Полученные экспериментальные данные и их аппроксимация позволяют аналитически представлять зависимости коэффициента сцепления от относительного скольжения для различного состояния рельсового пути при выборе рациональных параметров и разработке новых конструкций тормозных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаев И.П., Лужнов Ю.М. Проблемы сцепления колес локомотива с рельсами. – М.: Машиностроение, 1985, - 238с.

2. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. – М.: Транспорт, 1986, - 559с.

3. Ушкалов В.Ф., Резьников Л.М., Редько С.Ф. Статистическая динамика рельсовых экипажей. – Киев: Наук. Думка, 1982, - 360с.

4. Зиборов К.А., Сердюк А.А., Дерюгин О.В. Экспериментальное определение характеристик сцепления шахтного локомотива при кинематических и силовых несовершенствах. // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – № 4 (16). – С. 60 – 63.

5. Кузнецов Б.А., Ренгевич А.А., Шорин В.Г. и др. Транспорт на горных предприятиях. – М.: Недра, 1969, - 655с.

УДК 622.673.1:681.514.54

С.Р. Ильин, Б.С. Послед

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ НАЕЗДА ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ НА УСТУПЫ В СТЫКАХ ПРОВОДНИКОВ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

У статті проводиться постановка тестової задачі і побудова тестової математичної моделі динамічної взаємодії шахтної піднімальної судини з дефектами профілю провідників жорсткого армування. Дана модель призначена для використання в системі автоматизованої діагностики при локалізації місць та видів дефектів провідників по глибині стволу шляхом програмної обробки даних контролю плавності руху піднімальної посудини, зареєстрованих спеціалізованою мікропроцесорною динамометричною апаратурою.

CONSTRUCTION OF DIAGNOSTIC MODEL FOR THE AUTOMATED DEFINITION OF PLACES OF A TRIPPING-OVER OF CAGES ON BENCHES IN JOINTS OF CONDUCTORS STIFF REINFORCEMENT OF SHAFTS

In the article the statement of the test problem and construction of test mathematical model of dynamic interplay of a mine cage with defects of a profile of conductors rigid stiff reinforcement is carried out. The given model is intended for usage in a system of the automated diagnostic at localization of places and kinds of defects of conductors on depth of a fulcrum by programmatic data processing of the control of smoothness of motion of a cage registered by specialized microprocessor dynamometric instrumentation.

В настоящее время срок эксплуатации основного количества вертикальных стволов рудных и угольных шахт Украины превысил 30-40 лет. Их оборудование эксплуатируется в состоянии повышенного износа, превышающего 50-60%, значительных отклонений механических и геометрических параметров от проектных значений. Обеспечение необходимого уровня его эксплуатационной безопасности требует проведения систематического мониторинга технического состояния

Разработанная в ИГТМ НАНУ технология диагностирования состояния армировки шахтных стволов, находящихся на стадии длительной эксплуатации, в качестве одного из компонентов включает в себя анализ данных измерений динамических параметров движения подъемных сосудов, записанных в цифровой форме стандартизованной высокоскоростной микропроцессорной аппаратурой. Автоматизация процесса их обработки требует построения ряда диагностических моделей, адекватно описывающих наиболее характерные типы эксплуатационных дефектов оборудования.

При визуальных обследованиях армировки основных рудоподъемных стволов Кривбасса с участием авторов данной статьи было установлено, что одними из наиболее часто встречающихся на практике дефектов армировки являются уступы на стыках проводников. Они появляются при ремонтах в местах сопряжения новых проводников со старыми, изношенными из-за различий в их геометрических размерах, из-за некачественного монтажа новых проводников, нарушений крепления одного из старых проводников к расстрелу в месте стыка и др. Такие дефектные стыки являются источником систематически повторяющихся на каждом проезде сосуда жестких ударов башмаков скольжения сосуда по проводникам, вызывают повышенные динамические воздействия на проводник, его ускоренный механический износ, а иногда и разрушение по сварному шву на большую длину (для коробчатых проводников). Оперативное выявление и локализация по месту в стволе таких дефектов является актуальной задачей экспресс-диагностирования состояния армировки. Ее решение может быть получено путем программного сканирования и обработки по специальной методике файлов данных измерений динамических параметров движения подъемного сосуда. Для обеспечения полноты регистрации динамической картины движения сосуда данные записываются с большой скоростью развертки по времени и имеют настолько большой объем, что обработать их каким-либо другим способом без потери качества не представляется возможным.

