

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

УДК 629.113:6

Б.У. БУСЕЛ, А.М. САПЕЛКИН,
кандидаты техн. наук (БПИ)

РЕГУЛИРУЕМАЯ ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА ДЛЯ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

Одним из серьезных недостатков гидропневматической подвески является существенная прогрессивность упругой характеристики. У карьерных самосвалов нагрузка на упругий элемент подвески в груженом состоянии может в 10–25 раз превосходить нагрузку на порожнем автомобиле. Это приводит к тому, что жесткость подвески груженого автомобиля оказывается больше жесткости шин. При этом подвеска практически перестает работать и колебания автомобиля происходят на шинах, не обеспечивающих необходимого демпфирования. Возросшая интенсивность колебаний ухудшает условия работы водителя, увеличивает нагрузки в элементах несущей системы и снижает срок службы шин. Для решения этой проблемы созданы различные системы подкачки газа в гидропневматические элементы, требующие наличия бортовых компрессоров и систем контроля положения кузова. В Белорусском политехническом институте разработан способ улучшения упругой характеристики гидропневматической подвески, позволяющий обойтись без дополнительных затрат энергии. В конструкцию подвески (рис. 1) включается дополнительный ресивер, давление зарядки которого равно давлению в упругом элементе при загрузке автомобиля расчетным весом:

$$p_{p0} = F_{y.p}/A_y,$$

где $F_{y.p}$ — осевая нагрузка упругого элемента при полной загрузке автомобиля; A_y — площадь поршня упругого элемента.

Рабочий цикл подвески включает в себя следующие фазы:

0. Исходное состояние — автомобиль не загружен:

давление в цилиндре

$$p_{y0} = F_{y.c}/A_y,$$

где $F_{y.c}$ — осевая нагрузка упругого элемента для снаряженного автомобиля; объем, занимаемый газом в цилиндре, — V_0 ;

давление в ресивере — p_{p0} .

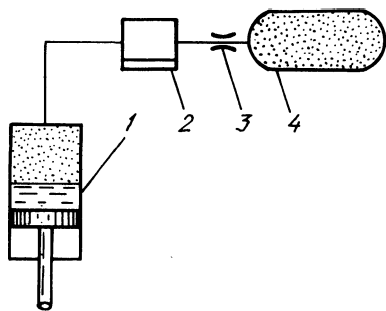


Рис. 1. Схема гидропневматической подвески:
 1 — упругий элемент; 2 — управляемый клапан;
 3 — дроссель; 4 — ресивер

Непосредственно перед загрузкой автомобиля клапан 2 открывают. При этом часть газа из ресивера попадает в цилиндр. Подвеска переходит в следующее состояние.

1. Вторая ступень — до загрузки:

давление в цилиндре и ресивере выравнивается, т.е. $p_{y1} = p_{p1}$;
 объем, занимаемый газом в цилиндре, увеличивается до V_1 .

После этого клапан 2 закрывается, автомобиль загружается и наступает следующая фаза работы подвески.

2. Вторая ступень — после загрузки упругий элемент сжимается возросшей осевой силой $F_{y.п}$;

давление в упругом элементе

$$p_{y2} = F_{y.п} / A_y;$$

объем газа в цилиндре

$$V_2 = \frac{p_{y1}}{p_{y2}} V_1;$$

давление в ресивере не изменяется ($p_{p2} = p_{p1}$).

В таком состоянии автомобиль доставляет груз к месту разгрузки. Перед этой операцией клапан 2 вновь необходимо открыть. Благодаря значительному перепаду давлений часть газа возвращается из цилиндра в ресивер. После выравнивания давлений в цилиндре и ресивере клапан закрывается.

3. Первая ступень — до разгрузки:

давление в цилиндре и ресивере $p_{y3} = p_{p3}$;
 объем, занимаемый газом в цилиндре, уменьшается до V_3 .

После разгрузки автомобиля система возвращается в исходное состояние.

При проектировании такой подвески необходимо определить объем ресивера V_p исходя из известных значений осевой нагрузки цилиндра в снаряженном и груженом состояниях, приведенной высоты столба газа в цилиндре в исходном положении l_0 и при полной нагрузке автомобиля l_2 , частично или полностью растянутом цилиндре l_1 . Первый вариант в большей степени приемлем при расчете передней подвески, когда изменение нагрузки на цилиндр не столь значительно, второй — для задней.

