Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXУП, 1978 г.

ПНЕВМОГИДРОПОДВЕСКА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ КАК ИСТОЧНИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ВСТРОЕННЫХ УСТРОЙСТВ ВЗВЕШИВАНИЯ

В.А.ГАРДЗИШ, М.А.СЕМЕНОВ

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом для перевозки горной массы наиболее перспективен автомобильный транспорт, и, в частности, большегрузные автосамосвалы Белорусского автозавода БелАЗ-540, БелАЗ-548А и БелАЗ-549 грузоподъемностью соответственно 27, 40 и 75 т. Повышению эффективности использования карьерных автосамосвалов препятствует несовершенство существующего оперативного контроля массы перевозимого груза и отсутствие нормализации загрузки автосамосвалов у экскаваторов.

Применение встроенных автоматических устройств взвешивания горной массы в автосамосвалах БелАЗ позволит устранить эти недостатки и получить существенный экономический эффект. Встроенные взвешивающие устройства могут выполнять как локальные функции, так и в сочетании с автоматизированными системами управления горнотранспортным процессом.

Встроенные взвешивающие устройства, основанные на измерении давления газо-масляной смеси (в дальнейшем газа) в верхних полостях цилиндров с противодавлением пневмогидроподвески автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548А, изменяющегося в зависимости от нагрузки, рассмотрены достаточно полно [1, 2, 5, 7, 9]. В статье затрагиваются вопросы, связанные с дальнейшим развитием косвенного контроля массы груза по давлению газа в полостях цилиндров пневмогидроподвески большегрузных автосамосвалов. Объектами автоматического контроля массы груза являются автосамосвалы БелАЗ-540 и БелАЗ-548А, в которых источником измерительной информации является давление газа нижних полостей цилиндров с противодавлением [3], и автосамосвал БелАЗ-549 с пневмогидравлической подвеской, представляющей собой цилиндры без противодавления, т.е. источником информации является давление газа верхней (единственной) полости.

Подрессоренные части автосамосвалов опираются на четыре (БелАЗ-540, БелАЗ-549) и шесть (БелАЗ-548А) пневмогидравлических цилиндра. Подвеска автосамосвалов состоит из двух передних цилиндров (ПЦ), количество задних цилиндров (ЗЦ) - два у БелАЗ-540 и БелАЗ-549, четыре у БелАЗ-548А. Давле-

ние газа в верхних полостях цилиндров у автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548А при их загрузке увеличивается, а в нижних полостях уменьшается [8]; у БелАЗ-549 давление газа в цилиндрах без противодавления увеличивается.

Статическая характеристика пневматического упругого элемента с противодавлением, выражающая зависимость между давлением газа в полостях цилиндра пневмогидроподвески автосамосвалов БелАЗ-540, БелАЗ-548А и приложенным усилием, может быть представлена известным уравнением [4, 6]

$$G_{уэ} = F p_в - f p_н , \qquad (1)$$

где $G_{уэ}$ – усилие, воздействующее на упругий элемент, кгс; $p_в$ и $p_н$ – абсолютное давление газа в верхней и нижней полостях цилиндра пневмогидроподвески, кгс/см^2; F и f – площадь поперечного сечения основного цилиндра и цилиндра противодавления пневмогидроподвески, см^2.

Давление газа в верхней полости цилиндра можно представить выражением [1, 6]

$$p_в = \frac{p_{во}}{\frac{h_{но}}{h_{во}}\left(1 - \frac{p_{но}}{p_н}\right) + 1} , \qquad (2)$$

где $p_{во}$ и $p_{но}$ – начальное абсолютное давление газа в верхней и нижней полостях цилиндра пневмогидроподвески, кгс/см^2; $h_{во}$ и $h_{но}$ – начальная высота столба газа в верхней и нижней полостях цилиндра пневмогидроподвески, см.