В работе [1] авторами была получена система дифференциальных уравнений, описывающая динамику подъемного сосуда при наезде на одиночный уступ на стыке проводников с учетом упругих свойств его корпуса. В настоящей статье приводится постановка тестовой задачи, основанной на этих уравнениях, решение которой позволит определить основные параметры движения подъемного сосуда под воздействием эталонных нагрузок, задающих основные виды нарушений прямолинейности проводников. На основе решения этой задачи может быть построена база эталонных моделей, позволяющих формализовать и автоматизировать процесс распознавания дефектов на стыке проводников путем программной обработки по характерным признакам в массиве данных измерений.

На базе математической модели, полученной в работе [1], можно рассмотреть ряд тестовых задач, характерных для движения подъемного сосуда в жестких проводниках. В частности, при наезде подъемного сосуда на выступ в лобовом направлении можно пренебречь крутильными колебаниями сосуда и тогда тестовая модель сведется к следующему виду:

- исходное уравнение колебаний корпуса сосуда:

$$\frac{\partial^4 x}{\partial z^4} + a^2 \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0 \tag{1}$$

- с граничными условиями:

$$\frac{\partial^2 x(0,t)}{\partial z^2} = -M_{бу}^{в} = \eta_0(t)\,; \quad \frac{\partial^3 x(0,t)}{\partial z^3} = -N_{бу}^{в} = \psi_0(t)\,;$$
$$\frac{\partial^2 x(l,t)}{\partial z^2} = -M_{бу}^{н} = \eta_1(t)\,; \quad \frac{\partial^3 x(l,t)}{\partial z^3} = -N_{бу}^{н} = \psi_1(t)\,. \tag{2}$$

- и начальными условиями:

$$x(z,0) = 0\,; \quad \frac{\partial x(z,0)}{\partial t} = 0 \tag{3}$$

Эталонные нагрузки, описывающие различные типы нарушения прямолинейности, задаются при помощи соответствующего подбора функций $\eta_0(t)$, $\eta_1(t)$, $\psi_0(t)$, $\psi_1(t)$.

Представим общее решение $x(z,t)$ неоднородной краевой задачи, сформулированной в [1], в следующем виде:

$$x(z,t) = U(z,t) + u(z,t)\,, \tag{4}$$

где $u(z,t)$ - решение неоднородного уравнения колебаний, удовлетворяющее однородным граничным условиям, а функция $U(z,t)$ - произвольная функция координат z и t, удовлетворяющая неоднородным граничным условиям вида (2). Подставив представление (4) в (1), получим уравнение относительно неизвестной функции $u(z,t)$:

$$\frac{\partial^4 u}{\partial z^4} + a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f(z,t) \tag{5}$$

где $f(z,t) = -\left(\frac{\partial^4 U(z,t)}{\partial z^4} + a^2 \frac{\partial^2 U(z,t)}{\partial t^2} \right)$.

Аналогично, подставляя представление (4) в граничные условия (2), получим:

$$\frac{\partial^2 u(0,t)}{\partial z^2} = \varphi_0(t) - \frac{\partial^2 U(0,t)}{\partial z^2}; \ \frac{\partial^3 u(0,t)}{\partial z^3} = \psi_0(t) - \frac{\partial^3 U(0,t)}{\partial z^3};$$

$$\frac{\partial^2 u(l,t)}{\partial z^2} = \varphi_1(t) - \frac{\partial^2 U(l,t)}{\partial z^2}; \ \frac{\partial^3 u(l,t)}{\partial z^3} = \psi_1(t) - \frac{\partial^3 U(l,t)}{\partial z^3}. \quad (6)$$

Граничные условия (6) будут однородными, если удастся подобрать произвольную функцию $U(z,t)$ таким образом, чтобы удовлетворялись следующие условия:

$$V(0,t) = \eta_0(t); \ \frac{\partial V(0,t)}{\partial z} = \psi_0(t);$$

$$V(l,t) = \eta_1(t); \ \frac{\partial \ V(l,t)}{\partial z} = \psi_1(t), \quad (7)$$

где

$$V(z,t) = \frac{\partial^2 U(z,t)}{\partial z^2}. \quad (8)$$

В качестве функции $V(z,t)$ можно использовать многочлен третьей степени, коэффициенты которого являются функциями переменной t и подлежат определению:

$$V(z,t) = \tilde{A}(t) + \tilde{B}(t)\cdot z + \tilde{C}(t)\cdot z^2 + \tilde{D}(t)\cdot z^3. \quad (9)$$

