

Р.М.ПРОСКУРЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор, PRM-APP@bk.ru*

И.Н.ВОЙТЮК, *аспирант, voytuk_irina@mail.ru*

А.В.КОПТЕВА, *аспирант, Aleksa.k@bk.ru*

Санкт-Петербургский государственный горный университет

R.M.PROSKURYAKOV, *Dr. in eng. sc., professor, PRM-APP@bk.ru*

I.N.VOYTYUK, *post-graduate student, voytuk_irina@mail.ru*

A.V.KOPTEVA, *post-graduate student, Aleksa.k@bk.ru*

Saint Petersburg State Mining Institute University

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ МЕШАЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ УГЛЯ ИЗ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Описан радиоизотопный метод измерения объемной массы контролируемой среды. С целью компенсации погрешностей за счет воздействия на результат измерений случайных характеристик потока предложена методика создания и структурная схема следящей астатической системы второго порядка.

Ключевые слова: объемная масса, автоматическая компенсация, следящая система, динамический диапазон.

AUTOMATIC COMPENSATION OF INFLUENCE OF STIRRING FACTORS ON MEASUREMENT OF COAL BULK WEIGHT FROM THE CLEARING FACE

The radioisotope method of specific weight measurement of the controlled environment is briefly described in article. The technique of creation and the block diagram of servo astatic system of the second order is submitted with the purpose of indemnification of errors due to influence on result of measurements of casual characteristics of a stream.

Key words: bulk weight, automatic compensation, follow-up servo, dynamic range.

В процессах добычи сыпучих материалов наиболее распространенным, хотя и не воздействующим на материал оборудованном являются транспортеры и конвейеры, связывающие между собой технологические агрегаты в единую технологическую цель. Так, например, в ОАО «Воркутауголь» в подземных условиях функционирует около 250 ленточных конвейеров общей протяженностью конвейерных линий около 250 км. При этом, как показывает практика, учет полученного материала, поступающего к скипам угольной шахты, не всегда точен и эффективен. В повседневной практике деятельности шахты учет продукции ведется

обычно по объемной массе основного (очистного забоя) – добычного комплекса. Современные автоматизированные комплексы работают обычно без присечки кровли и почвы, выдавая качественный уголь с огромной производительностью (до 15 тыс. т в сутки). Промышленность пока не располагает номенклатурой приборов для точного измерения объемной массы полезного ископаемого непосредственно на ленточном конвейере.

Для поставленных выше задач будем использовать радиоизотопный метод измерения. Основа метода – ослабление γ -излучения контролируемой средой. Этот

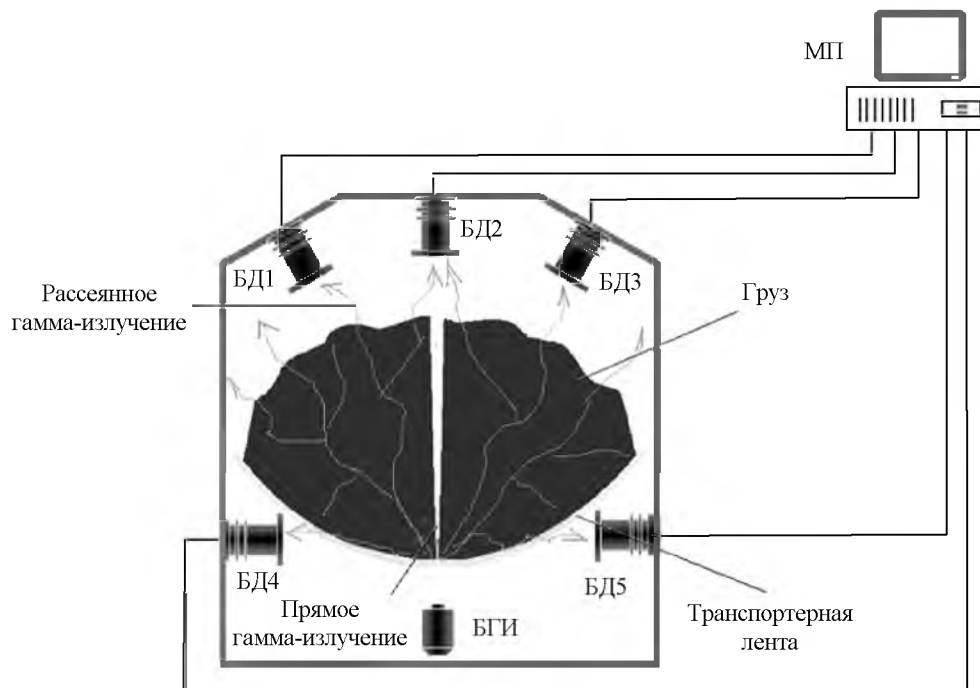


Рис. 1. Функциональная схема измерительной системы

эффект можно оценить количественно с помощью коэффициента ослабления, который чувствителен к плотности транспортируемого материала, его химическому составу, наличию различных неоднородностей среды в объеме взаимодействия [1].