Подставляя (2) в (1), получаем искомую зависимость статической характеристики пневматического упругого элемента с противодавлением

$$G_{уэ} = F \frac{p_{во}}{\frac{h_{но}}{h_{во}}\left(1 - \frac{p_{но}}{p_н}\right) + 1} - f p_н . \qquad (3)$$

Подставляя в (3) известные параметры F, f, $p_{во}$, $p_{но}$, $h_{во}$, $h_{но}$ [4] получаем уравнения для передних и задних цилиндров пневмогидроподвески большегрузных автосамосвалов БелАЗ:

БелАЗ-540, передние цилиндры

$$G_{уэ} = \frac{87320}{27 - \frac{280}{p_н}} - 77 p_н ; \qquad (4)$$

БелАЗ-540, задние цилиндры

$$G_{уэ} = \frac{156675}{35 - \frac{600}{p_н}} - 77 p_н ; \qquad (5)$$

БелАЗ-548А, передние и задние цилиндры

$$G_{уэ} = \frac{110717}{35 - \frac{475}{p_н}} - 77 p_н \,. \qquad (6)$$

Индивидуальные характеристики передних и задних цилиндров пневмогидроподвески автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548А, полученные по уравнениям (4)-(6), представлены на рисунке (кривые I, 2). На индивидуальных характеристиках пунктирными линиями обозначены диапазоны изменения давлений газа и нагрузки, соответствующие порожнему и груженому автосамосвалу.

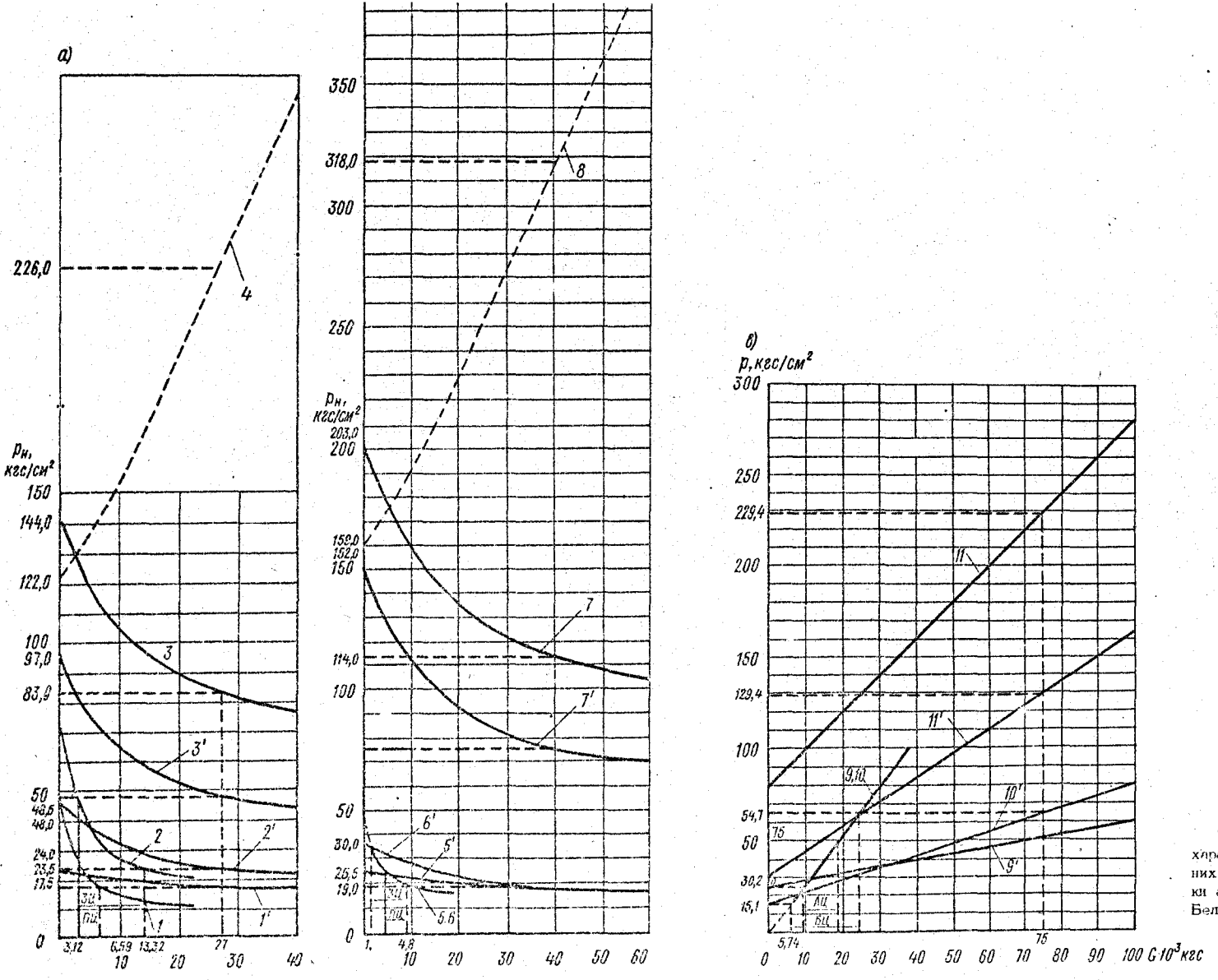
В таблице приводятся результаты сравнения расчетных данных, полученных по уравнениям (4)-(6), с данными Белорусского автозавода.

