движения которой имеют вид [15, 18]:

$$\left. \begin{aligned} -M\ddot{x}_0 + M\ddot{\psi} - kx_0 - cx_0 &= 0; \\ m\ddot{\psi} + kx_0 + cx_0 + k_{\psi}\ddot{\psi} + c_{\psi}\dot{\psi} &= k_{\psi}\dot{h} + c_{\psi}h, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где M — приведенная подрессоренная масса;

m — масса неподрессоренных частей автомобиля;

k и k_{ψ} — коэффициенты сопротивления подвески и шин;

ψ — вертикальное перемещение колес;

h — изменение высоты неровности под колесом.

Применяя прямое преобразование Лапласа к системе уравнений (3) с учетом нулевых начальных условий, получим:

$$\left. \begin{aligned} L[-M\ddot{x}_0 + M\ddot{\psi} - kx_0 - cx_0] &= 0; \\ L[m\ddot{\psi} + kx_0 + cx_0 + k_{\psi}\ddot{\psi} + c_{\psi}\dot{\psi}] &= L[k_{\psi}h + c_{\psi}h]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Подставляя изображения функций $x_0(t)$, $\psi(t)$, $h(t)$ и их производные в уравнения (4), будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} -Ms^2X_0(s) + Ms^2\Psi(s) - ksX_0(s) - cX_0(s) &= 0; \\ -ms^2\Psi(s) + ksX_0(s) + cX_0(s) + k_{\psi}s^2\Psi(s) + c_{\psi}s\Psi(s) &= \\ &= k_{\psi}sH(s) + c_{\psi}H(s), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

9

где $X_0(s)$, $\Psi(s)$, $H(s)$ — изображения по Лапласу функций $x_0(t)$, $\psi(t)$, $h(t)$.

Решая последнюю систему уравнений, найдем передаточную функцию прогиба рессоры:

$$\Phi_{x_0}(s) = \frac{X_0(s)}{H(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_3 s^3}{b_0 + b_1 s + b_2 s^2 + b_3 s^3 + b_4 s^4}, \quad (6)$$

где $a_2 = Mc_{\text{ш}}$; $a_3 = Mk_{\text{ш}}$; $b_0 = cc_{\text{ш}}$;

$$b_1 = kc_{\text{ш}} + k_{\text{ш}}c; \quad b_2 = Mc + Mc_{\text{ш}} + mc + k k_{\text{ш}};$$

$$b_3 = Mk + Mk_{\text{ш}} + mk; \quad b_4 = Mt.$$

Заменяя комплексную переменную $s = i\omega$, получим АФХ прогиба рессоры:

$$\Phi_{x_0}(i\omega) = \frac{-a_2 \omega^2 - a_3 i \omega^3}{b_0 + b_1 i \omega - b_2 \omega^2 - b_3 i \omega^3 + b_4 \omega^4}. \quad (7)$$

Модуль АФХ, называемый амплитудной частотной характеристикой, составляет

$$|\Phi_{x_0}(i\omega)| = \frac{|a_2 \omega^2 + a_3 i \omega^3|}{|b_0 - b_2 \omega^2 + b_4 \omega^4 + (b_1 i \omega - b_3 i \omega^3)|} = A_{x_0}(\omega). \quad (8)$$

Квадрат АЧХ прогиба рессоры

$$[A_{x_0}(\omega)]^2 = \frac{a_2^2 \omega^4 + a_3^2 \omega^6}{(b_0 - b_2 \omega^2 + b_4 \omega^4)^2 + (b_1 \omega - b_3 \omega^3)^2}. \quad (9)$$

Передаточную функцию вертикальных перемещений кузова найдем из условия

$$X(s) = \Psi(s) - X_0(s), \quad (10)$$

где $X(s)$ — изображение по Лапласу функции $x(t)$. Тогда из уравнений (5, 6, 10) найдем

$$\Phi_x(s) = \frac{X(s)}{H(s)} = \frac{ks + c}{Ms^2} \Phi_{x_0}(s). \quad (11)$$

Заменяя комплексную переменную $s = i\omega$ и возведя в квадрат последнее выражение, получим АЧХ вертикальных перемещений кузова:

$$[A_x(\omega)]^2 = \frac{k^2 \omega^2 + c^2}{M^2 \omega^4} [A_{x_0}(\omega)]^2. \quad (12)$$

Так как передаточная функция вертикальных ускорений

$$\Phi_x(s) = s^2 \Phi_x(s),$$

то АЧХ этих ускорений

$$[A_x(\omega)]^2 = \frac{k^2 \omega^2 + c^2}{M^2} [A_{x_0}(\omega)]^2. \quad (13)$$

АЧХ полных вертикальных динамических нагрузок, передаваемых через подвеску на раму (кузов) автомобиля,

$$A_n(\omega) = M A_x(\omega). \quad (14)$$

Роль АЧХ как обобщенного показателя технического состояния подвески можно проследить на следующем примере.

Пусть автомобиль движется по дороге со спектральной плотностью дорожных неровностей $S_n(\omega)$. Спектральную плотность дорожных воздействий на колесо, зависящую от $S_n(\omega)$ и скорости движения, обозначим $S_h(\omega)$. Тогда спектральная плотность ускорений и динамических нагрузок, согласно теории случайных функций [17], будет:

$$S_x(\omega) = S_h(\omega) |\Phi_x(i\omega)|^2;$$

$$S_n(\omega) = S_h(\omega) |\Phi_n(i\omega)|^2.$$

Таким образом, при неизменной спектральной плотности воздействия $S_h(\omega)$ статистические характеристики плавности движения $S_x(\omega)$ и динамической нагруженности $S_n(\omega)$ полностью определяются соответствующими амплитудными частотными характеристиками.

При изменении параметров отдельных элементов подвески (жесткости рессор, динамического сопротивления амортизатора и других ее частей) изменится соответствующим образом и АЧХ.

Определение частотных характеристик является основой диагностирования подвесок.

ПАРАМЕТРЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОДВЕСОК

Параметры диагностирования

До настоящего времени не существует системы параметров подвески, при помощи которых можно было бы

оценить ее техническое состояние без разборки. Отдельные элементы подвески диагностируются лишь на стационарных специализированных стендах. Так, проверяют исправность амортизаторов и упругие характеристики пружин рессор и стабилизаторов поперечной устойчивости.

Оценка же подвески без ее снятия с автомобиля производится только с точки зрения плавности хода. Для этого при испытанных подвижного состава или его исследовании могут определяться следующие параметры: масса автомобиля и распределение ее по осям; подпрессоренная масса; база и колея; момент инерции подпрессоренных масс относительно горизонтальной оси, проходящей через их центр; упругие характеристики подвески; характеристики амортизаторов; характеристики стабилизаторов поперечной устойчивости; трение в подвеске; относительная работоспособность подвески и ряд других параметров.

Однако большинство из указанных параметров не характеризует техническое состояние подвески в процессе эксплуатации.

Необходимо выбрать такие параметры, которые можно определить непосредственно на автомобиле без его разборки с минимальной затратой времени.

При выборе диагностических параметров подвески легкового автомобиля может быть использован метод блок-схем структурно-следственных связей специального конструкторского научно-исследовательского бюро Минавтошоссе Латвийской ССР (СКНИВ).

Однако в блок-схемы структурно-следственных связей, предложенные СКНИВом, внесены некоторые изменения, позволившие более подробно проанализировать каждый элемент соответствующей системы. Блок-схемы для выбора параметров разделены на следующие уровни: агрегат; сопряжения или элементы узлов; структурные параметры; изменение структурных параметров; симптомы неисправностей; диагностические параметры; методы диагностирования.

На этой стадии исследований методы диагностирования подробно не расширяются, а даются только предварительные предложения: визуально или с помощью измерительной аппаратуры будут определяться параметры.

12

Окончательно решить вопрос, следует ли определять тот или иной параметр, можно только изучив характерные и наиболее часто встречающиеся неисправности агрегатов и узлов и расход запасных частей при производстве технического обслуживания и ремонта.

Ленфилиагом НИИАТ в пассажирских таксомоторных предприятиях № 1 и 2 Главленавтоотраса выявлялись неисправности подвески автомобиля ГАЗ-21Т «Волга» и расход запасных частей.

Установлено, что количество текущих ремонтов передней и задней подвески составляет 10,5% от общего числа текущих ремонтов агрегатов автомобиля [4]. Только электрооборудование и тормозная система подвергались большему количеству текущих ремонтов (16,6 и 13,5% соответственно); 3,6% от общего количества времени простоя автомобилей в текущем ремонте падает на переднюю и заднюю подвески.

Испытания на долговечность и надежность 30 автомобилей ГАЗ-21Т «Волга», проведенные в пассажирском таксомоторном предприятии № 1 в 1966—1967 гг., подтвердили правильность приведенных выше данных. Из 2173 отказов автомобилей 213, т. е. около 10%, относятся к подвеске.

Т а б л и ц а 1

Средняя наработка на отказ подвески и ее элементов при пробеге автомобилей по 200 тыс. км

Наименование элементов	Среднее количество отказов на 1 автомобиль	Средняя наработка на отказ, тыс. км
Подвеска в сборе	8,00	28,2
Пружина передней подвески	1,33	150,0
Передние амортизаторы	1,23	162,0
Детали и сопряжения передней подвески	1,73	115,4
Задние рессоры	1,60	125,0
Детали и сопряжения задней подвески	1,03	133,5

В табл. 1 приведены обработанные статистические данные по результатам этих испытаний.

3*

13

Диагностические параметры подвески легкового автомобиля

Элементы или сопряжения	Параметры
Передняя подвеска	
Пружина	Длина пружины, межвитковое состояние, длина трещин, глубина трещин, упругость
Амортизатор	Параметры колебаний: амплитуда, частота (период), скорость, ускорение, смещение колебаний поддресоренных и неподдресоренных масс по фазе. Наличие подтеканий жидкости Радикальный зазор
Сопряжения рычагов, стойки, амортизатора, стабилизатора	Толщина буфера, качество резины
Буфера отдачи и сжатия	Длина трещин, глубина трещин, плоскостность
Опорная чашка пружины	Длина трещин, глубина трещин, межосевое расстояние, угол развала колес
Верхние и нижние рычаги	То же
Стойка	Зазоры: поперечина — кронштейны осей
Сопряжения поперечины рамы с осями рычагов	Угол закручивания в свободном состоянии
Штанга стабилизатора поперечной устойчивости	Прямолинейность
Стойка стабилизатора	Длина трещин, глубина трещин
Ось нижних рычагов	
Задняя подвеска	
Рессора в сборе	Жесткость, межлистовое трение, условная стрела прогиба, наличие трещин
Амортизатор	См. переднюю подвеску
Кронштейны и серьга рессоры	Длина трещин, глубина трещин
Сопряжение: рессора — задний мост	Величина смещения моста относительно рессоры
Сопряжения рессоры, амортизатора, серыги, кузов	Радикальный зазор
Чехлы рессор	Герметичность

Примечания. 1. Перечень диагностических параметров может изменяться в зависимости от конструктивных особенностей подвески.

2. Методы и приборы для определения глубины трещин в деталях подвески подлежат разработке.

14

В результате анализа блок-схем структурно-следственных связей, материалов, характеризующих наработку на отказ элементов подвески и расхода запасных частей, определены диагностические параметры и номенклатура деталей и сочленений подвески, имеющих в процессе эксплуатации наибольшее количество неисправностей и поэтому требующих диагностирования (табл. 2).

Все диагностические параметры подвески для удобства классификации могут быть сведены в следующие группы: геометрические размеры, зазоры, упругие свойства; параметры графиков колебаний поддресоренных и неподдресоренных масс; герметичность элементов.