Функциональная схема измерительной системы (рис.1) состоит из блока гамма-излучения (БГИ), груза на ленточном конвейере, блоков детектирования (БД) и микропроцессора (МП).

Блок гамма-излучения представляет собой защитное коллимирующее устройство, с помощью которого формируется заданная ширина пучка излучения. Источник гамма-излучения, как правило, радионуклид Cs-137 с энергией излучения 661 кэВ.

В процессе работы системы узкий пучок γ -квантов взаимодействует с материалом и преобразуется в две составляющие: прямое и рассеянное γ -излучение. Излучение попадает в блоки детектирования, где преобразуется в последовательность электрических импульсов. Сигналы соотношения прямого и рассеянного потоков квантов попадают в МП, где преобразуются в цифровую форму и обрабатываются в соответствии с алгоритмами,

обеспечивающими определение объемной массы контролируемого потока.

Отсчет γ -квантов прямого излучения, пронизывающих угольный поток, вычисляется по формуле

$$N_1 = N_{10} \exp(-\mu d \rho_{п.и}), \quad (1)$$

где N_{10} – отсчет γ -квантов прямого излучения, пронизывающих ленточный конвейер без полезного ископаемого; μ – массовый коэффициент ослабления прямого излучения; d – эффективная длина просвечивания слоя полезного ископаемого (мгновенное значение насыпного слоя полезного ископаемого на конвейере); $\rho_{п.и}$ – эффективное значение плотности насыпного угля.

Связь между плотностью полезного ископаемого, коэффициентом ослабления для прямого пучка и среднего отсчета для рассеянного излучения характеризуют зависимости

$$\begin{aligned} N_2 &= a + b\rho_{п.и}, & a &= a_1 + b_1\mu d, \\ & & b &= a_2 + b_2\mu d, \end{aligned} \quad (2)$$

где a_1 , b_1 и a_2 , b_2 – коэффициенты, определяемые по градуировочным характеристикам и зависящие от взаимного расположе-

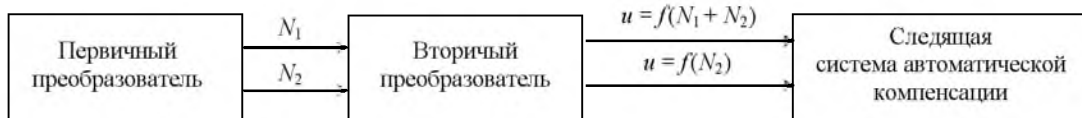


Рис.2. Структурная схема автоматической измерительной системы

ния блоков детектирования, а не от химического состава угля.

После решения системы уравнений (1) и (2) получаем связь между скоростями счета прямого и рассеянного излучения и плотностью полезного ископаемого:

$$\rho_{\text{пш}} = \frac{1}{2a_2} (N_2 - a_1 - b_2 \ln \left(\frac{N_0}{N_1} \right)) - \sqrt{a_1 + b_2 \ln \left[\left(\frac{N_0}{N_1} \right) - N_2 \right]^2 - 4a_2 b_1 \ln \left(\frac{N_0}{N_1} \right)},$$

где N_0 – отсчет γ -квантов до контакта с веществом; N_1 и N_2 определяются прямыми измерениями.

Данный способ измерения обладает существенным недостатком: на характер взаимодействия γ -квантов с контролируемым веществом влияют множество мешающих факторов (случайное изменение насыпной массы, химического и гранулометрического состава угля и т.п.). С целью компенсации влияния на результат измерений мешающих факторов (проходка, зачистка) сигнал, полученный от

преобразования соотношения прямого и рассеянного каналов, подается в систему автоматической компенсации (рис.2).

Система автоматической компенсации (САК), представленная на рис.3, имеет в составе переключатель динамических диапазонов, преобразователь «угол – код», усилитель с релейным выходом, переменный резистор, постоянные резисторы, источники постоянного напряжения. Первые вершины диагоналей измерительных резисторных мостов M_1 и M_2 соединены напрямую, а вторые – через резистор R_7 . Этот резистор подключается на вход усилителя с релейным выходом V , который, в свою очередь, управляет обмоткой двигателя D следящей электромеханической системы. Вал двигателя следящей системы механически соединен с валом переменного резистора R_7 , включенного в одно из плеч второго диагонального моста.

