Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 106

УДК 622.271.656.135:681.268

АНАЛИЗ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ГРУЗА В КУЗОВЕ НЕПОДВИЖНОГО АВТОСАМОСВАЛА БелАЗ-549

М.А.СЕМЕНОВ

Подрессоренная часть автосамосвала БелАЗ-549 опирается на передние и задние колеса через пневматические рессоры (цилиндры подвески). Два передних цилиндра 5 расположены под углами λ_1 и λ_2 к оси X, проходящей через центры передних колес (рисунок). При загрузке автосамосвала передние цилиндры сжимаются, углы их наклона λ_1 и λ_2 изменяют свои значения, а подрессоренная часть перемещается в подшипниках скольжения 4 по вертикальным шкворням 3. Задние цилиндры подвески 2 расположены вертикально. Поршни цилиндров шарнирно скреплены с реактивными рычагами I, посредством которых подрессоренная часть опирается на задние сдвоенные колеса [3].

Упругим элементом цилиндров подвески является газ (азот). Его давление определяется нагрузкой, действующей на цилиндры. Составим уравнение, связывающее массу груза M в кузове неподвижного автосамосвала с давлением газа в полостях цилиндров его подвески. Равновесие подрессоренной части автосамосвала, находящегося на горизонтальной площадке ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$), определяется системой уравнений

$$\left.\begin{aligned} (F_{пл}+F_{пп})\sin\lambda + F_{эл}+F_{эп}+R_{эл}+R_{эп} &= G_г + G_{пч} \\ F_{эл}\,b_э &= R_{эл}\,b_2 \\ F_{эп}\,b_э &= R_{эп}\,b_2 \end{aligned}\right\}, \qquad (I)$$

где $F_{пл}$, $F_{пп}$, $F_{эл}$, $F_{эп}$ – реакции передних и задних, правого и левого цилиндров подвески, Н; $R_{эл}$, $R_{эп}$ – вертикальные реакции поворотных шарниров рычагов подвески, Н; $G_г$, $G_{пч}$ – сила тяжести груза и подрессоренной части (тары) автосамосвала, Н; b_2 и $b_э$ – плечи сил соответственно $R_{эл}$, $R_{эп}$ и $F_{эл}$, $F_{эп}$ относительно центров задних колес, м.

Решая систему (I), получим

$$M = \frac{S}{g}\left[(p_{пл}+p_{пп})\sin\lambda + K_2\,(p_{эл}+p_{эп})\right] - M_{пч}, \qquad (2)$$

где

$$M = \frac{G_г}{g}\,; \quad M_{пч} = \frac{G_{пч}}{g}\,;$$

S – площадь поршня цилиндра подвески, м^2; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $M_{пч}$ – массы тары, кг; K_2 – коэффициент передачи реактивных рычагов подвески;