В результате исследований, проведенных в Ленфилиате НИИАТ, предложена классификация методов и аппаратуры для диагностики подвески (рис. 2).

Геометрические размеры, прямолнейность, плоскостность, угол закручивания отдельных деталей подвески, а также зазоры и величина смещения в сопряжениях определяются при помощи специального измерительного инструмента, шаблонов и стендов. Сюда входят различного типа стелды и приспособления для проверки углов установки колес.

Упругие свойства пружин передней подвески и задних рессор могут быть определены как зависимость величин их деформации от приложенной нагружающей силы.

Параметры колебаний поддресоренных и неподдресоренных масс дают возможность оценить качество и техническое состояние гасящих устройств подвески — амортизаторов.

Амортизатор является важнейшим элементом подвески, определяющим степень затухания колебаний кузова. Амортизатор не дает накапливаться колебаниям масс автомобиля, вызванным частными случаями воздействиями неровностей дороги. Неисправности амортизаторов вызывают серьезные нарушения в плавности хода автомобиля и могут служить причиной отказов отдельных его агрегатов. Поэтому диагностирование амортизаторов без снятия их с автомобиля имеет большое значение и вместе с тем представляет большие трудности.

Так как амортизаторы работают параллельно с упругими элементами подвески, то при снятии характеристик колебаний автомобиля не удается без определенных допущений и условий выделить характеристики аморти-

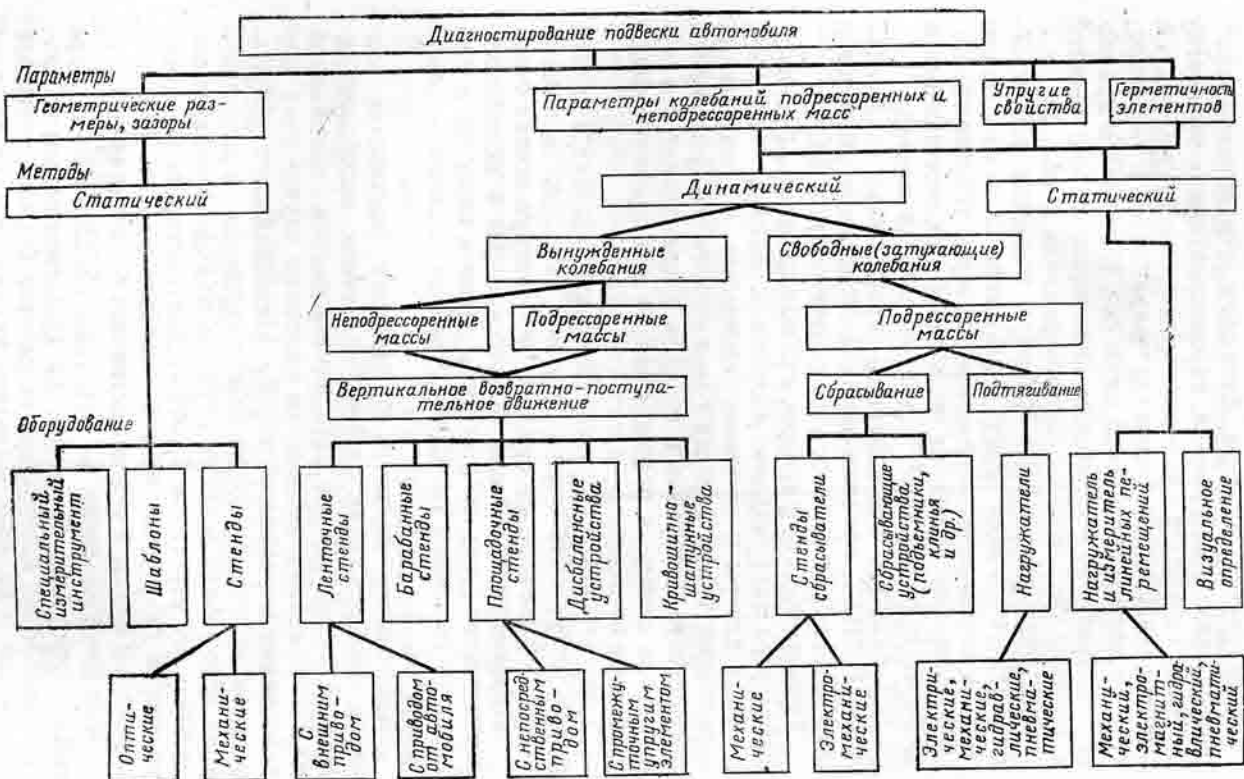


Рис. 2. Классификация методов диагностирования подвески

заторов. Для правильной оценки исправности амортизаторов необходимо предварительно проверить упругие элементы и, если в результате этой проверки не окажется значительных отклонений от нормы, можно переходить к определению характеристик амортизаторов.

Это условие реально выполнимо, так как упругие характеристики пружин передней подвески и задних рессор определяются статическим методом, т. е. при «выключенных» амортизаторах.

При обнаружении поломки или значительной потери жесткости упругими элементами подвески их следует считать с автомобиля и отремонтировать. В этом случае амортизаторы можно также снять и проверить на специальном стенде. Если же величины жесткости пружин и рессор находятся в допустимых пределах, необходимо переходить к определению характеристик колебаний автомобиля, при помощи которых можно оценить состояние амортизаторов.

Исследование характеристик подвесок, полученных при вынужденных колебаниях автомобиля, проведено в СЭПИ.

Диагностирование по вынужденным колебаниям

Основным содержанием диагностирования подвесок по вынужденным колебаниям является экспериментальное определение АЧХ.

Так как при составлении дифференциальных уравнений колебаний автомобиля, используемых для определения АЧХ, принимался целый ряд допущений, то полученная путем расчета АЧХ носит приближенный характер. Экспериментальные характеристики лишены такого недостатка.

Экспериментальное определение частотных характеристик основано на том, что входное воздействие можно представить в виде ряда Фурье, члены которого могут рассматриваться как отдельные гармонические воздействия.

Таким образом, если на вход подвески подавать динамическое воздействие, меняющееся по гармоническому закону

$$h(t) = H_a \sin(\omega t + \varphi),$$

ВИСЛИПО ТЕХА 17
испытательного
техникума

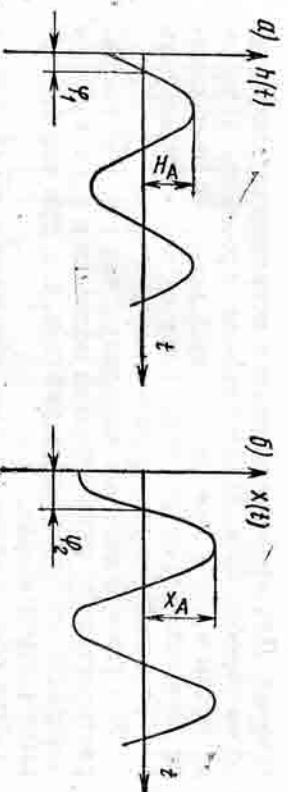


Рис. 3. Колебания на входе (а) и выходе (б) подвески автомобиля с линейными параметрами

то на выходе будем иметь сигнал той же формы, но с другой амплитудой и фазой (рис. 3):

$$x(t) = X_A \sin(\omega t + \varphi_2).$$

Отношением амплитуд выходного X_A и входного H_A сигналов:

$$A(\omega) = \frac{X_A}{H_A}$$

и будет определяться амплитудная частотная характеристика подвески. Величина этого отношения зависит от частоты подаваемого сигнала.

Разность фаз выходного и входного сигнала:

$$\varphi(\omega) = \varphi_2(\omega) - \varphi_1(\omega)$$

называется фазовой частотной характеристикой подвески. Она характеризует задержку, т. е. сдвиг фаз выходного сигнала по отношению к входному воздействию. Эта характеристика также зависит от частоты и технического состояния подвески.

Таким образом, изменяя частоту входного синусоидального сигнала от ω_1 до ω_2 , получим амплитудную и фазовую частотную характеристики в заданном интервале частот, которые однозначно описывают техническое состояние подвески. В нашем случае для определения технического состояния подвески достаточно определить амплитудную частотную характеристику. В качестве входного сигнала удобно принять вертикальное переме-

щение поверхности, на которой установлено колесо автомобиля. Выходным параметром может служить одна из АЧХ. В транспортных предприятиях достаточно просто могут быть получены вертикальные перемещения или ускорения кузова автомобиля.

Так как ординаты АЧХ зависят не только от измеряемых параметров подвески, но и от массы автомобиля, жесткости и сопротивления шин, то перед диагностированием необходимо установить номинальное давление воздуха в шинах, а в процессе измерения в автомобиле не должно быть груза, пассажиров или водителя.

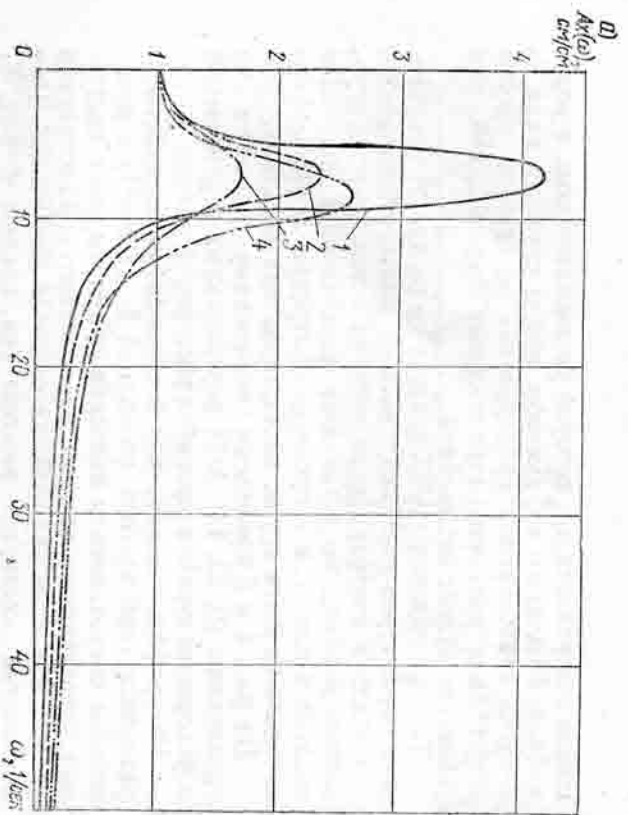
На рис. 4 и 5 приведены полученные расчетом по уравнениям (9, 13, 14) АЧХ вертикальных перемещений и ускорений кузова и прогибов рессоры.

Из графиков видно, что в области низкочастотного резонанса (при частоте колебаний 5—15 сек⁻¹) с понижением сопротивления подвески ординаты всех частотных характеристик заметно увеличиваются. Резонансная частота при этом практически остается неизменной. При повышении жесткости рессоры (см. кривую 4, рис. 4) резонансная частота возрастает. Ординаты АЧХ в этом случае могут повыситься, если сопротивление подвески не выше номинального.

В зоне высокочастотного резонанса (при частоте 40—60 сек⁻¹) с уменьшением сопротивления подвески ординаты частотных характеристик изменяются следующим образом: прогиб рессоры увеличивается (рис. 5), ускорение кузова — снижается (рис. 4, б), а его вертикальные перемещения — почти остаются неизменными и имеют незначительную величину (рис. 4, а). Изменение жесткости рессоры на характер протекания частотных характеристик в этом диапазоне частот заметного влияния не оказывает.

В межрезонансной зоне (при частоте 15—40 сек⁻¹) с понижением сопротивления подвески ординаты АЧХ ускорений кузова уменьшаются, а перемещений и прогиба рессоры остаются почти без изменения.

