

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.11.012.82

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ

Н. П. ДЕРГУНОВ, Ю. И. ДРОН

Уральский лесотехнический институт

Один из способов повышения плавности хода автопоезда — стабилизация кузова за счет применения автоматической подвески [1], изображенной на рис. 1.

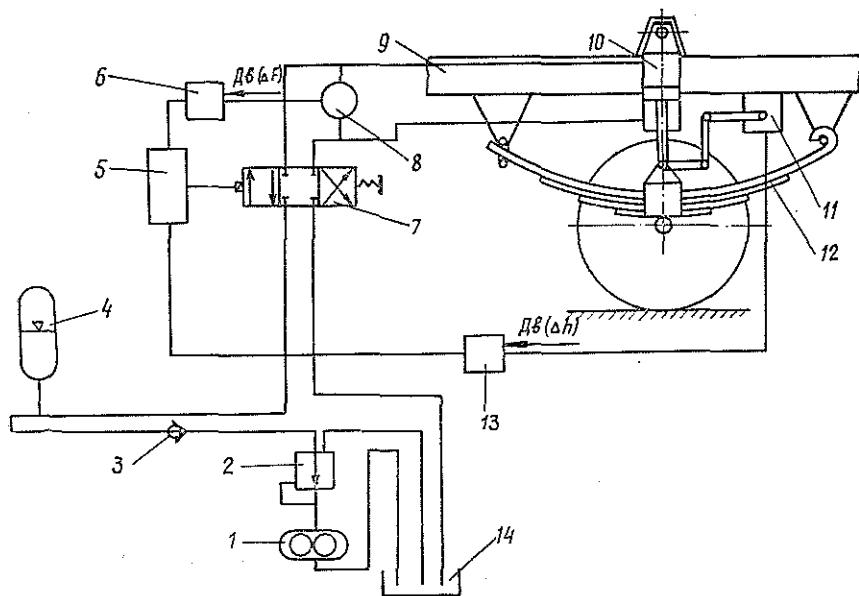


Рис. 1. Принципиальная схема автоматической подвески.

1 — гидронасос; 2 — автомат разгрузки; 3 — обратный клапан; 4 — гидроаккумулятор; 5 — усилитель-преобразователь; 6 — блок формирования сигналов управления по информации, поступающей от дифференциального датчика давления; 7 — золотниковое устройство; 8 — дифференциальный датчик давления; 9 — кузов; 10 — силовой гидроцилиндр; 11 — датчик прогиба; 12 — упругий элемент (рессора); 13 — блок формирования сигналов управления по информации, поступающей с датчика прогиба; 14 — бак для рабочей жидкости.

Роль исполнительного механизма выполняет силовой гидроцилиндр 10, работа которого обусловлена положением плунжера золотника 7. Управление золотником осуществляется с помощью сигналов, поступающих на сумматор 5 от датчика перепада давления 8 в полостях гидроцилиндра и датчика прогиба 11 упругого элемента (рессоры) 12 через формирующие блоки 6 и 13. При наезде автомобиля на неровность дороги или съезде с нее на шток гидроцилиндра 10 действует сила от перемещения рессоры 12. В полостях гидроцилиндра возникает перепад давления, который фиксируется датчиком 8. Сигнал от датчика давления через формирующий блок 6 и сумматор 5 поступает на электромагнитные обмотки золотника, заставляя плунжер перемещаться в нужном направлении. В результате перемещается шток гидроцилиндра, увлекая за собой колесо. Таким образом, колесо, проезжая по неровности, с большой степенью

точности описывает ее поверхность, а сила, действующая на кузов автомобиля от дороги, значительно снижается. Для того чтобы обеспечить стабилизацию кузова при воздействии на автомобиль длительных нагрузок (например при движении на повороте, подъеме или спуске и т. п.), применяется датчик прогиба 11 рессоры 12.

В настоящей статье предлагается методика расчета основного параметра силовой части автоматической подвески (силового гидроцилиндра) одновременно с расчетом (синтезом) системы автоматического управления этим гидроцилиндром. Решается задача выбора максимальной силы на штоке гидроцилиндра, которая требуется для обеспечения заданного вида переходного процесса колебаний (по вертикальному перемещению) кузова автомобиля при наезде на единичную неровность. При этом одновременно получается желаемая передаточная функция системы автоматического управления.