Подставляя (8) с учетом представления (9) в (6), для определения коэффициентов $\tilde{A}(t)$, $\tilde{B}(t)$, $\tilde{C}(t)$ и $\tilde{D}(t)$ получаем систему четырех линейных уравнений:

$$\tilde{A}(t) = \varphi_0(t);$$
$$\tilde{B}(t) = \psi_0(t);$$
$$\tilde{A}(t) + \tilde{B}(t)\cdot l + \tilde{C}(t)\cdot l^2 + \tilde{D}(t)\cdot l^3 = \eta_1(t); \quad (10)$$
$$\tilde{B}(t) + 2\tilde{C}(t)\cdot l + 3\tilde{D}(t)\cdot l^2 = \psi_1(t).$$

Из системы уравнений (10) однозначно определяются коэффициенты $\tilde{A}(t)$, $\tilde{B}(t)$, $\tilde{C}(t)$ и $\tilde{D}(t)$:

$$\tilde{A}(t) = \eta_0(t);$$
$$\tilde{B}(t) = \psi_0(t);$$
$$\tilde{C}(t) = \frac{3}{l^2}\left(\eta_1(t) - \eta_0(t)\right) - \frac{1}{l}\left(\psi_1(t) + 2\psi_0(t)\right); \quad (11)$$

$$\widetilde{D}(t)=\frac{2}{l^3}\left(\eta_0(t)-\eta_1(t)\right)+\frac{1}{l^2}\left(\psi_0(t)+\psi_1(t)\right).$$

Подставляя значения коэффициентов (11) в (9), с учетом (8) получим выражение для функции $V(z,t)$. Таким образом, для определения функции $U(z,t)$ имеем уравнение:

$$\frac{\partial^2 U(z,t)}{\partial z^2}=\eta_0(t)+\psi_0(t)\cdot z+\left[\frac{3}{l^2}\left(\eta_1(t)-\eta(t)_0\right)-\frac{1}{l}\left(\psi_1(t)+2\psi_0(t)\right)\right]\cdot z^2+ \\ +\left[\frac{2}{l^3}\left(\eta_0(t)-\eta_1(t)\right)+\frac{1}{l^2}\left(\psi_0(t)+\psi_1(t)\right)\right]\cdot z^3 \qquad (12)$$

Дважды интегрируя (12) по z и полагая нулю константы интегрирования, для функции $U(z,t)$ получаем следующее выражение:

$$U(z,t)=\widetilde{A}(t)\cdot\frac{z^2}{2}+\widetilde{B}(t)\cdot\frac{z^3}{6}+\widetilde{C}(t)\cdot\frac{z^4}{12}+\widetilde{D}(t)\cdot\frac{z^5}{20} \qquad ,(13)$$

где коэффициенты $\widetilde{A}(t)$, $\widetilde{B}(t)$, $\widetilde{C}(t)$ и $\widetilde{D}(t)$ определяются выражениями (11). Для удовлетворения начальным условиям, функции $\eta_0(t)$, $\psi_0(t)$, $\eta_1(t)$ и $\psi_1(t)$ должны подчиняться дополнительным условиям:

$$\eta_0(0)=0\,;\ \psi_0(0)=0\,;\ \eta_1(0)=0\,;\ \psi_1(0)=0\,. \qquad (14)$$

Таким образом, исходная краевая задача (1)-(3) сводится к поиску решения неоднородного уравнения:

$$\frac{\partial^4 u}{\partial z^4}+a^2\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=f(z,t)\,, \qquad (15)$$

где:

$$f(z,t)=-\left[2\widetilde{C}(t)+6\widetilde{D}(t)z+a^2\left(\ddot{\widetilde{A}}(t)\frac{z^2}{2}+\ddot{\widetilde{B}}(t)\frac{z^3}{6}+\ddot{\widetilde{C}}(t)\frac{z^4}{12}+\ddot{\widetilde{D}}(t)\frac{z^5}{20}\right)\right] \qquad (16)$$

