

Закрепление анкера в горизонтальном шпуре производят электросверлом с помощью специального адаптера. Анкер полностью вводят в столб патронов. После 10-15 сек. вращения анкера электросверло выключают, бок выработки затягивают металлической сеткой, на резьбовой отрезок анкера устанавливают опорную плиту и накручивают гайку. Натяжение анкера производят вручную.

Через отверстия в сетке в борту выработки в верхней и нижней его частях бурят шпуры под углом 20^0 к напластованию и производится закрепление анкеров по аналогичной схеме.

По окончании крепления одного бока выработки приступают к креплению другого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 12.01.01.501-98 Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерной крепью. Общие технические требования. – Минуглепром Украины. Утвержд. приказом № 161 16.04.99 г.
2. Халимендик Ю. М., Курченко Э. П., Компанец В. Ф. Разработка элементов анкерной крепи нового технического уровня//Уголь Украины. – 2000. - № 9. – С. 15-17.

УДК 622.647.83.001.57

С.М. Пилипчук

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОГО ПОЕЗДА ПРИ ДЕЙСТВИИ ДИСКРЕТНЫХ ТОРМОЗНЫХ И ТЯГОВЫХ НАГРУЗОК.

На базі аналітичних досліджень руху колісного конвеєрного потягу одержані диференціальні рівняння, які дозволяють обчислити головні параметри дії сил в режимах тяги і гальмування на прямолінійних та на криволінійних ділянках колії з дискретним характером нагрузок.

WHEEL BARROW CONVEYER MOTION ANALYSIS WITH APPLIED DISCREET PUSH-POOL LOADING.

Based on wheel barrow railway conveyer with discreet push engine distribution analytical research motion differential equations are presented. As a result, principal forge parameters in push regime and friction one in straightlines and curves with discreet loading are obtained.

Задача решается в два этапа. Первый этап – это движение конвейерного поезда по прямому участку пути, второй – движение поезда по дуговому участку с заданным радиусом.

Составляем расчетную схему для первого этапа. Пусть число тележек будет равно n ($i=1,2,3\dots k\dots n$). Тележки соединены между собой пружинами, имеющими одинаковую жесткость, равную k . Коэффициент трения для каждой тележки между рельсами и колесами обозначим через $M_{кр.}$, а между пружинами и тележкой через $M_{пв.}$. Сделаем следующие допущения, соответствующие действительным экспериментальным данным:

1. Размеры тележек значительно превышают размеры пружин сцепления.
2. Сила сопротивления движению связана с диссипацией энергии, за счет лобового сопротивления пренебрежительно мала.

3. Каждую тележку считаем абсолютно жесткой (не поддающейся деформации), а ее массу много большей массы пружин.

На основании этих допущений можно представить поезд как систему материальных тел, соединенных пружинами (рис. 1).

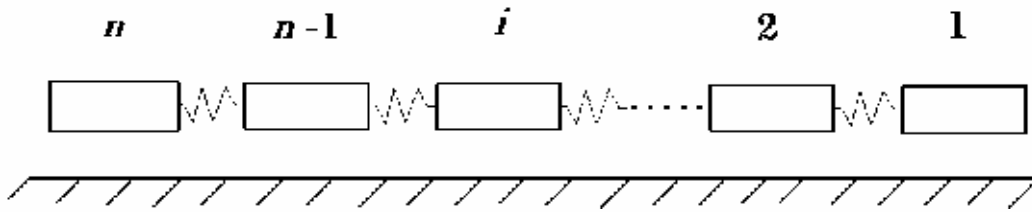


Рис. 1 - Схема присвоения символов тележкам поезда

Пусть длина каждой тележки будет l , тогда длина всего поезда l_n .

Рассмотрим силы, действующие на тележку. Для этого поезда выбираем систему отсчета, связанную с одним из двигателей по пути движения поезда. Ось x в соответствии с этим ориентируем, как показано на рис. 2.

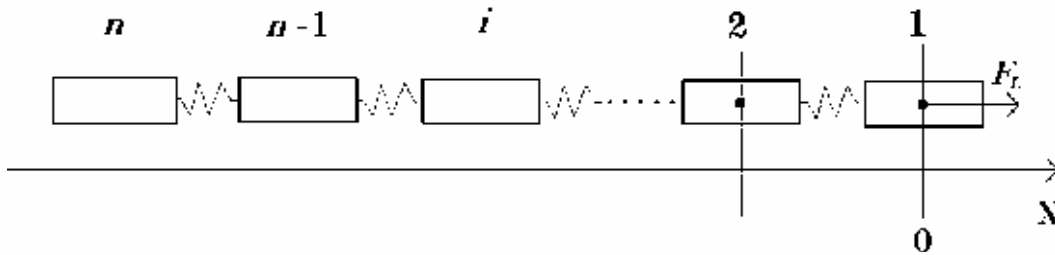


Рис. 2 - Ориентация центра тяжести тележек относительно оси X при действии силы тяги одним электродвигателем

В соответствии с этим координата центра тяжести первой тележки $x=0$, второй $x=l$, i -той – $x_i=(i-1)l$, n -ной – $(n-1)l$. На первую тележку будут действовать следующие силы:

- сила тяги двигателя (пока она не сместится на $\frac{l}{2}$ вправо);
- сила трения, направленная против движения и равная $F_{тр.}=\mu N$, где $N=mg$ (m -масса тележки);
- сила упругости пружины kx_{12} .