Таким образом, наиболее характерным участком частотной оси, при котором существенно изменяются ординаты АЧХ от изменения сопротивления или жесткости подвески, является область низкочастотного резонанса с частотой от 5 до 15 сек⁻¹ (примерно от 1 до 2,5 колебаний в секунду). При изменении сопротивления под-



Д) $A/c(\omega)$
см/сек

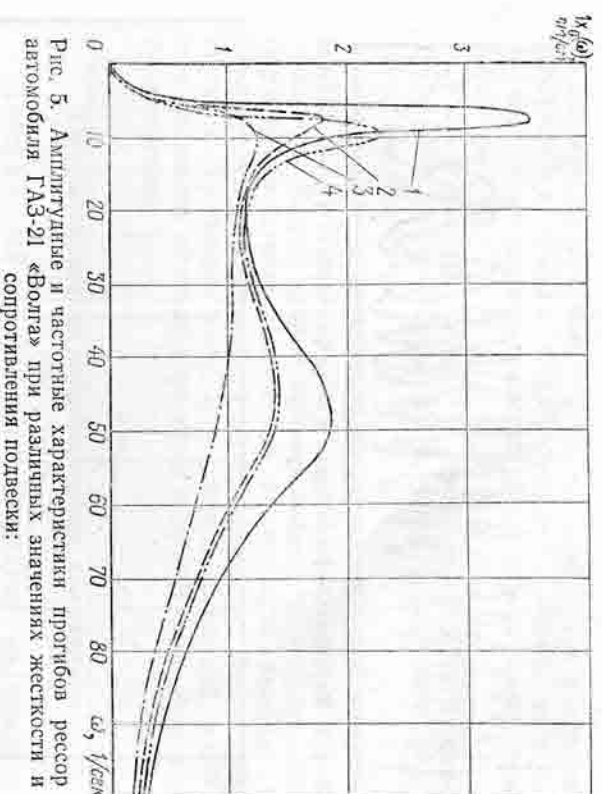
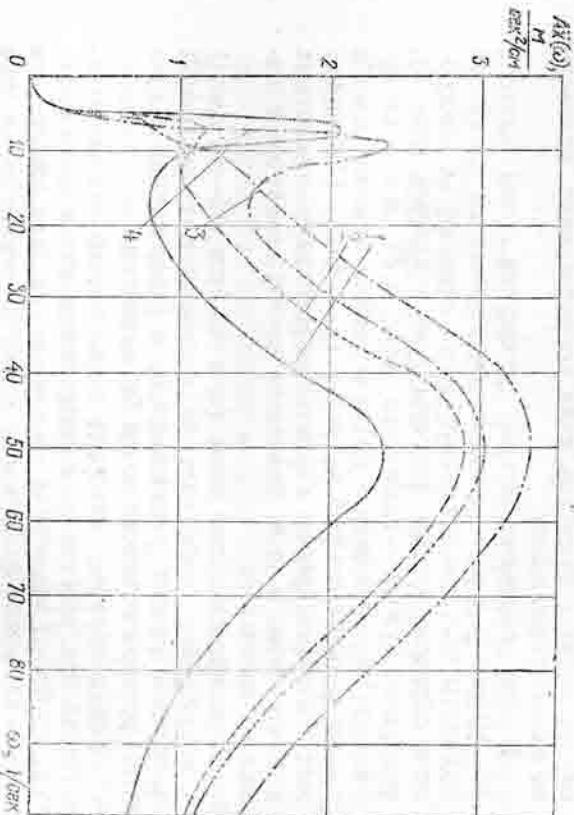


Рис. 5. Амплитудные и частотные характеристики противобессор автомобиля ГАЗ-21 «Волга» при различных значениях жесткости и сопротивления подвески:

1— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=1 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 2— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=2 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 3— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=3,4 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 4— $c=40 \text{ кг/см}$, $b=2 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$

вески резко изменяются ординаты частотных характеристик, а резонансная частота остается неизменной. Отклонения жесткости рессоры от номинальных значений приводят к одновременному изменению ординат АЧХ и резонансной частоты колебаний. Область низкочастотного резонанса для других легковых автомобилей находится примерно в том же частотном диапазоне, как и у автомобиля ГАЗ-21 «Волга». Следовательно, для определения технического состояния амортизаторов и рессор без снятия их с автомобиля по характеру вынужденных колебаний достаточно в подвесках легковых автомобилей возбуждать колебания в частотном диапазоне 1—2,5 кол/сек. Для грузовых автомобилей область низкочастотного резонанса повышена на 1—2 кол/сек, поэтому возбуждение колебаний в подвесках этих автомобилей должно проводиться в диапазоне 1—4 кол/сек.

В автотранспортных предприятиях чаще всего намеряют вертикальные перемещения кузова автомобиля. Целесообразность использования этого метода также подтверждается еще и тем, что измерение ординат АЧХ

Рис. 4. Амплитудные и частотные характеристики автомобиля ГАЗ-21 «Волга» при различных жесткости и сопротивлении подвески:

а — вертикальных перемещений; б — вертикальных ускорений кузова;

1— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=1 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 2— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=2 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 3— $c=25 \text{ кг/см}$, $b=3,4 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$; 4— $c=40 \text{ кг/см}$, $b=2 \text{ кг} \cdot \text{сек/см}$

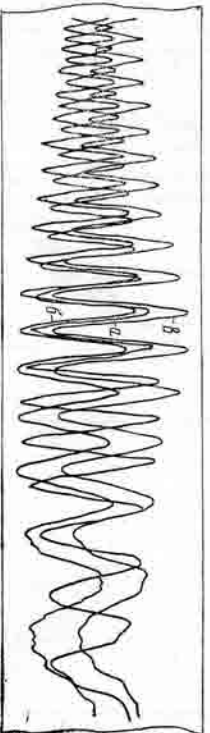


Рис. 6. Вертикальные колебания кузова автомобиля ГАЗ-21 «Волга» (экспериментальные)

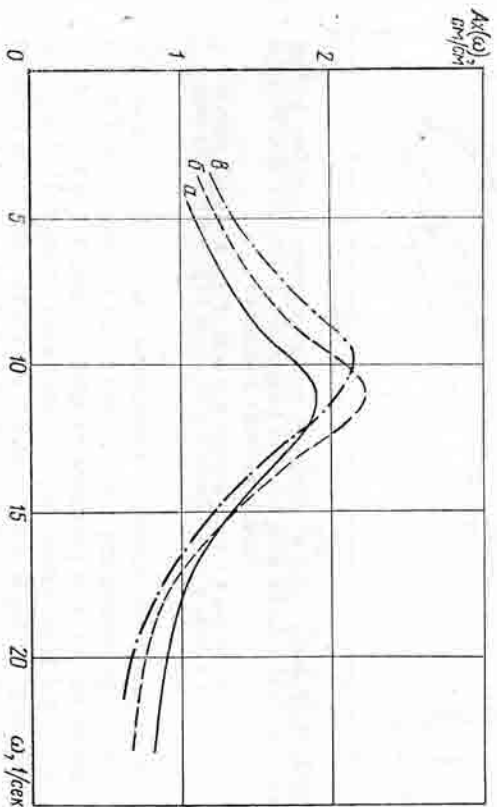


Рис. 7. Экспериментальные АЧХ вертикальных перемещений кузова автомобиля ГАЗ-21 «Волга»

в этом случае (см. рис. 4, а) имеет наиболее строгий и закономерный характер.

На рис. 6 показаны экспериментальные графики (а, б и в) изменения вертикальных перемещений кузова для трех подвесок автомобилей ГАЗ-21 «Волга». Графики получены в СЭПН на барабанном стенде с синусоидальной неровностью. Огибающие этих кривых являются АЧХ перемещений кузова, которые изображены на рис. 7.

Из графиков рис. 6 и 7 видно, что кривые а, б отличаются только амплитудой в зоне низкочастотного резонанса. Резонансные частоты колебаний у них не имеют

существенного различия. Следовательно, эти подвески различаются только сопротивлением амортизаторов, причем сопротивление подвески б несколько ниже, чем у подвески а.

У кривой в (см. рис. 6 и 7) резонансная частота сдвинута влево, что указывает на понижение жесткости рессоры этой подвески.

Установив экспериментальным путем для каждой марки автомобиля допустимые пределы отклонения размахов колебаний кузова при резонансной частоте, на барабанном стенде, определим пригодность амортизатора к дальнейшей эксплуатации. Нормируя таким же образом отклонение частоты резонанса колебаний, получим параметр жесткости рессоры и пригодность ее к использованию.

Диагностирование по собственным колебаниям

Лабораторией диагностики и испытаний подвижного состава Ленфилиала НИИАТ проводились исследования характеристик подвески, полученных при свободных колебаниях автомобиля.

Известно, что кривые затухающих колебаний автомобиля при наличии амортизаторов и без них значительно отличаются по амплитуде. Очевидно, что при неисправных амортизаторах процесс затухания колебаний будет также отличаться от номинального для данного автомобиля.

Имея эталонные кривые затухающих колебаний кузова на подвеске, можно путем сравнения с ними кривых, полученных в процессе испытаний, оценивать техническое состояние амортизаторов.

Некоторую погрешность вносит неопределенность положения нулевой линии в пределах так называемой зоны застоя, установленную рядом исследователей [15, 19] и подтвержденную исследованиями Ленфилиала НИИАТ. Эта зона образуется в результате наличия трения в рессорах.

Характеристики свободных (затухающих) колебаний кузова на подвеске могут быть получены двумя методами: подтравливания и сбрасывания.

Метод подтягивания. Кузов автомобиля подтягивается вниз на определенное расстояние и при достижении этой величины быстро освобождается при помощи механических или электрических устройств.

При этом кузов совершает собственные низкочастотные колебания с заданным начальным отклонением.

Колебания точки кузова, расположенной над осью (как правило, на крыле), записываются на вращающемся барабане при скорости ленты 20—30 м/сек.

Из полученных характеристик определяются низкая частота колебаний и степень их затухания.

Для определения низкой частоты колебаний кузова на характеристике находят с учетом масштаба времени интервалы между последовательно расположенными амплитудами. Взяв среднее из всех значений и умножив эти показания, получим средний период низкочастотных колебаний T_1 . Если величина полупериодов, измеренные между последовательными амплитудами, отличаются друг от друга более чем на 5%, вместо среднего периода колебаний следует указывать время первого и второго колебания.

Среднее затухание определяется по отношению двух первых амплитуд, находящихся в противоположных фазах,

$$r = \frac{Z_1}{Z_0},$$

где Z_1 — амплитуда первого колебания;

Z_0 — начальная величина подтягивания.

Нулевая линия, от которой отсчитывается величина амплитуд, определяется по концы записи.

Начальная величина подтягивания для разных автомобилей не должна отличаться более чем на 5—7%.

Метод сбрасывания. При этом методе автомобиль устанавливается передними (задними) колесами на специальные площадки, которые поднимают на заданную высоту и затем убирают, вызывая падение колес и кузова автомобиля и его последующие свободные колебания. Высота сбрасывания выбирается такая, чтобы при колебаниях не происходило ударов об ограничитель хода подвески.

Обработка результатов испытаний такая же, как и при методе подтягивания.

Оба метода в отношении точности определения нулевой линии и отсчета величины амплитуды являются одинаковыми.

Однако требованию иметь равные начальные амплитуды для получения сопоставимых оценок затухания удовлетворяет только метод подтягивания. Поэтому он рекомендуется в качестве предпочтительного.

Проведение испытаний этим методом занимает мало времени и не требует сложной аппаратуры. Для создания колебаний используется нагружатель любого типа и регистрирующее устройство.

Автомобиль устанавливают на осмотровую канаву, колеса закрепляют упорами и при помощи нагружателя подтягивают кузов. После срабатывания раздельного устройства кузов освобождается и начинается его свободные колебания, которые фиксируются регистрирующим устройством.