Итак, в первом случае при переходе подвески из исходного состояния в состояние 1 происходит выравнивание давлений в цилиндре и ресивере до значения p_{y0} . Считая процесс изотермическим, можем записать

$$p_{y0} V_0 + p_{p0} V_p = p_{y0} (V_1 + V_p).$$

Учитывая при этом, что

$$p_{y0} = \frac{F_{y.c}}{A_y}; \quad p_{p0} = \frac{F_{y.п}}{A_y}; \quad V_0 = l_0 A_y; \quad V_2 = \frac{p_{y1}}{p_{y2}} V_1; \quad p_{y1} = p_{y0};$$

$$p_{y2} = p_{p0}; \quad V_2 = l_2 A_y,$$

формулу для определения объема ресивера запишем в виде

$$V_p = \frac{F_{y.п} l_2 - F_{y.c} l_0}{F_{y.п} - F_{y.c}} A_y.$$

Во втором варианте при открытии клапана 2 цилиндр подвески нагруженного автомобиля растягивается до максимальной длины, определяемой ограничителем отбоя. Уравнение, связывающее параметры этих состояний, имеет вид

$$p_{y0} V_0 + p_{p0} V_p = p_{y1} (V_1 + V_p).$$

Приняв во внимание, что

$$p_{y1} = p_{y2} \frac{V_2}{V_1}, \quad p_{y2} = p_{p0} = \frac{F_{y.п}}{A_y},$$

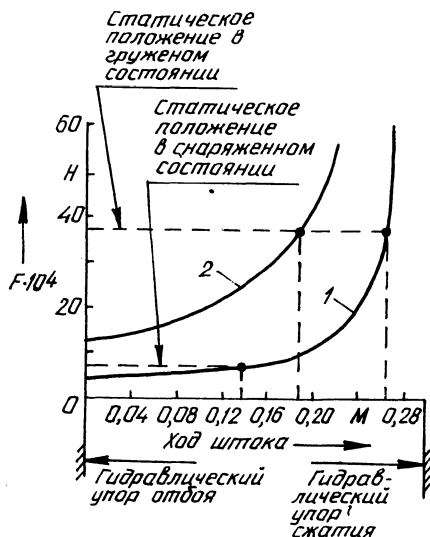
и исходя из формул предыдущего варианта, окончательное выражение запишем в виде

$$V_p = \frac{F_{y.п} l_2 - F_{y.c} l_0}{F_{y.п} (1 - l_2 / l_1)} A_y. \quad (1)$$

Рассмотрим пример расчета параметров двухступенчатой подвески. Задняя подвеска самосвала БелАЗ-7519 имеет следующие параметры: нагрузка на цилиндр в снаряженном состоянии – 63 500 Н, в груженом – 381 540 Н; высота приведенного столба газа в снаряженном состоянии – 0,15 м. Упругая характеристика цилиндра подвески при указанных значениях параметров показана на рис. 2 (кривая 1). Видно, что ход сжатия в груженом состоянии до гидравлического упора составляет всего 0,025 м; жесткость в окрестности точки статического равновесия равна $1,52 \cdot 10^7$ Н/м.

Зададимся высотой приведенного столба газа в груженом состоянии 0,1 м. По выражению (1) получаем, что объем ресивера должен быть 5,6 л при давлении зарядки 7,6 МПа. На второй ступени регулирования (до загрузки автомобиля), после соединения ресивера с цилиндром, давление в цилиндре устанавливается 2,7 МПа и его растяжение ограничивается гидравлическим упором отбоя. Упругая характеристика цилиндра для этого случая показана на рис. 2 (кривая 2). Ход сжатия цилиндра до гидравлического упора составляет 0,1 м, жесткость в окрестности точки статического равновесия равна $3,8 \cdot 10^6$ Н/м, т.е. в 4 раза меньше, чем у серийной подвески БелАЗ-7519.

Рис. 2. Упругая характеристика гидропневматической подвески



Таким образом, с помощью дополнительного ресивера и управляемого перепуска газа из ресивера в цилиндр и обратно подвеска может иметь два состояния. В рассмотренном примере в состоянии 1 (рис. 2, кривая 1) подвеска переводится для движения порожнего автомобиля, в состояние 2 (рис. 2, кривая 2) — для движения груженого автомобиля.

Предлагаемая подвеска с двухступенчатым регулированием отличается от известных простотой конструкции и рекомендуется для автомобилей, эксплуатирующихся с практически постоянным весом груза, например карьерных самосвалов.

УДК 629.113-585-52.001.63

О.С. РУКТЕШЕЛЬ, д-р техн. наук (БПИ),
А.М. ЗАХАРИК (МАЗ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ

Развитие систем автоматического управления механической ступенчатой трансмиссией повлекло за собой применение пневматических исполнительных механизмов для переключения передач. Однако инерционные синхронизаторы, которыми оснащены современные коробки передач, не всегда обеспечивают безударное включение передачи при работе с пневматическими исполнительными механизмами.

На рис. 1 приведена осциллограмма процесса переключения передачи. Штриховыми линиями изображены процессы при работе клапанов на "опорожнение". Цифрами обозначены следующие лучи: 1 — сигнал на электромагнит пневмораспределителя; 2 — давление в одной полости цилиндра; 3 — в другой