Искомое решение $u(z,t)$ должно удовлетворять однородным граничным и начальным условиям:

$$\frac{\partial^2 u(0,t)}{\partial z^2}=0\,;\ \frac{\partial^3 u(0,t)}{\partial z^3}=0\,;\ \frac{\partial^2 u(l,t)}{\partial z^2}=0\,;\ \frac{\partial^3 u(l,t)}{\partial z^3}=0 \qquad (17)$$

$$u(z,0)=0\ ;\ \frac{\partial u(z,0)}{\partial t}=0 \qquad (18)$$

Для решения краевой задачи (15), (17), (18) можно использовать метод разложения по собственным функциям. На первом этапе реализации этого метода ищется набор собственных функций соответствующей однородной краевой задачи. Для этого положим:

$$u(x,t)=\varphi(z)\cdot T(t) \qquad (19)$$

Подставив (19) в однородное уравнение, соответствующее (15) и разделяя переменные, получим:

$$\frac{\varphi^{IV}(z)}{a^2\varphi(z)}=\mu\ ; \qquad (20)$$

$$-\frac{\ddot{T}(t)}{T(t)}=\mu \qquad (21)$$

Общее решение (21) имеет вид

$$T(t)=C_1e^{\sqrt{\mu}_1\cdot t}+C_2e^{-\sqrt{\mu_2}\cdot t}.$$

где $\mu=\lambda^2$, $k=\sqrt{a\cdot\lambda}$, где k - действительное. При этом уравнение (20) преобразуется к виду:

$$\varphi^{IV}(z)-k^4\varphi(z)=0. \qquad (22)$$

Подставляя представление (19) в граничные условия (17), для функции $\varphi(z)$ получим следующие ограничения:

$$\varphi''(0)=0\ ;\ \varphi''(l)=0;\ \varphi'''(0)=0\ ;\ \varphi'''(l)=0. \qquad (23)$$

Общее решение обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка (22) имеет вид:

$$\varphi(z)=A\cdot\cos(kz)+B\cdot\sin(kz)+C\cdot ch(kz)+D\cdot sh(kz) \qquad (24)$$

Выражение (24) для собственной функции $\varphi(z)$ содержит четыре неизвестные постоянные A, B, C и D. Кроме того, неизвестна также и собственная частота колебаний k. Чтобы найти неизвестные величины, подставим (24) в граничные условия (23). Выполняя соответствующие преобразования, получим трансцендентное уравнение для определения собственных частот колебаний сосуда:

$$ch(kl)\cdot\cos(kl)=1. \tag{25}$$

Выражение (25) представляет собой уравнение относительно неизвестной собственной частоты k. Это уравнение, как следует из его вида, имеет бесконечное количество решений. Решая его, например, одним из численных методов, можно получить любое из решений k_i. В частности, первые пять положительных корней уравнения (28) имеют следующие значения (без учета нулевого решения):

$$\begin{gathered}\alpha_1=k_1\cdot l=4.73;\ \alpha_2=k_2\cdot l=7.85;\ \alpha_3=k_3\cdot l=11;\\ \alpha_4=k_4\cdot l=14.14;\ \alpha_5=k_5\cdot l=17.28.\end{gathered} \tag{26}$$

Значения произвольных постоянных имеют вид

$$\begin{gathered}A=C\\ B=-C\frac{ch(kl)-\cos(kl)}{sh(kl)-\sin(kl)}\\ D=-C\frac{ch(kl)-\cos(kl)}{sh(kl)-\sin(kl)}\end{gathered} \tag{27}$$

С учетом (27) и (26), искомые собственные функции (28) определяются с точностью до константы:

$$\varphi_i(z)=C\left[(\cos(k_iz)+ch(k_iz))+\frac{\cos(\alpha_i)-ch(\alpha_i)}{sh(\alpha_i)-\sin(\alpha_i)}(\sin(k_iz)+sh(k_iz))\right] \tag{28}$$

где С – неизвестная постоянная, а собственные частоты k_i определяются из уравнения (28). Постоянную С можно положить равной 1, т.к. она является множителем.

Можно показать, что собственные функции задачи являются ортогональными, то есть

$$\int_0^l \varphi_i(z)\varphi_j(z)dz=0,\ i\neq j \tag{29}$$

А «нормирующий» интеграл имеет значение, равное длине корпуса сосуда l

$$\int_0^l \varphi_i^2(z)dz = l\,. \tag{30}$$

С учетом соотношений (29) и (30), найдем коэффициенты разложения по собственным функциям $\varphi_i(z)$ правой части $f(z,t)$ уравнения (14):

$$f(z,t) = \sum_{i=0}^{\infty} f_i(t)\cdot\varphi_i(z)\,. \tag{31}$$

Умножим обе части равенства (31) на $\varphi_j(z)$ и проинтегрируем от 0 до l:

$$\int_0^l f(z,t)\cdot\varphi_j(z)dz = \sum_{i=0}^{\infty} f_i(t)\cdot\int_0^l \varphi_i(z)\cdot\varphi_j(z)dz\,.$$