В Ленфининате НИИАТ были проведены исследования, в результате которых установлено, что техническое состояние амортизаторов автомобиля ГАЗ-21 «Волга» может быть определено путем сравнения диаграммы свободных колебаний кузова на подвеске испытываемого автомобиля с эталонной диаграммой, снятой с автомобиля с исправной подвеской.

Были использованы нагружатель подвески пневматического действия конструкции Ленфинината НИИАТ, прибор для регистрации колебаний кузова и приспособление для снятия характеристик амортизаторов, снятых с автомобиля.

Используемые амортизаторы перед установкой на автомобиль проверяли: их техническое состояние определялось путем сравнения полученных характеристик с эталонными.

Перед испытаниями проверяли и доводили до нормы давление воздуха в шинах, измеряли условную длину пружины передней подвески и условную стрелу прогиба задней рессоры.

По результатам испытаний были сделаны следующие выводы:

1. Изменение давления воздуха в шинах и способ закрепления автомобиля заметного влияния на диаграмму колебаний не оказывает.

2. При различных упругих характеристиках пружин правой и левой подвесок техническое состояние пружин оказывает большее влияние на диаграмму колебаний, чем состояние амортизаторов. Следовательно, проверка амортизаторов без снятия их с автомобиля возможна только при отличающихся не более чем на 10% упругих характеристиках пружин.

3. Различная степень заполнения амортизаторов жидкостью значительно влияет на диаграмму колебаний, в особенности на амплитуду первой полуволны (рис. 8). Достоверность определения только амплитуды первой

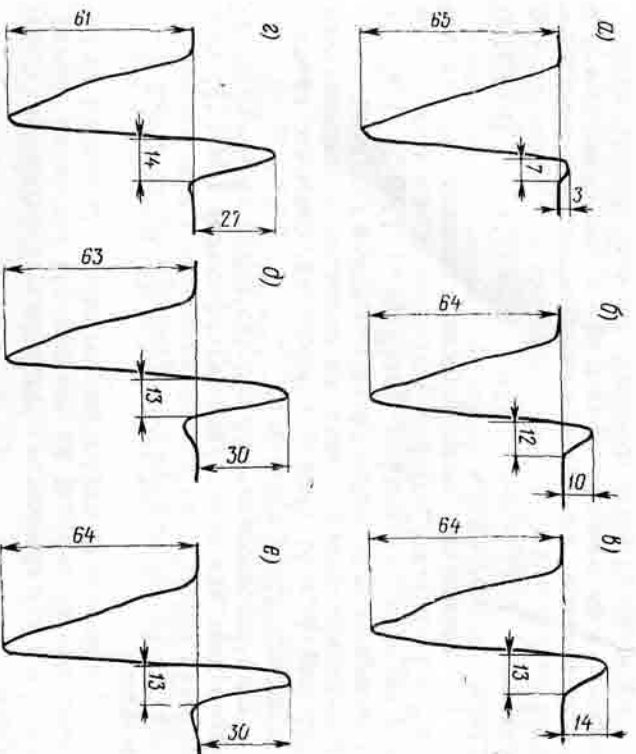


Рис. 8. Влияние заполнения амортизатора на его работу: а — амортизатор заполнен на 100%; б — на 90%; в — на 85%; з — на 75%; д — на 50%; е — амортизатор без жидкости

полуволны колебаний позволяет намного упростить конструкцию регистрирующего устройства.

Установлено, что при наполнении амортизаторов менее 80% емкости их работоспособность резко ухудшается (появляются удары кузова о подвеску), а при наполнении 50% и менее амортизаторы своих функций вообще не выполняют. В зоне резкого ухудшения работоспособности амортизаторов жесткость пружин подвески значительного влияния на максимальную амплитуду колебаний не оказывает. Отклонения в отдельных случаях достигают не более $\pm 10\%$.

4. Подомка пружин выпускного клапана и клапана сжатия, заедание клапана сжатия оказывают незначительное влияние на работу амортизатора.

Значительно ухудшают работу амортизаторов подомка пружины клапана отдачи, износ тарелок перепускного

и выпускного клапанов, попадание концев конусных пружин под тарелки клапанов и другие неисправности.

5. Величина подтыгивания кузова автомобиля ГАЗ-21 «Волга» принята равной 60—65 мм. При подтыгивании меньше 60 мм заметно сказывается влияние жесткости пружин передней подвески — максимальные амплитуды колебаний при различной степени наполнения амортизаторов и различных неисправностях мало отличались по величине. Увеличение же величины подтыгивания приводит к тому, что при проверке автомобилей с пружинами, частично потерявшими свои упругие свойства, происходит удары кузова о бугер сжатия и искажается картина свободных колебаний.

6. Наполнению амортизатора на 80% соответствует амплитуда колебаний, равная 15 мм, которая и принята в качестве предельного значения, так как большая амплитуда характеризует резкое ухудшение работоспособности амортизатора.

На рис. 9 приведена диаграмма влияния неисправностей на работу передних амортизаторов. Анализ диаграммы показывает, что максимальные амплитуды свободных колебаний кузова на подвеске при наличии в амортизаторах различных неисправностей не превышают амплитуды, полученные при недостаточном наполнении. Поэтому принятое предельное значение диагностического параметра амортизаторов, равное 15 мм, характеризует ухудшение работоспособности амортизаторов не только от недостаточного их заполнения жидкостью, но и от неисправностей отдельных элементов.

7. Если выявилось недопустимое (выше предельного) ухудшение работоспособности амортизатора, нет необходимости устанавливать конкретную причину неисправности, так как в этом случае амортизатор подлежит обязательному снятию и разборке (как для долива жидкости, так и для устранения неисправности).

Ранее уже упоминалось, что для правильной оценки технического состояния амортизаторов необходимо предварительно проверить состояние упругих элементов подвески.

В качестве параметра, характеризующего упругие свойства подвески, принята условная длина пружины передней подвески и условная стрела прогиба задней рессоры.

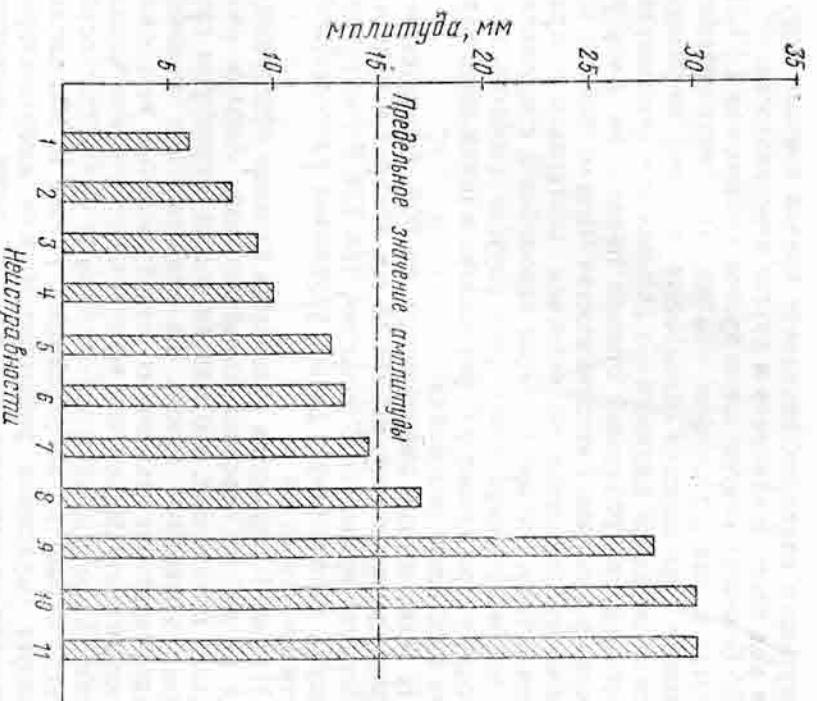


Рис. 9. Диаграмма влияния неустойчивостей на работу передних амортизаторов:

1 — амортизатор исправный; 2 — сломана пружина клапана сжатия; 3 — заклинило клапан сжатия; 4 — сломана пружина выпускного клапана; 5 — сломана пружина впускного клапана; 6 — поршень изношен, в амортизаторе залито жидкостью на 75%; 7 — поршень изношен, в амортизаторе залито жидкостью на 75%; 8 — поршень изношен, в амортизаторе залито жидкостью на 75%; 9 — сломана пружина клапана отдачи; 10 — под тарелку впускного клапана попал виток пружины; 11 — то же, при заполнении жидкостью на 75%.

Условная длина пружины передней подвески автомобиля ГАЗ-21 «Волга» может быть определена как расстояние между опорной чашкой и поперечной № 2 рамы в вертикальной плоскости, проходящей через длинный болт крепления поперечины к раме.

В зависимости от конструктивных особенностей передней подвески других моделей автомобилей за услов-

ную длину пружины можно принять расстояние между ободом колеса и крылом или она может определяться в другом, удобном для измерения месте.

Условная стрела прогиба задних рессор определяется как расстояние между кожаным полуоси и кузовом или между ободом колеса и крылом.

Для определения предельных значений диагностических параметров упругих свойств подвески в Ленинградском НИИИАТ была разработана методика и проведены исследования.

Рычаги передней подвески и задние рессоры автомобиля в снаряженном и груженом состоянии должны находиться в таком положении, чтобы не было контакта с буферами сжатия и отбоя и была обеспечена возможность некоторого перемещения подвески без ударов о кузов.

Статический прогиб подвески, при котором ее динамический ход уменьшается на 60%, был условно принят в качестве предельно допустимого.

На пункте диагностики в зоне ТО-2 пассажирского таксомоторного предприятия № 1 Глазенавотранса подверглись измерению фактические прогибы подвесок 372 автомобилей ГАЗ-21 «Волга», находящихся в эксплуатации.

Были построены полигоны распределения условной длины пружины передней подвески и стрелы прогиба задних рессор.

Распределение для передней подвески имеет ясно выраженную правостороннюю асимметрию, показывающую, что большинство прогибов имеет незначительное отклонение от номинального значения в сторону увеличения условной длины пружины.

В значительной степени это объясняется применением в анотранспортом предприятии пружин собственного изготовления из материала повышенной жесткости.

Для задних подвески распределение имеет левостороннюю асимметрию, показывающую отклонение большинства прогибов в сторону уменьшения условной стрелы прогиба, что свидетельствует о большом количестве «просевших» рессор.

Характер распределения прогибов пружин и рессор правой и левой подвесок одинаков, что свидетельствует

об изменении их упругости в процессе эксплуатации в одинаковой степени.

Сравнение условно принятых и фактических прогибов пружин и рессор подвески показало, что допущение в качестве предельных значений уменьшения динамического хода подвески на 60% может быть принято как исходное. Окончательное установление предельных значений прогибов пружин и рессор подвесок может быть произведено только после проведения соответствующих дорожных испытаний.

Общие рекомендации по диагностированию подвески

Диагностирование подвески проводится с целью определения ее фактического технического состояния и прогнозирования этого состояния в зависимости от ее пробега, т. е. определения ресурса до следующих ремонтных воздействий или регулировок.

Диагностирование проводится по параметрам (см. табл. 2), определение которых обеспечивается существующим оборудованием или приборами.

Пост, линия или пункт диагностики должен быть оборудован:

стендом или устройством для создания вынужденных или свободных колебаний;

прибором для фиксации диаграммы колебаний;

приборами для определения упругих свойств подвесок;

измерительным инструментом и шаблонами для определения геометрических размеров деталей и зазоров в сопряжениях.

Диагностическое оборудование для проверки и регулировки углов установки колес целесообразно устанавливать на специализированных постах.