Используем известную двухмассовую модель автомобиля [2], которая математически описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} M_2 \ddot{x}_2 + K_2 \dot{x}_2 + C_2 x_2 - (K_2 \dot{x}_1 + C_2 x_1) &= 0; \\ M_1 \ddot{x}_1 + (K_1 + K_2) \dot{x}_1 + (C_1 + C_2) x_1 - (K_2 \dot{x}_2 + C_2 x_2) &= K_1 \dot{q} + C_1 q, \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $M_2$ ,  $M_1$  — поддрессоренная и неподдрессоренная массы автомобиля, приходящиеся на рассматриваемую подвеску;

$C_1$ ,  $C_2$  — жесткости шин и рессор;

$K_1$ ,  $K_2$  — коэффициенты демпфирования шин и гидроамортизаторов;

$x_2$ ,  $x_1$  — перемещения поддрессоренной и неподдрессоренной масс  $M_2$  и  $M_1$ ;

$q$  — изменение высоты неровностей продольного профиля дороги под колесами автомобиля.

На рис. 2 приведен переходный процесс (кривая 1) по перемещению кузова при наезде автомобиля на единичную неровность для парамет-

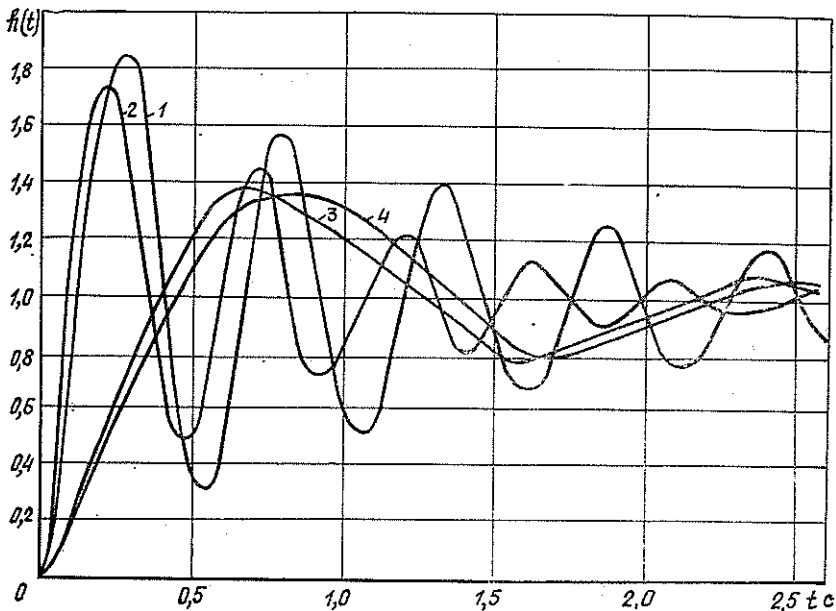


Рис. 2. Переходные процессы пассивной и активной подвесок.

ров:  $C_1 = 2 \cdot 10^6$  Н/м,  $C_2 = 0,564 \cdot 10^6$  Н/м,  $K_1 = 10^3$  Н · с/м,  $K_2 = = 7,5 \cdot 10^3$  Н · с/м,  $M_1 = 590$  кг,  $M_2 = 3140$  кг.

В связи со сложностью поставленной задачи и той особенностью, что для лесовозного автомобиля не характерны высокочастотные колебания из-за сравнительно низкой скорости движения, указанную модель целесообразно упростить. Дифференциальное уравнение упрощенной системы имеет вид

$$M_2 \ddot{x}_2 + K_2 \dot{x}_2 + C_2 x_2 = K_2 \dot{q} + C_2 q. \quad (2)$$

Переходный процесс упрощенной модели приведен на рис. 2 (кривая 2). Как видно, отличие кривых 1 и 2 переходных процессов двухмассовой и упрощенной моделей в начале процесса незначительно.

На этом же рисунке показан желаемый переходный процесс колебаний кузова автомобиля (кривая 3). Он получен для желаемой передаточной функции подвески  $W_{ж}(p)$ , которая может, например, аппроксимировать оптимальную передаточную функцию, обеспечивающую минимум среднего квадратичного значения колебаний кузова при заданных статических и динамических свойствах [2, 3] — кривая 4:

$$W_{ж}(p) = \frac{X_2(p)}{Q(p)} = \frac{K}{T_{ж}^2 p^2 + 2\xi_{ж} T_{ж} p + 1}, \quad (3)$$

где  $T_{ж}$  — постоянная времени переходного процесса ( $T_{ж} = 0,16$  с);

$\xi_{ж}$  — параметр затухания колебаний ( $\xi_{ж} = 0,3546$ );

$K$  — коэффициент усиления ( $K = 1$ ).