Выходной сигнал автоматической измерительной системы (АИС) в виде сигнала постоянного тока подается на измерительную диагональ моста M_1 (рис.3). Здесь измеряется вся транспортируемая масса (по

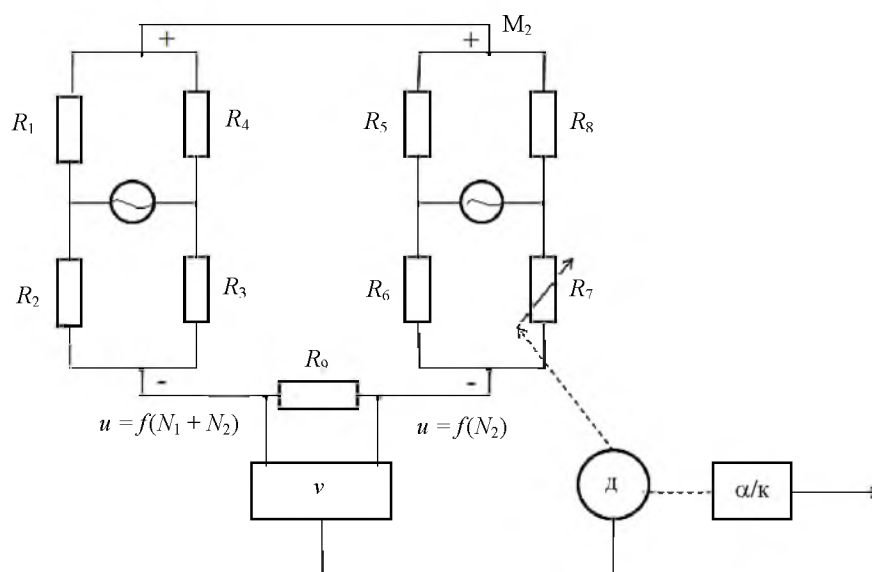


Рис.3. Следящая система компенсации погрешностей при измерении параметров угольного потока

алгоритму измерения соответствует соотношению $N_1 + N_2$, где N_1 и N_2 – усредненное количество квантов для прямого и рассеянного излучения соответственно). Сигнал, соответствующий загрязненной массе (N_2 или сигнал с другой АИС, установленной на вспомогательной транспортной ветви конвейерной системы), подается на измерительную диагональ моста M_2 .

Схемы диагональных мостов включены встречно. Таким образом, сигналы $N_1 + N_2$ и N_2 имеют разные знаки. При алгебраическом сложении получаем информативный сигнал в виде разности напряжений постоянного тока в первом и втором мостах. Ток, создаваемый разностным напряжением, протекает по резистору R_9 , подключенному между вторыми вершинами измерительных диагоналей и являющемуся нулевым органом.

Падение напряжения на резисторе подается на вход релейного усилителя с малой зоной нечувствительности, выход которого подключен к управляющей обмотке двигателя. Двигатель, вращая ось переменного резистора, уравнивает систему таким образом, что ток, протекающий через нулевой орган, становится равным нулю.

Угол поворота двигателя, уравнивающего систему, и есть выходной сигнал, соответствующий измеряемой величине, свободной от погрешностей, генерируемых посторонними включениями.

Таким образом, разностный ток, протекающий между выходными диагоналями, будет соответствовать объемной массе основного потока. Сигнал загрязнения при этом компенсируется. Это астатическая следящая система второго порядка, поэтому ошибка слежения по ускорению будет равна нулю.

Согласно информационной теории электроизмерительных устройств информационный коэффициент полезного действия компенсационной следящей системы $\eta_{\text{и}} = 19,7\%$, в то время как обычные электромагнитные приборы имеют $\eta_{\text{и}} = 5,6\%$, [3].

Динамическая ошибка регистрации такой АИС будет невелика, так как время отработки максимального сигнала (динамического диапазона) 0,1 с. Конечно, реальный выходной случайный сигнал будет сглажен-

ным, но для электромеханического комплекса такой мощности и огромной производительности на практике это даже удобнее – незачем учитывать в выходном сигнале броски частоты больше 10 Гц.

Заметим, что первичный преобразователь регистрирует сигналы с частотой 200 Гц. При названных параметрах (быстродействию 0,1 с и астатической системе второго порядка) автокомпенсатор работает в устойчивом режиме – следящая система автоматического регулирования устойчива [2]. Переключение на нужный диапазон измерений осуществляется, как правило, на время отработки всего пласта, если не меняется технологический регламент.

Предложенная САК может быть использована как на горизонтальных, так и на наклонных конвейерах. Она позволит организовать и охарактеризовать технологический процесс добычи угля (производительность, нагрузка на забой и т.д.), увеличить срок службы конвейерной ленты путем организации оптимальной степени загрузки конвейера, организации автоматического натяжения ленты в зависимости от загрузки, чтобы не допустить разрушения ленты при неконтролируемой динамической нагрузке на конвейер, а также организовать нужную геометрию и топологию грузопотока горного предприятия, выбрать типы и размеры конвейеров по фактической динамической нагрузке, а не по паспортным данным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Н.Г. Гамма-излучение радиоактивных изотопов и продуктов деления. Теория и таблицы. М., 1958. 233 с.
2. Котченко Ф.Ф. Следящие системы автоматических компенсаторов. Л., 1965. 320 с.
3. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. Л., 1968. 248 с.

REFERENCE

1. Gusev N.G. Gamma-izluchenie of radioactive isotopes and fission products. The theory and tables. Moscow, 1958. 233 p.
2. Kotchenko F.F. Watching systems automatic compensators. Leningrad, 1965. 320 p.
3. Novitsky P.V. Bas of the information theory of measuring devices. Leningrad, 1968. 248 p.