Перед проведением диагностирования проверить: исправность диагностического оборудования;

наличие сжатого воздуха в пневмосистеме пункта диагностики;

соответствие норме давления воздуха в шинах приемного автомобиля;

отсутствие аварийных повреждений в узлах и деталях подвески (поломок и трещин пружин и рессор, обрывов амортизаторов и т. д.).

С целью исключения влияния стабилизатора поперечной устойчивости на упругие свойства пружин и рессор при их проверке, а также для получения возможности отдельной проверки стабилизатора его частично отсоединяют от упругих элементов.

При диагностировании автомобиля должен находиться в снаряженном состоянии, без водителя.

Диагностирование проводится в такой последовательности:

визуально осмотреть детали и сопряжения передней и задней подвесок. Если при визуальном осмотре будут обнаружены серьезные повреждения подвески, затрудняющие дальнейшее диагностирование, автомобиль направляется в зону текущего ремонта для устранения неисправностей;

определить упругие свойства подвесок (в статическом состоянии);

зафиксировать диаграмму колебаний;

проверить геометрическую форму деталей подвески.

При визуальном осмотре деталей и сопряжений подвесок проверить:

наличие поломок и трещин пружин, опорной чашки, штатки и стоек стабилизатора поперечной устойчивости, листов, кронштейнов и серег рессор;

люфт в сопряжениях рычагов, стойки, амортизаторов и рессор (в случае необходимости кузов вывешивается); зазор между кузовом и кронштейнами осей рычагов передней подвески;

прямолнейность стоек стабилизатора поперечной устойчивости;

герметичность чехлов рессор;

качество резины упоров.

Упругие свойства пружин и рессор определяют либо косвенным методом — по условной длине пружин и стреле прогиба рессор, либо путем измерения величин линейного перемещения подвески под воздействием определенной нагружающей силы. При больших (выше допустимых) прогибах подвесок автомобиль направляют на устранение неисправностей.

С целью определения технического состояния амортизаторов автомобиль проверяют на стенде или при помощи специальных приспособлений.

Поддрессорные и неподдрессорные массы автомобиля приводятся в колебательное состояние, и фиксируется диаграмма колебаний (вынужденных или свободных).

Данные визуального осмотра и проверки геометрической формы деталей подвески заносят в диагностическую карту с отметкой об их отклонении от допустимых значений.

Также заносятся в диагностическую карту результаты определения упругих свойств подвески.

Параметры колебаний поддрессорных и неподдрессорных масс сравнивают с эталонными и на основании этого сравнения делают вывод о техническом состоянии амортизаторов.

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

Геометрические размеры отдельных деталей подвески, зазоры между ними проверяют специальными измерительными инструментами, шаблонами и на стендах в статическом положении.

Для измерения условной длины пружины передней подвески и стрелы прогиба задней рессоры в Ленфильме НИИАТ разработана линейка модели К-429. Прибор электромеханического действия с дистанционной передачей измеряемых величин на пульт управления состоит из датчика линейных перемещений и показывающего прибора.

Датчик является реевостатным преобразователем и состоит из подвижной и неподвижной частей взаимно перемещающихся в прямом направлении и упирающихся своими концами — опорными площадками — в поверхность, расстояние между которыми поддежит измерению. Неподвижная часть датчика служит основанием для обмотки реевостата. К подвижной части прикреплен контакт, перемещающийся по обмотке реевостата. Концы обмотки реевостата и подвижной контакт подключены к измерительной схеме. В качестве показывающего прибора применяется вольтметр или амперметр в зависимости от электрической схемы. Шкалу прибора градуируют в миллиметрах. Вместо реевостата может быть использован потенциометр типа ППЗ. Для визуального отсчета проведена градуировка на подвижной части датчика.

Измерение можно проводить также при помощи стальной линейки с движком и сменным наконечником. Отсчет по шкале линейки — с точностью $\pm 0,5$ мм.

Отдельные детали подвески диагностируют шаблонами путем проверки правильности их геометрической формы. Принципиальная схема измерений одинакова для всех шаблонов и предполагает замер отклонений геометрической формы деталей от их номинального значения. На подвижный измерительный шток нанесены риски предельно допустимых значений диагностического параметра (минимального и максимального) и риска его номинального значения.

Для проверки углов установки колес существует большое количество различных стендов и приспособлений оптического и механического типа. Эти стенды и приспособления описаны в литературе достаточно подробно, поэтому их устройство в данной брошюре не приводится. Измерения в статике, несмотря на их экономичность и простоту, дают приблизительно диагностическую оценку состояния подвески.

Упругие свойства подвески определяют при помощи нагружателей в комплекте с измерителями линейных перемещений. В этом случае нагружатель должен иметь динамометрическое устройство для определения усиления нагружения. Зная величину перемещения кузова на подвеске и нагружающую силу, можно определить жесткость подвески.

Нагружатели используются для создания свободных колебаний поддрессорных масс автомобиля способом подтягивания или сбрасывания. Нагружатели могут быть механического, электромагнитного, электрического, гидравлического и пневматического действия.

Горьковским политехническим институтом разработан нагружатель механического действия, представляющий винтовой домкрат для подтягивания кузова и специальный разъемный элемент устройства (рис. 10).

Нагружение осуществляется вращением ходового винта 2. При достижении определенной величины нагружения происходит мгновенное разъединение с помощью устройства 3, и автомобиль начинает совершать свободные затухающие колебания.

Недостатком конструкции является ее механическая часть, требующая значительных затрат ручного труда.

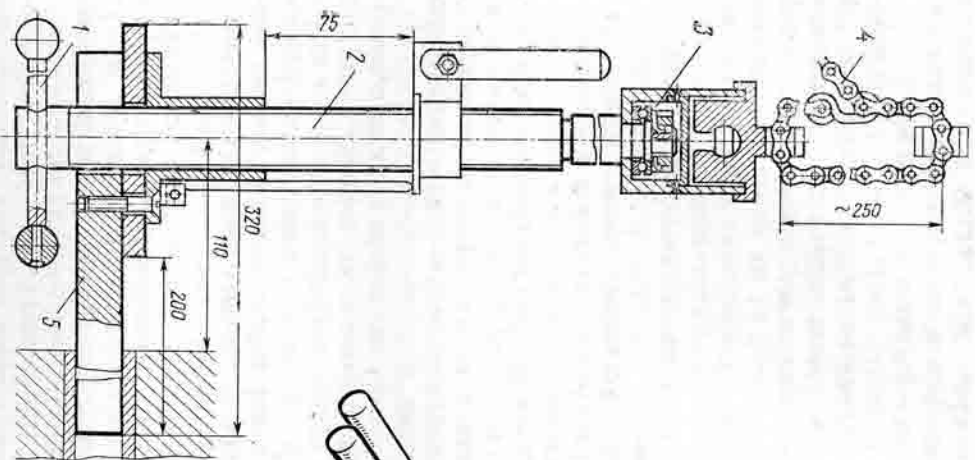


Рис. 10. Механический нагрузчитель подвески:

1 — рукоятка; 2 — ходовой винт; 3 — развешивательное устройство; 4 — цепь для крепления автомобиля к домкрату; 5 — консольная опора

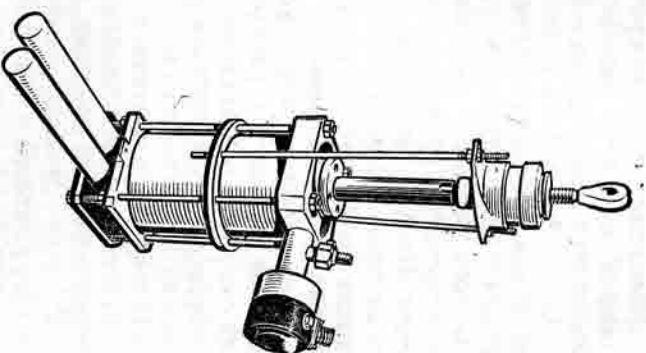


Рис. 11. Пневматический нагрузчитель подвески

Ленфилагом НИИАТ и конструкторско-технологическим отделом Главнавтогоспрана создан пневматический нагрузчитель подвески (рис. 11). Основными его частями являются: цилиндр, поршень, развешивательная шариковая муфта, шпилька-ограничитель хода и захват. Через

воздушную трубку сжатый воздух под давлением $6-8 \text{ кг/см}^2$ подается в верхнюю часть цилиндра и давит на поршень. Движение поршня вниз передается через шток, шариковую муфту и захват на кузов автомобиля, который опускается на $60-65 \text{ мм}$. Величину хода поршня регулируют шпилькой-ограничителем хода. При упоре шпильки в нижнюю крышку цилиндра срабатывает развешивательная шариковая муфта, кузов автомобиля мгновенно освобождается и начинает свободные колебания на подвеске. Нагрузчитель снабжен электрическим датчиком давления типа СТЗ с измерительным прибором, позволяющим определить усилие нагружения подвески при определенном ее прогибе, следовательно, оценивать упругие свойства подвески.

Различные конструкции регистрирующих устройств позволяют либо полностью записывать колебания, либо фиксировать их максимальную амплитуду. В первом случае регистрирующий прибор состоит из пишущего устройства, закрепляемого на крыле автомобиля, и вертикального, вращающегося с окружной скоростью $27-30 \text{ мм/сек}$ барабана с прикрепленной к нему бумажной лентой для нанесения диаграммы колебаний. Барабан крепят к поворотной цапфе.

Для фиксации максимальной амплитуды колебаний пишущее устройство (рис. 12) также закрепляется на крыле автомобиля, а прибор, состоящий из корпуса, крышки с прорезью для карандаша и кассеты для бумажной ленты, крепится к колпаку колеса резиновыми присосками. Емкость кассеты обеспечивает запись 100 диаграмм.

Ручное устройство для создания свободных колебаний методом сбрасывания автомобиля разработано в США [7].

Устройство состоит из механического нагрузчателя и регистрирующего приспособления (рис. 13). В механический нагрузчитель входят рычаги 1, рычаг с рейкой 3 и подставка 2. Скоба 4, соединенная со штоком 5, фиксатор 6 и показывающее устройство 7 составляют регистрирующее приспособление.