Получить такой процесс в структуре пассивной подвески, как известно, очень сложно.

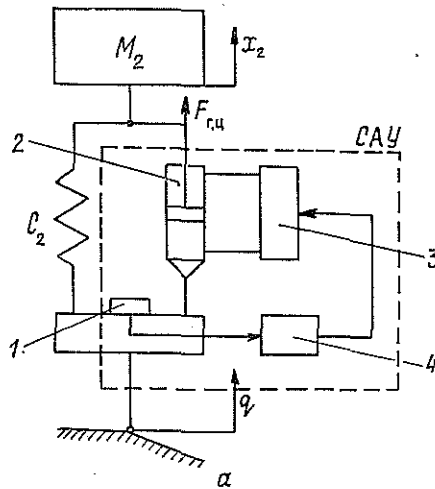


Рис. 3. Функциональная (а) и структурная (б) схемы активной подвески.

1 — датчики САУ (чувствительные элементы); 2 — силовой гидроцилиндр; 3 — система автоматического управления; 4 — корректирующее звено САУ.

На рис. 3 изображены функциональная (а) и структурная (б) схемы активной подвески для принятой модели автомобиля.

Получим передаточную функцию системы управления гидроцилиндром для рассматриваемой активной подвески. Передаточная функция от возмущения (воздействия дороги)  $q$  до вертикального перемещения кузова  $x_2$

$$\frac{X_2(p)}{Q(p)} = \frac{(C_2 - W_{\text{САУ}}) W_{\text{К}}}{1 + C_2 W_{\text{К}}} = W, \quad (4)$$

где  $W_{\text{САУ}}$  — передаточная функция САУ от  $q$  до силы на штоке гидроцилиндра  $F_{\text{г.ц}}$ ;

$W_{\text{К}}$  — передаточная функция от силы  $F_{\text{д}}$ , действующей на кузов, до его перемещения  $x_2$ ,  $W_{\text{К}} = \frac{1}{M_2 p^2}$ .

Для обеспечения поставленной задачи необходимо, чтобы  $W = W_{\text{ж}}$ . Тогда из уравнений (3) и (4) получим

$$W_{\text{САУ}} = C_2 - \left( C_2 + \frac{1}{W_{\text{К}}} \right) W_{\text{ж}} \quad (4)$$

или

$$W_{\text{САУ}} = \frac{2\xi_{\text{ж}} T_{\text{ж}} C_2 \left( \frac{C_2 T_{\text{ж}}^2 - M_2}{2\xi_{\text{ж}} T_{\text{ж}} C_2} p + 1 \right) p}{T_{\text{ж}}^2 p^2 + 2\xi_{\text{ж}} T_{\text{ж}} p + 1}. \quad (5)$$

Корректирующее звено вида (5) легко реализуется на электронных средствах автоматизации.

На рис. 4 приведен переходный процесс по силе на штоке гидроцилиндра в системе с активной подвеской. Как видно из переходного процесса, максимальная сила управления не превышает 21 300 Н при наезде на ступенчатую неровность высотой 0,1 м. Именно эта сила должна быть принята для расчета параметров гидроцилиндра, если такая высота неровности принята типовой при эксплуатации лесовозного автомобиля.

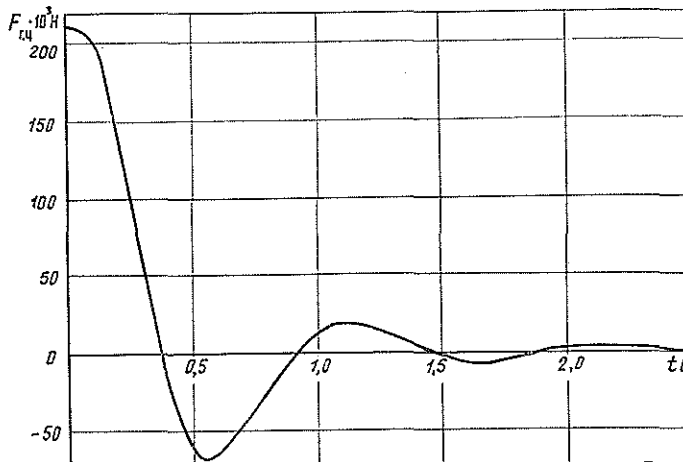


Рис. 4.