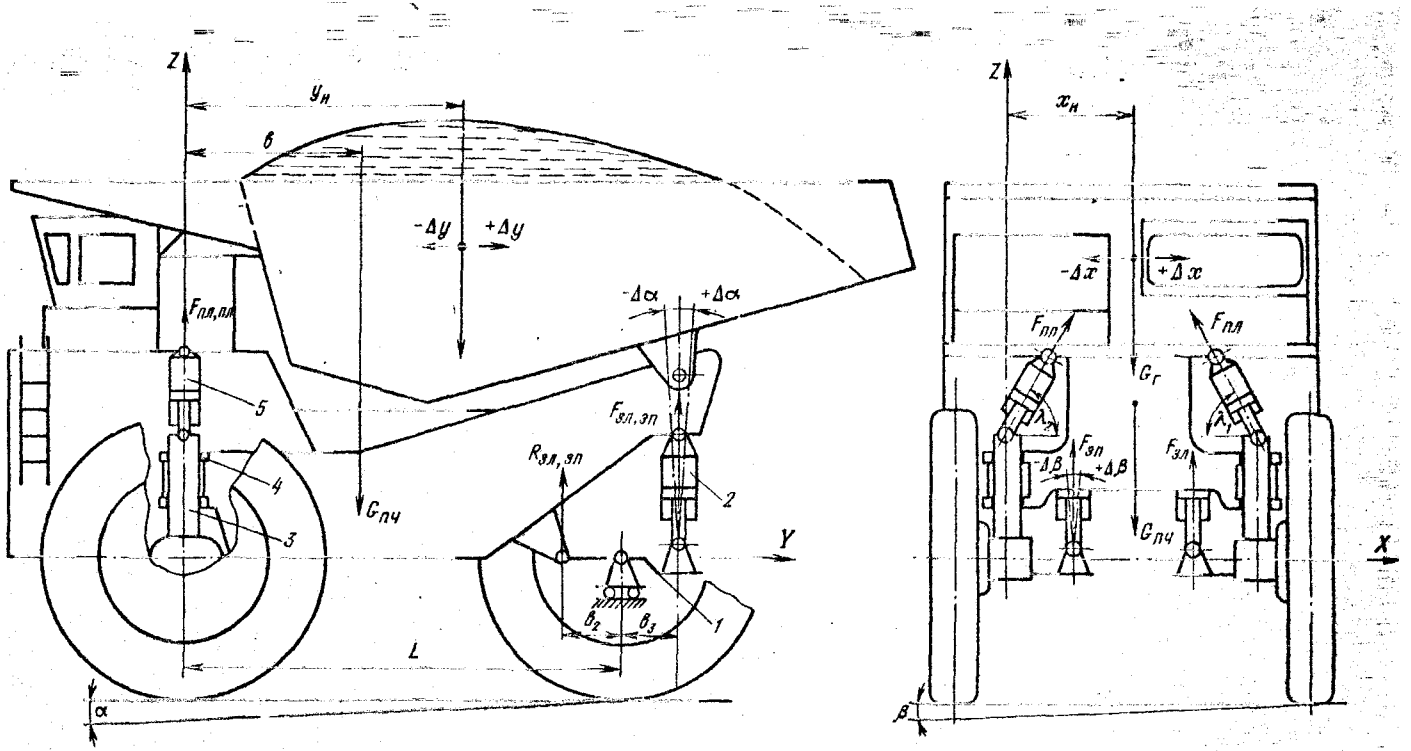


Схема сил, действующих на подрессоренную часть автосамосвала БелАЗ-549

$$K_2 = \frac{b_2 + b_3}{b_2};$$

$p_{пл}$, $p_{пп}$, $p_{зл}$, $p_{зп}$ – давление газа в полостях цилиндров подвески, Па,

$$p_{пл} = \frac{F_{пл}}{S}; \quad p_{пп} = \frac{F_{пп}}{S};$$

$$p_{зл} = \frac{F_{зл}}{S}; \quad p_{зп} = \frac{F_{зп}}{S}.$$

Изменение угла λ при загрузке автосамосвала от порожнего состояния до номинального составляет 0,007 рад. В реальных условиях нагрузка на передние цилиндры подвески может изменяться в более широких пределах. При этом углы λ_1 и λ_2 из-за различных нагрузок на цилиндры могут быть не равны между собой, а их отклонение от номинального значения $\lambda_н$ = = 1,422 рад достигает $\pm$0,018 рад. Величина $\sin\lambda$ при этом будет изменяться в пределах 0,989–0,987. Следовательно, можно принять $\sin\lambda \approx const$ = $= K_1 = 0{,}988$.

С учетом того, что $S = 0{,}038$ м^2, $K_2 = 1{,}46$, $g = 9{,}8$ м/с^2, представим уравнение (2) в следующем виде

$$M = 38{,}3 \cdot 10^{-5}(p_{пл} + p_{пп}) + 56{,}6 \cdot 10^{-5}(p_{зл} + p_{зп}) - M_{пч}. \qquad (3)$$

Выражение (3) является исходным для разработки встроенного устройства, выполняющего измерение массы груза в неподвижном автосамосвале [1].

Методическая погрешность $\hat{\delta}$ измерения M в соответствии с выражением (3) может быть представлена в виде трех составляющих: эксплуатационной $\hat{\delta}_э$, зависящей от горизонтальности площадки, на которой расположен автосамосвал; погрешности $\hat{\delta}_п$, зависящей от расположения груза в кузове; конструктивной погрешности $\hat{\delta}_к$, определяемой сухим трением контактирующих поверхностей в цилиндрах подвески.

Величина эксплуатационной погрешности зависит от углов продольного α и поперечного β кренов автосамосвала:

$$\hat{\delta}_э = -(1 - \cos\alpha \cdot \cos\beta)100 \approx -[(1 - \cos\alpha) + (1 - \cos\beta)]100. \qquad (4)$$

Площадки забоев и отвалов в местах погрузки и разгрузки автосамосвалов, где выполняется измерение массы груза, должны быть ровными, без выемок и бугров [2]. Однако в реальных условиях карьеров эти площадки имеют выемки и бугры, продольные и поперечные уклоны, достигающие 0,09 рад Следовательно, погрешность $\hat{\delta}_э$ будет при измерении массы груза достигать –0,75 % в относительных единицах.