Отсюда, учитывая равенства (29) и (30) и меняя индекс j на i, получим выражение для коэффициента разложения:

$$f_i(t) = \frac{1}{l}\cdot\int_0^l f(z,t)\cdot\varphi_i(z)dz\,,\ i = 1,\dots,\infty \tag{32}$$

Перепишем выражение (15) для правой части уравнения (14) в удобном для последующих вычислений виде:

$$f(z,t) = K(t)z^5 + L(t)z^4 + M(t)z^3 + N(t)z^2 + P(t)z + Q(t)\,, \tag{33}$$

где:

$$K(t) = -\frac{a^2}{20}\left[\frac{2}{l^3}\left(\ddot{\eta}_0(t) - \ddot{\eta}_1(t)\right) + \frac{1}{l^2}\left(\ddot{\psi}_0(t) + \ddot{\psi}_1(t)\right)\right],$$

$$L(t) = \frac{a^2}{12}\left[\frac{3}{l^2}\left(\ddot{\eta}_0(t) - \ddot{\eta}_1(t)\right) + \frac{1}{l}\left(2\ddot{\psi}_0(t) + \ddot{\psi}_1(t)\right)\right],$$

$$M(t) = -\frac{a^2}{3}\ddot{\psi}_0(t)\,,$$

$$N(t) = -\frac{a^2}{2}\ddot{\eta}_0(t)\,,$$

$$P(t) = -\frac{12}{l^3}\left(\eta_0(t) - \eta_1(t)\right) - \frac{6}{l^2}\left(\psi_0(t) + \psi_1(t)\right),$$

$$Q(t) = \frac{6}{l^2}\left(\eta_0(t) - \eta_1(t)\right) + \frac{2}{l}\left(2\psi_0(t) + \psi_1(t)\right).$$

Учитывая эти соотношения, выражение (32) можно переписать в следующем виде:

$$f_i(t) = \frac{1}{l}\left[E_1(t) + E_2(t) + E_3(t) + E_4(t)\right], \tag{34}$$

где:

$$E_1(t) = \int_0^l \left[K(t) \cdot \cos(k_i z) \cdot z^5 + L(t) \cdot \cos(k_i z) \cdot z^4 + M(t) \cdot \cos(k_i z) \cdot z^3 + \right.$$
$$\left. + N(t) \cdot \cos(k_i z) \cdot z^2 + P(t) \cdot \cos(k_i z) \cdot z + Q(t) \cdot \cos(k_i z)\right] dz, \tag{35}$$

$$E_2(t) = \int_0^l \left[K(t) \cdot ch(k_i z) \cdot z^5 + L(t) \cdot ch(k_i z) \cdot z^4 + M(t) \cdot ch(k_i z) \cdot z^3 + \right.$$
$$\left. + N(t) \cdot ch(k_i z) \cdot z^2 + P(t) \cdot ch(k_i z) \cdot z + Q(t) \cdot ch(k_i z)\right] dz, \tag{36}$$

$$E_3(t) = \int_0^l \left[K(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z) \cdot z^5 + L(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z) \cdot z^4 + \right.$$
$$+ M(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z) \cdot z^3 + N(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z) \cdot z^2 + \tag{37}$$
$$\left. + P(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z) \cdot z + Q(t) \cdot p_i \cdot \sin(k_i z)\right] dz,$$

$$E_4(t) = \int_0^l \left[K(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z) \cdot z^5 + L(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z) \cdot z^4 + \right.$$
$$+ M(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z) \cdot z^3 + N(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z) \cdot z^2 +$$
$$\left. + P(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z) \cdot z + Q(t) \cdot p_i \cdot sh(k_i z)\right] dz. \tag{38}$$

Вычисляя входящие в выражения (35)-(38) интегралы, для $f_i(t)$ получим выражение следующего вида:

$$f_i(t) = F(\alpha_i, \psi_0(t), \psi_1(t), \eta_0(t), \eta_1(t), \ddot{\psi}_0(t), \ddot{\psi}_1(t), \ddot{\eta}_0(t), \ddot{\eta}_1(t)) \tag{39}$$