Таким образом, изложенная методика позволяет рассчитать параметры силового гидроцилиндра с одновременным синтезом САУ им в активной подвеске лесовозного автомобиля для любых единичных неровностей микропрофиля дороги.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 998147 (СССР). Система автоматического регулирования характеристики подвески транспортного средства/ Н. П. Дергунов, Ю. Д. Силуков.— Оpubл. в Б. И., 1983, № 7. [2]. Дергунов Н. П., Силуков Ю. Д. Подвеска лесовозных машин с заданными динамическими и статическими свойствами при наличии ограничений.— Изв. высших учеб. заведений, Лесн. журн., 1980, № 4. [3]. Дергунов Н. П., Силуков Ю. Д. Практический расчет оптимальной передаточной функции автомобильной подвески с заданными статическими и динамическими свойствами.— В кн.: Эксплуатация лесовозного транспорта в условиях Урала и Сибири. Свердловск, 1981 (Межвуз. сб.; Вып. 3). [4]. Успенский И. Н., Мельников А. А. Проектирование подвески автомобиля.— М.: Машиностроение, 1976.

Поступила 30 июля 1984 г.

УДК 625.731.9.001.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ, АРМИРОВАННОГО БИТУМИЗИРОВАННОЙ БУМАГОЙ

А. П. ЕЛИСЕЕВ, В. В. КАЗАНЦЕВ, С. В. БАХТИНА,  
П. П. ЛАУКАИТИС

Архангельский лесотехнический институт

В дорожных конструкциях автомобильных и железных дорог в качестве прослоек широко используют нетканые синтетические материалы, свойства которых за 10—15 лет работы изменяются незначительно [2]. Наряду с материалами, обладающими способностью отводить свободную воду за пределы земляного полотна, применяют материалы с водопоглощением и водопроницаемостью, равными или близкими к нулю. Один из таких материалов, который предполагается использовать в качестве прослоек при строительстве лесовозных дорог,— битумизированная бумага. Возможность ее применения как армирующего слоя еще не изучена.

Для определения прочностных свойств бумаги и изучения армирующего эффекта нами была взята одна из разновидностей битумизированной бумаги — армированная, представляющая собой два слоя низкокачественной бумаги, между которыми уложен слой битума. Синтетические нити, расположенные в слое битума в продольном и реже в поперечном направлениях, выполняют роль армирующей сетки. Толщина испытываемой армированной битумизированной бумаги (АББ) 0,75—1,00 мм, масса 1 м<sup>2</sup>—500—800 г. Прочность и относительное удлинение АББ определяли на разрывной машине. Среднее значение прочности на разрыв полоски 10 × 100 мм составило в продольном направлении 216 Н, а в поперечном — 106 Н, относительное удлинение при разрыве равнялось соответственно 8,3 и 6,7 %.

Совместную деформацию АББ и грунта изучали в лабораторных условиях на приборе для определения несущей способности грунта [1]. Использовали песчаный грунт плотностью 1,53—1,55 г/см<sup>3</sup>, влажностью 2—4 % и удельной массой влажного грунта 1,56—1,58 г/см<sup>3</sup>. По гранулометрическому составу, согласно классификации крупнообломочных и песчаных грунтов (СНиП II-15-74), он относится к пескам средней крупности. Лоток прибора заполняли грунтом горизонтальными слоями толщиной в рыхлом состоянии 1,5—2,0 см, затем разравнивали и уплотняли каждый слой определенным числом ударов падающего груза через металлическую плиту. Каждый слой грунта разравнивали полоской тонкоизмельченного мела толщиной 1,0—1,5 мм, что позволяло выполнять визуальные наблюдения за просадкой грунта. На требуемой высоте укладывали АББ, сверху которой слоями насыпали грунт, разравнивали, уплотняли и вводили меловые линии. Число и толщина слоев, лежащих ниже армирующего слоя, одинаковы во всех опытах. Толщина насыпного слоя в уплотненном состоянии над прослойкой составляла 1,1; 2,2; 3,5 и 5,1 см. Для каждой