Распределение массы подрессоренных частей и груза на цилиндры пневмогидроподвески автосамосвалов

Автосамосвал и его загрузка	Расчетные данные, 10^3 кгс		Заводские данные, 10^3 кгс	
	ПЦ	ЗЦ	ПЦ	ЗЦ
БелАЗ-540				
порожний	3,977	3,189	3,900	3,250
груженый до номинальной грузоподъемности	6,591	13,819	6,620	13,750
БелАЗ-548А				
порожний	4,800	1,995	4,867	2,017
груженый до номинальной грузоподъемности	9,609	9,609	9,656	9,642

Из таблицы видно, что наибольшее расхождение достигает 69 кгс или 0,25% (груженый БелАЗ-540, задние цилиндры). Этот результат подтверждает достаточную воспроизводимость расчетных и заводских данных.

Теоретические индивидуальные характеристики (см. рисунок, кривые I′, 2′, 5′, 6′) передних и задних цилиндров отражают изменение давления газа в нижних полостях в зависимости от изменения чистой массы груза, приходящейся на все цилиндры автосамосвала, в пределах от нулевого до наибольшего значения диапазона измерений. Характеристики построены графо-аналитическим методом. По этим индивидуальным характеристикам получена суммарная зависимость $\sum_{i=1}^{n} G = f\left(\sum_{i=1}^{n} p_{н_i}\right)$ – для БелАЗ-540 (см.рисунок, кривая 3) и БелАЗ-548А (кривая 7), по которой можно определять чистую массу груза в зависимости от изменения суммарного давления газа в нижних полостях для всех цилиндров пневмогидроподвески автосамосвалов. Кривые 7′ характеризуют изменение суммарного давления газа только в задних цилиндрах в зависимости от изменения чистой массы груза.



Теоретические градуировочные характеристики передних и задних цилиндров пневмогидроподвески автосамосвала БелАЗ-540 (а), БелАЗ-548А (б), БелАЗ 549 (в)

Сравнивая в одних и тех же рабочих пределах взвешивания суммарные характеристики изменения давления газа в нижних полостях цилиндров (кривые 3, 7) с подобными характеристиками изменения давления газа в верхних полостях цилиндров (кривые 4, 8) пневмогидроподвески автосамосвалов, можно сделать следующие выводы:

I. При номинальной загрузке автосамосвалов давление газа в нижних полостях в 3 раза меньше, чем в верхних. Поэтому во время движения автосамосвала динамика изменения давления газа в нижней полости будет более спокойной, что благоприятно скажется, например, на мембранной полости преобразователя давления и его подвижных частях.

2. В рабочих пределах взвешивания горной массы в автосамосвалах (I2-36 т - БелАЗ-540, I8-54 т - БелАЗ-548А) суммарные характеристики изменения давления газа в нижних полостях цилиндров обладают значительно бо́льшей нелинейностью, чем в верхних.

3. Максимальные давления газа в нижних полостях цилиндров пневмогидроподвески в 2 раза меньше, чем в верхних. Следовательно, первичные преобразователи можно выбирать на меньшее номинальное давление, что увеличит их чувствительность почти в 2 раза.

Статическая характеристика пневматического упругого элемента без противодавления, выражающая зависимость между давлением газа в полости цилиндра пневмогидроподвески автосамосвала БелАЗ-549 и приложенным усилием, может быть представлена линейным уравнением

$$G_{уэ} = Fp = 380\,p\,, \qquad (7)$$

где $G_{уэ}$ - усилие, воздействующее на упругий элемент; кгс; p - абсолютное давление газа в полости цилиндра пневмогидроподвески, кгс/см^2; F - площадь поперечного сечения цилиндра пневмогидроподвески, см^2.

На рисунке, в (прямые 9, I0) графически представлены индивидуальные характеристики $G_{уэ} = f(p)$ переднего и заднего цилиндров пневмогидроподвески автосамосвала БелАЗ-549, полученные по уравнению (7). На этих индивидуальных характеристиках, как и на предыдущих (см. рисунок, а, б), пунктирными линиями обозначены диапазоны изменения давлений газа и нагрузки, соответствующие порожнему и груженому (по номинальной грузоподъемности) автосамосвалу.