Устройство устанавливается перед автомобилем с таким расчетом, чтобы рычаг 2 (рис. 14) упирался под

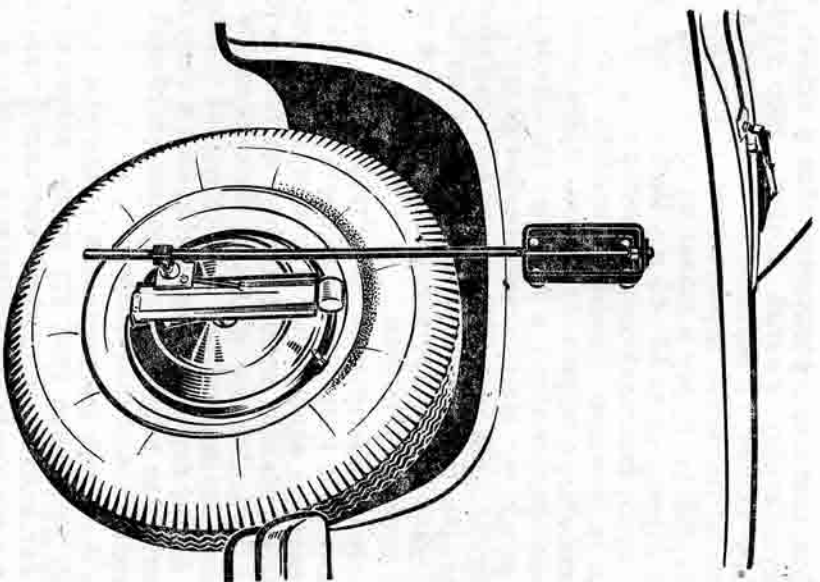


Рис. 12. Прибор для фиксации максимальной амплитуды колебания кузова на подвеске, установленный на автомобиле в рабочем положении

нижнюю часть буфера 3. При воздействии на рычаг 4 происходит выравнивание рычага 1 в вертикальной плоскости (рис. 14, а и б). При достижении рычагом 1 вертикального положения (рис. 14, б) (экстремального значения) отпускается фиксатор 6 (см. рис. 13) и стрелка 8 показывающего устройства 7 устанавливается в исходное положение. В момент, когда рычаг 1 прошел экстремальную точку (см. рис. 14, в), происходит мгновенное сбрасывание автомобиля, в результате чего начинаются его свободные затухающие колебания. Совершив путь

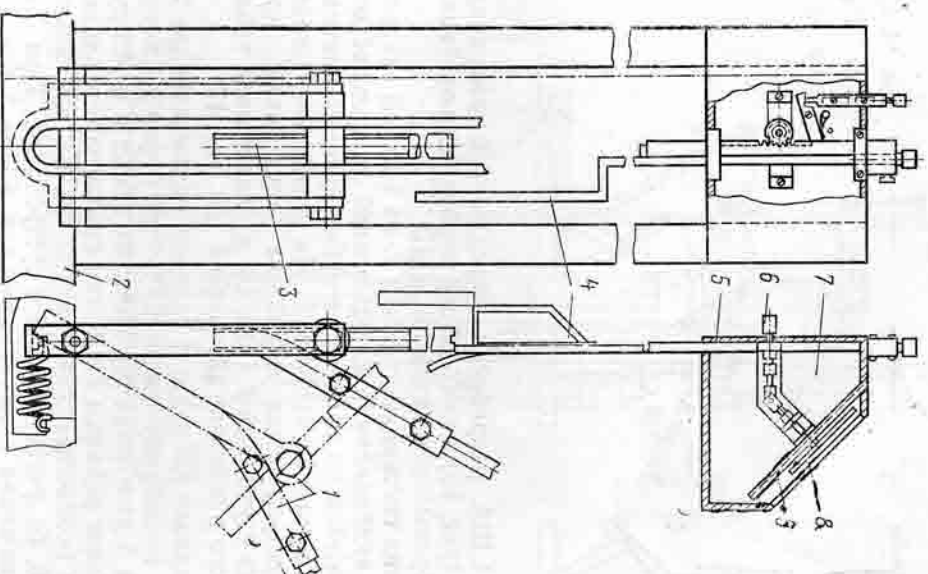


Рис. 13. Рычажное устройство для создания свободных колебаний методом сбрасывания

до нижней мертвой точки, буфер при движении вверх входит в соприкосновение со скобой 4 (см. рис. 13) регистрирующего устройства, которая перемещает шток 5, соединенный со стрелкой. Величина амплитуды второй полуволны, служащая диагностическим параметром, отсчитывается по шкале 9.

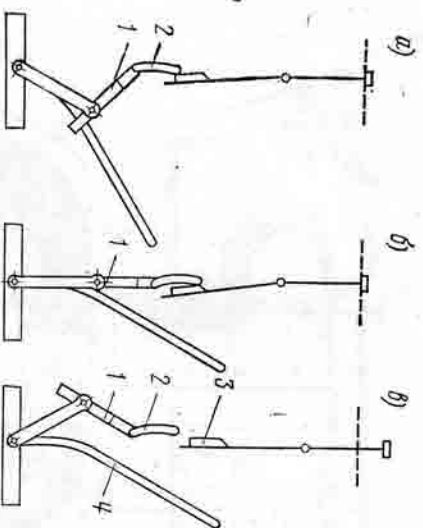


Рис. 14. Схемы ра-
боты сбрасываю-
щего механизма

В США разработан передвижной гидравлический стенд (рис. 15) для создания свободных колебаний методом сбрасывания автомобиля [10].

Стенд состоит из тележки 1, на которой закреплен силовой гидроцилиндр 2, подвижной консольной опоры 3, движущейся по рейке 10, и фиксирующих планок 4 и 6, закрепленных на стержне 7. На стенде могут применяться регистрирующие устройства двух типов: шкальное с двумя стрелками 2 (рис. 16, а) или в виде табло, приводимого в действие датчиком 8 (см. рис. 15).

Создавая давление в силовом гидроцилиндре 2 рычагом 9, поднимают автомобиль за бугер 5 консольной опорой 3 до отрыва его колес от земли и фиксируют это положение рейками 4 и 6, тем самым устанавливая в исходное положение «0» (см. рис. 16, а) или «start» (см. рис. 16, б) регистрирующее устройство. При дальнейшем движении вверх консольная опора 3 (см. рис. 15) резко опускается, освобождая бугер и давая возможность автомобилю совершать свободные колебания. Рейки 4 и 6, перемещаясь синхронно с бугером, передают колебания автомобиля на регистрирующее устройство. При использовании стрелочного регистрирующего устройства (см. рис. 16, а) колебания через систему рычагов 1 передаются стрелкам 2, фиксирующим размах колебаний.

При использовании второго варианта регистрирующего устройства сигнал от датчика поступает на табло

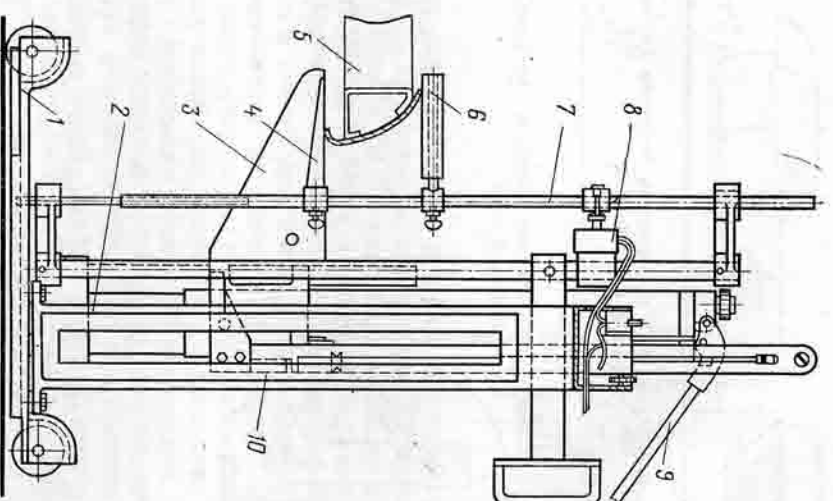
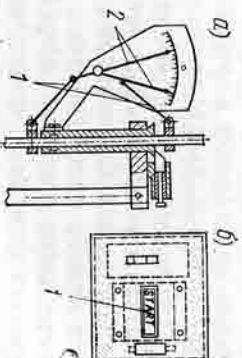


Рис. 15. Передвижной гидравлический стенд для создания свободных колебаний

Рис. 16. Регистрирующие устройства передвижного гидравлического стенда



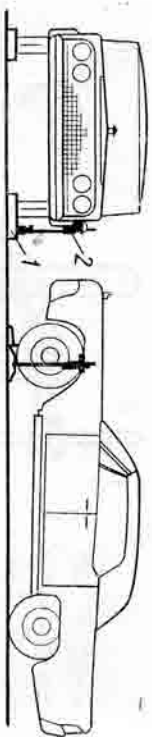


Рис. 17. Приспособление для диагностики подвески автомобиля методом сбрасывания

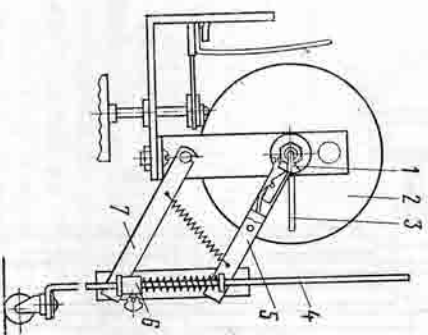


Рис. 18. Регистрирующее устройство приспособления для диагностики автомобилей методом сбрасывания

(см. рис. 16, 6), выдающее информацию о состоянии подвески автомобиля.

Простой способ диагностики подвески автомобилей методом сбрасывания предложен американскими учеными.

Автомобиль (рис. 17) въезжает на препятствие 1 клиновидной формы. Соскакивая с него, поддрессоренная часть автомобиля начинает совершать на подвеске свободные затухающие колебания, которые регистрируются устройством 2, закрепленным на крыле автомобиля.

При установке автомобиля на препятствие стрелку 3 (рис. 18) с помощью фиксатора 6 устанавливают в нулевое положение. Соскакивая с препятствия, кузов автомобиля приобретает свободные колебания, которые воспринимаются стрелкой 4 и через рейки 5 и 7 и храповой механизм 1 передается стрелке 3, фиксирующей на диске 2 колебания поддрессоренной части. Храповой механизм обеспечивает

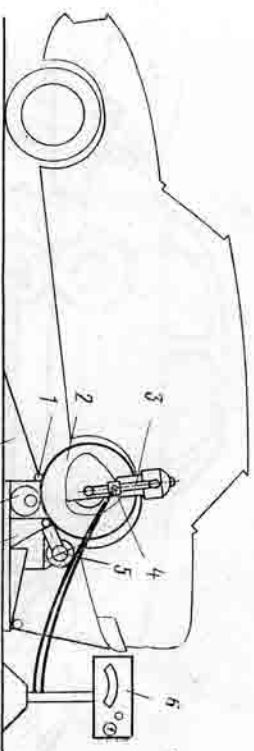


Рис. 19. Стенд для создания вынужденных колебаний с эксцентричным кулачком

вращение стрелки только в одном направлении. Диск 2 разделен на три сектора, обозначающие хорошее, удовлетворительное и плохое состояние подвески автомобиля. Угол отклонения стрелки, являющийся функцией амплитуды, в достаточной степени характеризует техническое состояние подвески диагностируемого автомобиля.

Использование нагрузителей и других приспособлений для диагностирования подвески автомобиля методом свободных колебаний позволяет определить состояние подвески с небольшим объемом информации. Этот метод может найти широкое применение для экспресс-диагностики. Для пунктов углубленной диагностики целесообразно использовать метода вынужденных колебаний. Для создания вынужденных колебаний разработаны различные конструкции стендов в СССР и за рубежом.

Интересная конструкция стенда (рис. 19) для диагностики амортизаторов без их демонтажа методом вынужденных колебаний разработана в США [12].

Автомобиль заезжает на клиновидные опоры 7 и 9, при этом колесо 2 плотно прижимается к роликам 1 и к эксцентричному кулачку 8. Датчик 4, имеющий связь с регистрирующим устройством 6, закреплен на верхнем кожухе амортизатора 3 с помощью постоянного магнита. При включении электродвигателя ведущий шкив 5 передает вращение эксцентричному кулачку 8, который вызывает вынужденные гармонические колебания автомобиля.

Диагностическим параметром, характеризующим состояние амортизатора, в данном случае является изменение его температуры, фиксируемое датчиком 4.

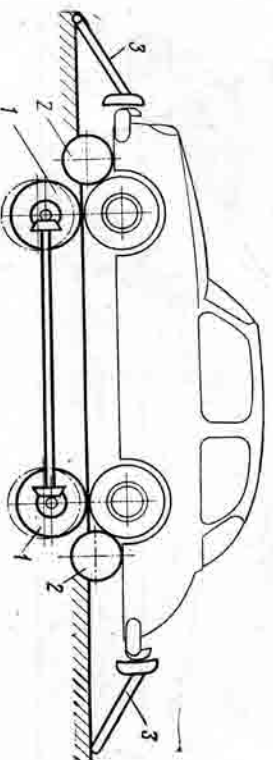


Рис. 20. Стенд для создания вынужденных колебаний с эксцентричными барабанами

Конструктивной разновидностью описанного стенда является стенд, изображенный на рис. 20 [12].