Решение неоднородного уравнения (15) будем искать также в виде разложения по собственным функциям $\varphi_i(z)$:

$$u(z,t)=\sum_{i=0}^{\infty}\varphi_i(z)\cdot\theta_i(t)\,, \tag{40}$$

где $\theta_i(t)$ - отклик, соответствующий возмущению $f_i(t)$. Подставляя (40) и (39) в уравнение (15) и в выражение начальных условий (18), получаем бесконечную систему обыкновенных дифференциальных уравнений следующего вида:

$$a^2\,\frac{d^2\theta_i(t)}{dt^2}+k_i^4\cdot\theta_i(t)=f_i(t) \tag{41}$$

с начальными условиями:

$$\theta_i(0)=0\,,\ \dot{\theta}_i(t)=0 \tag{42}$$

Для практических целей можно ограничиться первыми десятью собственными гармониками колебаний сосуда. Решая эти уравнения одним из численных методов, найдем искомые величины упругих перемещений башмаков сосуда в виде выборки дискретных данных с заданным шагом по временной координате.

Поскольку в применяемой технологии в качестве диагностических параметров первого уровня используются измеренные аппаратурой горизонтальные и вертикальные ускорения башмаков скольжения, то эталонную модель реакции сосуда на проезд уступа на стыке проводников, получим путем двукратного дифференцирования найденной расчетным путем выборки значений функций их перемещений.

Варьируя типом и значениями тестовых нагрузок, соответствующих различным вариантам геометрии выступов и других дефектов системы проводников, мы получим разные тестовые варианты выборок данных пространственного поведения подъемного сосуда, каждая из которых соответствует определенному виду нарушения прямолинейности профиля проводников. Сравнивая по специальной методике результаты расчетов, произведенных по эталонным моделям, с соответствующими параметрами, полученными при аппаратурных измерениях во время движения подъемного сосуда в тестовом режиме, можно сделать достоверное заключение о характере нарушения прямолинейности профиля проводника и его месте по глубине ствола.

Обрабатывая выборку данных измерений ускорений, полученных по всей глубине ствола на серии контрольных проездов в постановке задачи распознавания образов функций в соответствии с положениями работы [2], где в качестве индикаторной функции выбрана полученная выше выборка, соответствующая определенной эталонной модели, мы автоматически, по схеме минимизации среднего риска выделим те яруса армировки и соответствующие проводники, на которых сосуд систематически наезжает на одни и те же выступы. Такой подход к обработке данных измерений существенно сократит затраты времени на диагностирование оборудования ствола, а также позволит исключить необходимость его сплошного визуального обследования.

Аппаратура для проведения тестовых динамических измерений при движении подъемных сосудов, пригодных для автоматизированного выявления наличия уступов на стыках проводников, должна иметь вполне определенные параметры по числу входных измерительных каналов, частоте их опроса, амплитудно-частотным характеристикам динамических датчиков, емкости накопителя и др. На основании полученных решений может быть выполнено обоснование и синтез исходных требований к ее составу и параметрам, ориентированным на применение стандартных измерительных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Р.Ильин, Б.С.Послед. Взаимодействие предохранительных башмаков подъемных сосудов с выступами на стыках проводников. // Геотехническая механика. Днепропетровск. – 2001. №29.- С. 189-195.

2. В.Н.Вапник и др. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей. Изд «НАУКА», Москва. Главная редакция физико-математической литературы. 1984 – 816 с.

УДК 622.831

С.Н. Розумный

ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПАСПОРТА ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Приведено прискорені методи визначення кута внутрішнього тертя та коефіцієнта зчеплення гірських порід.

EXPRESS-VALUATION OF PASSPORT STRENGTH PARAMETERS OF THE ROCK

Intensive methods of determination of the corner of internal friction and coefficient of coupling of the rocks are given.

Горные породы в окрестности капитальных, подготовительных и очистных горных выработок, в целиках и потолочинах находятся в сложном напряженном состоянии. Устойчивость этих выработок, а также внезапные выбросы пород, угля и газа тесно связаны с условиями предельного состояния и процессом разрушения породного массива [1]. Поэтому необходимо обладать достоверной информацией о том, в каком месте и при каких условиях будет достигнута предельная несущая способность материала и к каким последствиям это приведет в результате разрушения горной породы.

Теория прочности горных пород достоверно оценивает прочность породы при любых видах напряженного состояния [2]. Большое разнообразие свойств пород, сложность механизма их разрушения и различные характеристики со-