Погрешность $\hat{\delta}_п$ возникает из-за отклонения задних цилиндров подвески от вертикального положения на углы $\pm\Delta\alpha$ или $\pm\Delta\beta$ при смещении центра тяжести груза по продольной Y или поперечной X осям автосамосвала на величины $\pm\Delta y$ или $\pm\Delta x$ от номинального значения $y_н$, $x_н$. Определяется $\hat{\delta}_п$ для продольного и поперечного смещения по идентичным выражениям. Так, например, для продольного смещения

$$\delta_{п} = \frac{(1-\cos\Delta\alpha)\left|bM_{пч} + (y_{н} \pm \Delta y)M\right|}{L(M_{пч}+M)}100, \qquad (5)$$

где b – плечо силы тяжести $G_{пч}$ относительно оси передних колес, b = = 1,47 м; L – база автосамосвала, L = 4,3 м; $y_{н}$ – номинальное значение плеча силы тяжести $G_{г}$, $y_{н}$ = 3,633 м.

По результатам экспериментальных исследований, выполненных на Томусинской автобазе ПО «Кемеровоуголь», максимальные смещения центра тяжести груза составили: Δy = +0,217 м, -0,438 м; Δx = +0,249 м, -0,323 м. При этом углы $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ не превосходили значений $\pm 7\cdot10^{-3}$ рад, а погрешность $\delta_{п}$ при наличии продольного и поперечного смещения центра тяжести груза не превысила $\pm$0,01 %.

Конструктивная составляющая $\delta_{к}$ методической погрешности обусловлена силами сухого трения, действующими в цилиндрах подвески,

$$\delta_{к} = \pm\frac{100}{gM}(K_{1}F_{тп} + K_{2}F_{тз}), \qquad (6)$$

где $F_{тп}$, $F_{тз}$ – сила сухого трения соответственно в передних и задних цилиндрах подвески, Н.

Экспериментальные исследования, выполненные на трех автосамосвалах БелАЗ-549, показали, что сила сухого трения в каждом цилиндре подвески различна и может изменяться в пределах $(0,6-4,47)10^{4}$ Н. Причем ее значения для передних и задних цилиндров подвески практически одинаковы. При расчете погрешности $\delta_{к}$ принято одинаковое для всех цилиндров подвески среднее значение силы сухого трения $3,2\cdot10^{4}$ Н, полученное по результатам обработки экспериментальных данных. С учетом этого значения погрешность $\delta_{к}$ составила $\pm$6,53 %.

При определении общей методической погрешности δ измерения массы груза в неподвижном автосамосвале необходимо учесть, что каждая из составляющих вызывается своей независимой причиной, что говорит о слабой корреляционной связи между ними [4]. Поэтому общая погрешность определяется из условия

$$\delta = \pm\sqrt{\delta_{э}^{2} + \delta_{п}^{2} + \delta_{к}^{2}} = \pm 6,6.$$

Полученное значение погрешности измерения массы груза в неподвижном автосамосвале хорошо согласуется с результатами исследований экспериментальных макетов и образцов встроенного весоизмерительного устройства на автосамосвалах БелАЗ-549 в условиях Томусинской автобазы ПО «Кемеровоуголь" и комбината «Печенганикель". Погрешность измерения массы груза по результатам экспериментов составила $\pm$6 %.

Выполненный анализ показал, что метод измерения массы груза в неподвижном автосамосвале по давлению газа в полостях цилиндров его подвески обладает высокой погрешностью и пригоден только для реализации в устройствах грубого контроля полноты загрузки кузова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гардзиш В.А., Семенов М.А. Современное состояние и перспективы развития взвешивающих устройств, встраиваемых в большегрузные автосамосвалы. М., изд. ЦНИИТЭИприборостроения, 1978.

2. Правила технической эксплуатации технологического автотранспорта на открытых горных работах. М., Недра, 1978.

3. Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах / Под ред. В.С.Виноградова. М., Недра, 1976.

4. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М.Туричин, П.В.Новицкий, Е.С.Левшина и др. Л., Энергия, 1975.