Функцию кулачка, создающего возмущающую силу, выполняют два эксцентричных барабана 1. Ролики 2 служат датчиками, получающими информацию о параметрах колебаний. Для предотвращения движения автомобиля вдоль стенда конструкцией предусмотрены упоры 3.

Другой разновидностью этого метода диагностики подвески является стенд с шарнирной опорой (рис. 21) [15].

Шарнирно закрепленная с одного конца опора 5, со- вершает возвратно-поступательное движение за счет соединения с эксцентрикком, который, в свою очередь, соединен через редуктор с электродвигателем 1 (см. рис. 21, б).

Разница регистрирующих устройств, изображенных на рис. 21, в том, что одно из них (см. рис. 21, а) крепится на общем фундаменте со всей системой и регистрирует перемещение колеса 4 автомобиля относительно неподвижной опоры 1.

На рис. 21, б изображено регистрирующее устройство 3, которое крепится к крылу 2 автомобиля и регистрирует перемещение поддрессоренной части автомобиля относительно неподдрессоренной (в данном случае колеса 4).

Основу французского стенда диагностики подвески методом вынужденных колебаний (рис. 22) составляет приспособление, помещенное в нишу [16]. Приспособле-

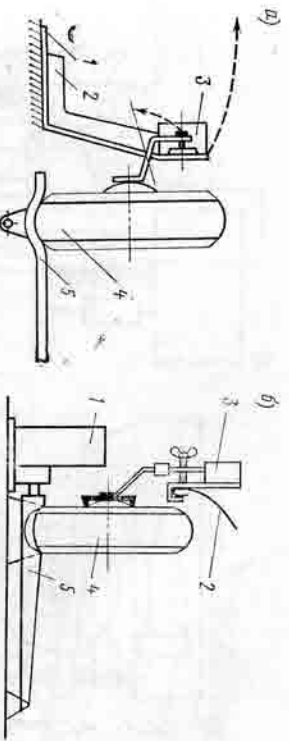


Рис. 21. Стенд с шарнирной опорой и регистрирующим устройством: а — закрепленным на общем фундаменте; б — неподвижная опора; 2 — кронштейн; 3 — регистрирующее устройство; 4 — колесо; 5 — шарнирно закрепленная опора;

6 — закрепленным на крыле автомобиля; 1 — электродвигатель; 2 — крыло автомобиля; 3 — регистрирующее устройство; 4 — колесо; 5 — шарнирно закрепленная опора

ние включает в себя эксцентричную массу 7, опорную площадку 1, поддерживаемую пружиной 6, и две соединительные планки 5.

Автомобиль 4 устанавливают на опорной площадке 1. К его неподдрессоренной части с помощью рычагов 2 подключают регистрирующее устройство 3.

При вращении эксцентричной массы 7 в системе возникают вынужденные гармонические колебания, которые через опорную площадку 1 передаются колесу автомобиля (частота их может быть изменена пружиной 6). Регистрирующее устройство 3 показывает максимальную амплитуду каждого периода.

Эта же схема легла в основу стенда Боге-даль, выпускаемого фирмой Симс и Кляйн.

Эксцентрикковым приводом через пружинные элементы вызываются колебания одновременно двух колес автомобиля. Амплитуда колебаний записывается механическим диаграммным прибором для каждого колеса отдельно.

Габариты стенда — 2200×3800×850 мм, вес нетто — 660 кг, потребляемая мощность — 1,7 кв (220/380 в, 50 гц).

В комплект стенда входит центральный пульт управления. Стенд аналогичной конструкции создан и в Со-

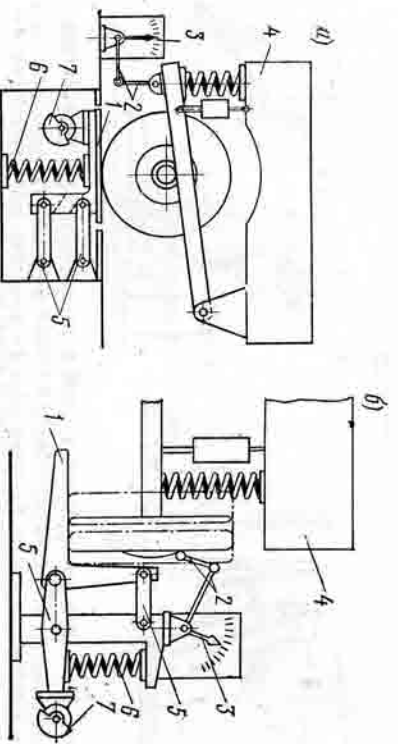


Рис. 22. Схема стенда для создания вынужденных колебаний автомобиля:
а — площадочный с эксцентриком; б — с консольной опорой

ветском Союзе (разработан в ЦКБ Минавтогосна РСФСР).

Все стенды описанной конструкции имеют большую металлоемкость и требуют определенных затрат электроэнергии. В США разработана конструкция приспособления (рис. 23) для создания вынужденных колебаний подвески за счет дисбаланса [9]. Основу ее составляет диск 2 (рис. 23, а) с закрепленным на нем эксцентрично грузом. При вращении колеса автомобиля приводным роликом 5 за счет дисбаланса возникают вынужденные гармонические колебания. Колебания воспринимаются подставкой 1, устанавливаемой под ось автомобиля. Через зубчатую рейку 1 (рис. 23, б) и гибкий трос 3 (рис. 23, а) информация о колебаниях передается на регистрирующее устройство 4.

Приспособление имеет весьма элементарную конструкцию. Однако, несмотря на свою простоту, обладает достаточной универсальностью: путем изменения окружной скорости приводного ролика можно изменять частоту возмущающей силы. Меняя вес груза и радиус его вращения, можно в определенных пределах регулировать амплитуду.

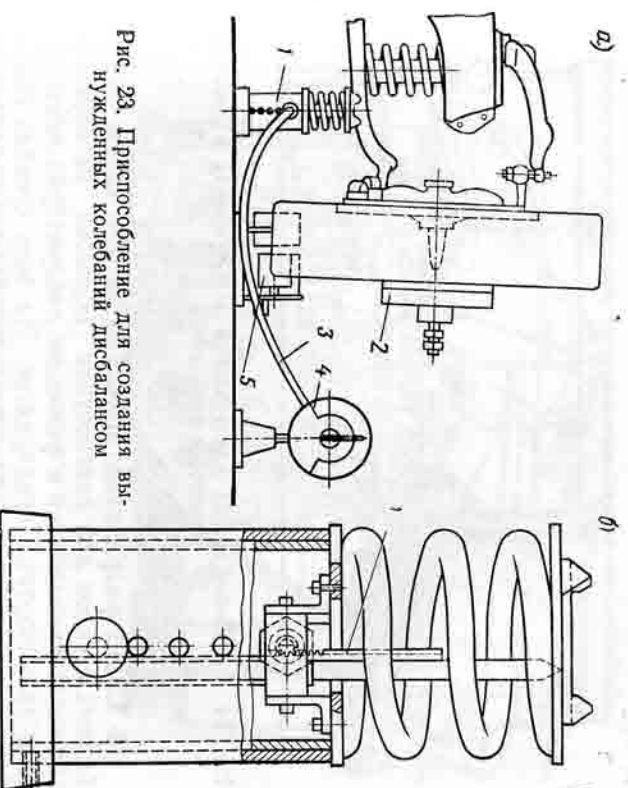


Рис. 23. Приспособление для создания вынужденных колебаний дисбалансом

Для диагностирования подвески автомобиля может быть рекомендован стенд, разработанный в Горьковском политехническом институте (рис. 24).

Стенд имеет раму 1, на которой смонтированы опорные барабаны 7 и 9 и натяжной барабан 3. Натяжное устройство 2 позволяет регулировать натяжение бесконечной ленты 4. Между барабанами имеются опорные площадки 8, предотвращающие провисание ленты. В комплект стенда входит регистрирующее устройство 6, фиксирующее колебания передних и задних колес автомобиля. Неровности, имитирующие дорожные условия, подаются на ленту специальным сбрасывателем 5. Автомобиль устанавливается колесами на бесконечную ленту. При движении ленты передние и задние колеса последовательно подбрасываются через промежуток времени, зависящее от интервала сбрасывания на ленту неровностей и от скорости вращения барабанов. Состояние подвески определяется по характеру кривых вертикального перемещения колес и кузова автомобиля в функции времени.

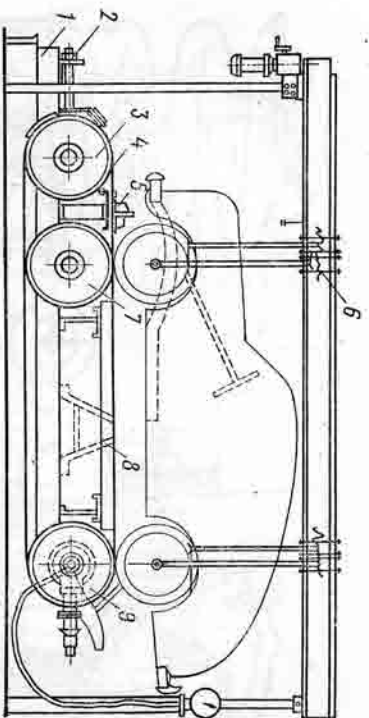


Рис. 24. Ленточный стенд для создания вынужденных колебаний подвески автомобиля

В СЭПИ разработано несколько конструкций барабанных стендов для диагностики подвесок легковых и грузовых автомобилей в условиях лаборатории института и транспортных предприятий. На всех стендах колебания возбуждаются синусоидальной (или близкой к ней) неровностью, установленной по окружности барабана. Изменяя частоту вращения барабанов, получаем вынужденные колебания в заданном диапазоне. Отношение амплитуды вынужденных колебаний X к амплитуде неровности барабана H представляет ординаты АЧХ на соответствующей частоте, т. е.

$$A^{(\omega)} = \frac{X^{(\omega)}}{H^{(\omega)}}.$$

Для определения АЧХ обычно используются вертикальные перемещения кузова автомобиля. На рис. 25 показан общий вид лабораторного барабанного стенда.

Барабаны стенда приводятся в движение от электрического двигателя с фазовым ротором мощностью 28 кВт и частотой вращения 1440 об/мин. По окружности барабанов установлена одна синусоидальная неровность с амплитудой 1 см. Скорость вращения барабанов регулируется редуктором двигателя от 0,5 до 4 об/сек.