По уравнению (7) получено следующее распределение массы подрессоренных частей на передние и задние цилиндры пневмогидроподвески автосамосвала БелАЗ-549:

Порожний, 10^3 кгс	9,500 (ПЦ)	5,740 (ЗЦ)
Груженый, 10^3 кгс	19,000 (ПЦ)	24,600 (ЗЦ)

На рисунке, в (кривые 9′, I0′) представлены теоретические индивидуальные характеристики переднего и заднего цилиндров в зависимости от изменения чистой массы груза, приходящегося на все цилиндры пневмогидроподвески автосамосвала БелАЗ-549 в пределах от нулевого до номинального значения диапазона измерений. Характеристики построены графо-аналитическим методом.

Индивидуальные характеристики переднего и заднего цилиндров могут быть представлены уравнениями:

$$p_{пц} = 0{,}333\ G_{пц} + 25 \quad \text{или} \quad G_{пц} = 3\ p_{пц} - 75; \tag{8}$$

$$p_{зц} = 0{,}661\ G_{зц} + 15{,}1 \quad \text{или} \quad G_{зц} = 1{,}512\ p_{зц} - 22{,}831 \tag{9}$$

По этим индивидуальным характеристикам построены суммарные характеристики для всех цилиндров пневмогидропоцвески (прямая II) и только для задних цилиндров (прямая II′). Прямую II можно представить уравнением

$$p_{\Sigma} = 1{,}989\ G + 80{,}2\ , \tag{10}$$

а для определения чистой массы груза в зависимости от суммарного давления газа всех цилиндров пневмогидропоцвески автосамосвала БелАЗ-549 можно пользоваться уравнением

$$G = 0{,}503\ p_{\Sigma} - 40{,}341\ . \tag{11}$$

Уравнения для прямой II′, выражающей зависимость суммарного давления газа в задних цилиндрах от чистой массы груза, имеют вид

$$p_{\Sigma} = 1{,}323\ G + 30{,}2 \quad \text{или} \quad G = 0{,}756\ p_{\Sigma} + 22{,}831\ . \tag{12}$$

Закономерность изменения давления газа в полости цилиндров без противодавления пневмогидропоцвески автосамосвала БелАЗ-549 в зависимости от нагрузки подтверждает, что статические характеристики цилиндров являются линейными, а, следовательно, весьма благоприятными для встроенных автоматических устройств взвешивания горной массы.

В результате получены теоретические градуировочные характеристики зависимости суммарного давления газа в полостях цилиндров пневмогидропоцвески от чистой массы груза в автосамосвалах БелАЗ-540, БелАЗ-548А и БелАЗ-549 без учета сухого трения. Эти характеристики могут быть положены в основу разработки встроенных автоматических устройств взвешивания горной массы в большегрузных карьерных автосамосвалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гардзиш В.А. Разработка и исследование встроенных систем автоматического контроля веса горной массы в большегрузных автосамосвалах. Автореф. канд. дисс. Л., изд. ЛГИ, 1974.

2. Гардзиш В.А., Семенов М.А. Встроенная система автоматического контроля веса горной массы в большегрузных автомобилях-самосвалах. М., изд. ЦБНТИ Министерства автомобильного транспорта РСФСР, 1975. Межотраслевой информационный листок № 48.

3. Гардзиш В.А., Семенов М.А. Устройство для взвешивания грузов в кузове большегрузного автосамосвала. А.с. № 527601 (СССР). Б.И., 1976, № 33.

4. Добрых Л.И. Подвеска автомобилей-самосвалов Белорусского автозавода. – Автомобильная промышленность, 1964, № 9.

5. Кричевский Е.С., Гардзиш В.А. Автоматический контроль веса горной массы в карьерных автосамосвалах. – Записки Ленинградского горного института, 1975, т. 67, вып. 1.

6. Певзнер Я.М., Горелик А.М. Пневматические и гидравлические подвески. М., Машгиз, 1963.

7. Селянин В.Г. Диспетчеризация горнотранспортного процесса на карьерах. М., Недра, 1976.

8. Сироткин З.Л. Автомобили БелАЗ. М., Транспорт, 1969.

9. Устройство для автоматического взвешивания / В.А.Гардзиш, Е.С.Кричевский, Е.Р.Сахартов, А.А.Кулешов. А.с. № 336526. Б.И. 1972, № 14.