На стенде могут диагностироваться подвески легковых и грузовых автомобилей. От продольного переме-

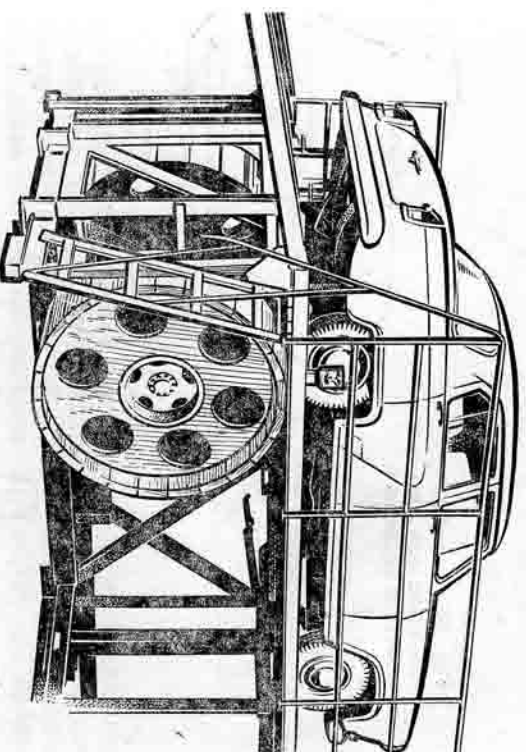


Рис. 25. Общий вид лабораторного барабанного стенда

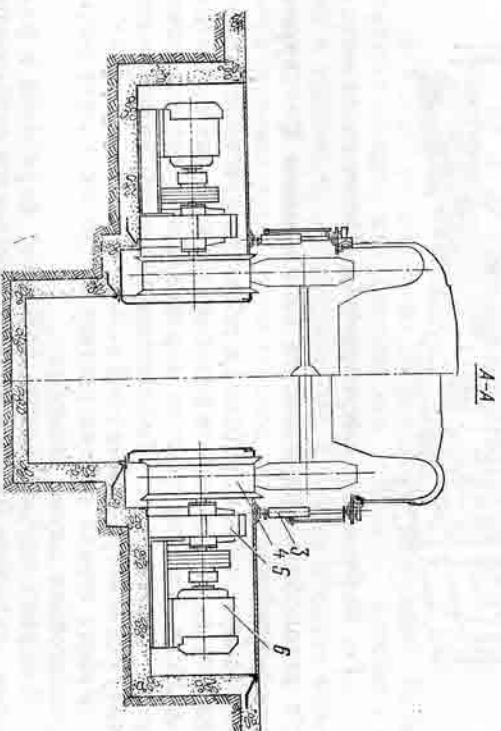
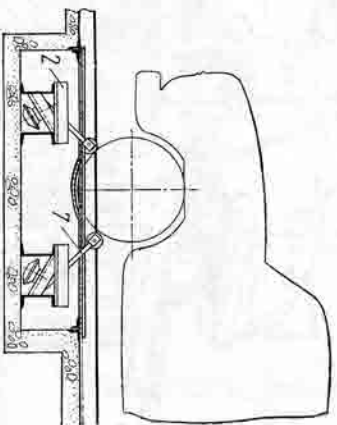
ния автомобиль удерживается специальным фиксирующим устройством.

При вращении барабанов в подвеске автомобиля возбуждаются вынужденные колебания с частотой от 0,5 до 4 кол/сек. Регистрируются вертикальные перемещения кузова посредством потенциометрического датчика на ленту осциллографа или иной самописец.

Работа стенда по диагностике подвесок может быть организована двумя способами.

В первом случае частота вращения барабанов в рабочем диапазоне 0,5—4,0 кол/сек изменяется ступенчато (с интервалом 0,2—0,3 кол/сек). После переключения двигателя и истечения переходного периода, т. е. когда колебания стали стационарными, регистрируются вынужденные колебания. Во втором случае медленно разгоняют барабаны с постоянным ускорением до скорости вращения 4 об/сек. Время разгона должно быть 15—20 сек. Одновременно в процессе разгона регистрируются на самописец вынужденные колебания кузова автомобиля. Хотя в этом случае и имеется переходный процесс, но ввиду малого ускорения его амплитуды очень мало отличаются от соответствующих амплитуд при такой же

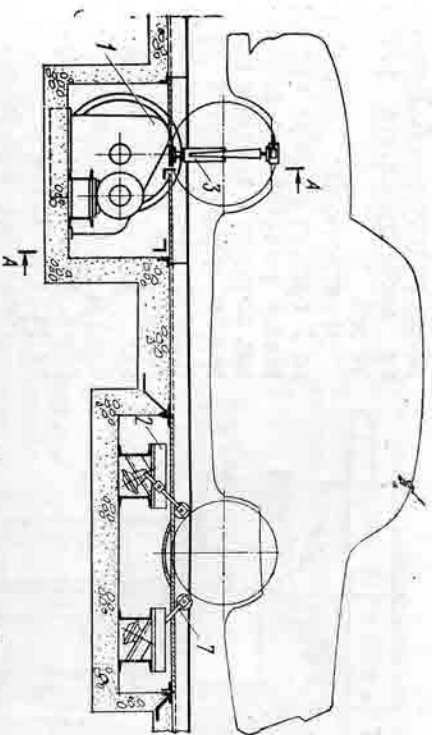
Рис. 26. Барабанный стенд для диагностики подвесок



частоте колебаний стационарного процесса. В табл. 3 приведены значения амплитуды вынужденных перемещений кузова, полученные этими двумя способами.

Средняя разность отсчетов между амплитудами, полученными разными способами, составляет 0,3 мм, что равно погрешности около 2%. Такая ошибка допустима, так как она находится в пределах точности выполнения эксперимента.

Следовательно, с целью упрощения выполнения работ и сокращения времени диагностирования подвесок



допустимо регистрировать колебания автомобиля при медленном его разгоне барабана от 0,5 до 4 об/сек. Вполне эквивалентно разгону будет также и медленное замедление вращения барабанов от 4 об/сек до полной остановки в течение 15—20 сек.

Стенд для диагностики подвесок в автотранспортном предприятии состоит из двух однобарабанных стенов 1 (рис. 26), фиксирующих устройств 2, регистрирующих механизмов 3 и средств автоматики с пультом управления. Стенд позволяет поочередно контролировать техническое состояние подвесок переднего и заднего моста автомобиля ГАЗ-21 «Волга». Все оборудование унифицировано со стендом для диагностики тормозов, поэтому на нем одновременно можно и контролировать тормозную систему путем определения тормозного пути и времени срабатывания тормозного привода.

Механизмы стенов монтируются на прочной или тупиковой осмотровой канаве, на которой могут выполняться также и работы по устранению выявленных неисправностей.

Барабаны 4 стенов приводятся во вращение через редукторы 5 электродвигателями 6 с короткозамкнутым ротором мощностью 4,5 квт. Скорость вращения барабанов — 285 об/мин.

Для обеспечения въезда и выезда автомобилей предусмотрены колодные тормоза с электромагнитным управлением. Колебания в подвеске возбуждаются за счет эксцентричной установки барабанов на выходных

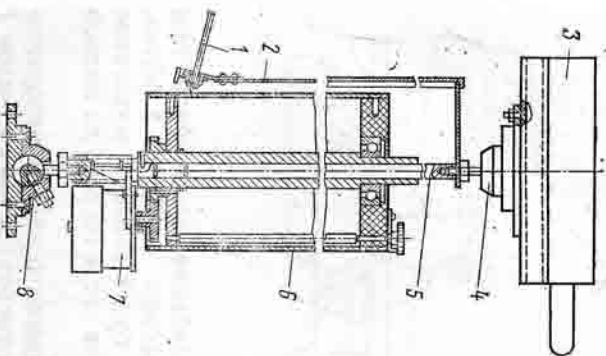


Рис. 27. Механизм для регистрации колебаний

валах редукторов 5. Величина эксцентриситета равна 10 мм.

Фиксирующее устройство 2 состоит из двух качающихся рычагов 7 с роликами, которые в верхнем положении удерживаются пружинами. Перед движением автомобиля вперед или назад рычаги отклоняются вниз пневматическими камерами, включаемыми с пульта управления.

Механизм для регистрации колебаний автомобиля (рис. 27) состоит из барабана 6, приводимого в движение электродвигателем 7, нижнего 8 и верхнего 4 опорных шарниров, штока 5 с держателем 2 и карандашом 1. Шток 5 в верхней части с помощью прижимного устройства 3 закрепляется к

Таблица 3

Амплитуды вынужденных колебаний кузова автомобиля ГАЗ-21 «Волга» при ступенчатом и непрерывном вращении барабанов

Параметр	Движение барабанов	
	Ступенчатое, с постоянной скоростью	Непрерывное, замедленное
Амплитуда колебаний автомобиля, мм:		
при частоте 7,4 сек ⁻¹	15,5	14,8
» 10,5 »	18,5	18,8
» 12,6 »	21,0	21,0
» 14,0 »	19,0	19,0
» 15,8 »	14,5	15,0
» 19,6 »	9,5	9,0

нижней кромке переднего или заднего крыла автомобиля. Нижний опорный шарнир 8 устанавливается на крышке барабанного стэнда. Для регистрации вынужденных колебаний автомобиля на наружную поверхность барабана 6 с помощью двух валков крепится специальный лист бумаги.

Колебания могут регистрироваться при медленном разгоне или медленной остановке барабанов стэнда. Это замедление обеспечивается благодаря наличию маховиков в приводе барабанов.

Особенностью конструкции другого стэнда для диагностики подвесок является отсутствие редуктора в приводе барабанов. Здесь барабаны соединены непосредственно с валом электродвигателя упругой муфтой, что обеспечивает диагностирование в значительно большем диапазоне частот (0,5—12 кол/сек) и несколько расширяет возможности стэнда. Скорость вращения двигателя 730 об/мин. Диаметр барабанов 325 мм.

В остальном конструкция стэнда аналогична предыдущей.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельфандейн Я. А. Методы динамической диагностики кибернетических систем. Рига, 1967, 542 с.
2. Дербаремдикер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. М., «Машиностроение», 1969, 236 с.
3. Домлатовский Ю. А. Автомобиль в движении. М., Машиз, 1957, 231 с.
4. Костин К. А. Текущий ремонт автомобилей М-21 «Волга» в автохозяйствах. М., Автогосиздат, 1963, 48 с.
5. Литвинов А. С., Ротенберг Р. В., Фрумкин А. К. Шасси автомобиля. М., Машиз, 1963, с. 394—476.
6. Несвицкий Я. И. Надежность автомобиля. М., «Транспорт», 1966, 75 с.
7. Патент США-2.133.843.
8. Патент США-2.934.940.
9. Патент США-2.923.147.
10. Патент США-3.164.003.
11. Патент США-3.187.554.
12. Патент США-3.477.273.
13. Патент Франции-1.585.294.
14. Певзнер Я. М., Зельцер Е. А. Исследование влияния нелинейных характеристик амортизаторов на колебания автомобиля. В кн.: «Труды семинара по подвескам автомобилей». Вып. 14. М., 1968, с. 5—50 (НАМИ).
15. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания. М., Машиз, 1960, 355 с.
16. Техническая информация № 47—57. Серия «Диагностика автомобилей». Алма-Ата, 1970.
17. Техническая кибернетика. Под ред. В. В. Солодовникова. Кн. I. М., «Машиностроение», 1967, с. 187—199.
18. Федоров С. А. О статическом расчете напряженности автомобильных рессор и повышении их долговечности. Труды СЭПИ. Вып. 1, 1967, с. 129—136.
19. Цимбагин В. Б. Стендовые испытания автомобилей на плавность хода. В сб. «Подвеска автомобиля». М., Изд-во АН СССР, 1951, с. 184—193.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Статические и динамические характеристики подвески автомобиля	6
Основные задачи диагностики подвески автомобиля	6
Статические характеристики подвески	7
Динамические характеристики подвески	8
Параметры и методы диагностирования подвески	11
Параметры диагностирования	11
Диагностирование по вынужденным колебаниям	17
Диагностирование по собственным колебаниям	23
Общие рекомендации по диагностированию подвески	30
Диагностическое оборудование и приборы	32
Тематический указатель литературы	52

НИИАТ

Эдгард Владимирович Кошмелев,

Моисей Абрамович Пурник,

Сергей Алексеевич Федоров

Диагностика подвески автомобилей

Редактор Б. Б. Соловьев

Техн. редактор Р. А. Иванова

Корректор Т. Н. Никольская

Сдано в набор 25/VII 1973 г. Подписано к печати 23/1 1974 г.
Бумага 84×108/32 тип. № 2 Печатных листов 1,625 (условных 2,73)
Учasto-изд. листов 2,75 Тираж 15000 экз. Т 03826 Изд. № 14-4/14 № 6337
Зах. тип. 722 Цена 18 коп.

Изд-во «ТРАНСПОРТ», Москва, Вяземский тип. б-я

Московская типография № 19 Соевзоптиграфома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательства, полиграфии и книжной торговли,
г. Москва, наб. Морриса Тореза, 34