Тогда уравнение движения первой тележки запишется в виде:

$$m \ddot{x}_1 = F_T - \mu N - kx_{12} \tag{1}$$

где x_{12} – относительное удлинение пружины;

$$\ddot{x}_1 = \frac{d^2 x_1}{dt^2}, x_1 - \text{смещение от положения равновесия.}$$

Для второй тележки:

$$m \ddot{x}_2 = kx_{12} - kx_{23} - \mu N, \text{ при } x_1 \leq \frac{l}{2} - \text{ сила тяги отсутствует} \tag{2}$$

$$m \ddot{x}_2 = F_T - kx_{12} - kx_{23} - \mu N, \quad \text{при } \frac{l}{2} \leq x_l \leq \frac{3l}{2} \text{ - сила действует.}$$

Для i -той тележки:

$$m \ddot{x}_i = kx_{i-1,i} - kx_{i,i+1} - \mu N, \quad \text{при } (i-1)l - \frac{l}{2} \geq x_l \quad (3)$$

$$m \ddot{x}_i = F_T + kx_{i-1,i} - kx_{i,i+1} - \mu N, \quad \text{при } (i-1)l - \frac{l}{2} \leq x_l \leq (i-1)l + \frac{l}{2}$$

И, наконец, для n -ной тележки:

$$m \ddot{x}_n = kx_{n-1,n} - \mu N, \quad \text{при } x_l \leq (n-1)l - \frac{l}{2} \quad (4)$$

$$m \ddot{x}_n = F_T + kx_{n-1,n} - \mu N, \quad \text{при } (n-1)l - \frac{l}{2} \leq x_l \leq (n-1)l + \frac{l}{2}$$

Примем в уравнениях (1), (2), (3), (4) $x_{lm} = x_l - x_m$ – относительно удлинения между l и $l+1$ тележкой и $x_{i,i+1} = x_i - x_{i+1}$ относительно удлинения пружин (рис. 3).

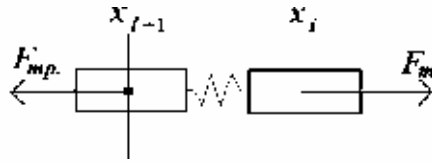


Рис. 3 - Силы, действующие на тележки поезда при перемещении

Таким образом, имеем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{ll} m \ddot{x}_1 = F_T - \mu N - k(x_1 - x_2) & 0 \leq x_l \leq \frac{l}{2}; \\ m \ddot{x}_2 = k(x_1 - x_2) - k(x_2 - x_3) - \mu N & \frac{l}{2} \leq x_l \leq l; \\ m \ddot{x}_2 = F_T + k(x_1 - x_2) - k(x_2 - x_3) - \mu N & \frac{l}{2} \leq x_l \leq \frac{3l}{2}; \\ \dots & \dots \\ m \ddot{x}_i = kx_{i-1,i} - kx_{i,i+1} - \mu N, & x_l \leq (i-1)l - \frac{l}{2}; \\ m \ddot{x}_i = F_T + kx_{i-1,i} - kx_{i,i+1} - \mu N, & (i-1)l - \frac{l}{2} \leq x_l \leq (i-1)l + \frac{l}{2}; \\ \dots & \dots \\ m \ddot{x}_n = kx_{n-1,n} - \mu N, & x_l \leq (n-1)l - \frac{l}{2}; \\ m \ddot{x}_n = F_T + kx_{n-1,n} - \mu N, & (n-1)l - \frac{l}{2} \leq x_l \leq (n-1)l + \frac{l}{2}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Итак, получили систему $2n-1$ уравнений с n неизвестными, поэтому система будет иметь решение.

Однако, исходя из того, что x_1 будет двояким образом зависеть от x , исходную систему (5) можно разделить на две системы:

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_1 &= F_T - \mu N - k(x_1 - x_2); \\ m\ddot{x}_2 &= k(x_1 - x_2) - k(x_2 - x_3) - \mu N; \\ &\vdots \\ m\ddot{x}_i &= kx_{i-1} - kx_{i+1} - \mu N; \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_1 &= F_T - \mu N - k(x_1 - x_2); \\ m\ddot{x}_2 &= F_T + k(x_1 - x_2) - k(x_2 - x_3) - \mu N; \\ &\vdots \\ m\ddot{x}_i &= F_T + k(x_{i+1} - x_i) - k(x_i - x_{i+1}) - \mu N; \\ &\vdots \\ m\ddot{x}_n &= F_T + k(x_{n-1} - x_n) - \mu N. \end{aligned} \tag{7}$$

Выясним физический смысл каждой из систем. Итак, из системы (6) видно, что каждому уравнению (за исключением первого) соответствует выражение вида: $m\ddot{x}_i = k(x_{i-1} - x_i) - k(x_i - x_{i+1}) - \mu N$, ($1 \leq i \leq n-1$), т.е. значение силы тяги отсутствует, а поэтому эта система имеет следующую механическую интерпретацию: это есть движение поезда при действии сил тяги на первую тележку. Для второй системы имеем следующее условие, а именно: движение поезда, в том случае, если бы на каждую тележку действовала бы сила тяги. Совокупность этих решений и описывает движение поезда в момент прохождения им электрического двигателя.

Заметим еще одну важную деталь: в точке перехода значения x_i должны быть одинаковы и для уравнений (6) и для уравнений (7).

Исследуем теперь решения систем уравнений (6) и (7). Для системы (6) мы имеем n дифференциальных уравнений с n неизвестными. Последняя может быть решена методом последовательных приближений. В результате применения этого метода установлено следствие: если все коэффициенты $P_{ik}(t)$ – регулярны в некотором радиусе r $|t-a| < r$, то система (6) имеет единственное решение, удовлетворяющее в точке $t=0$ любым заданным начальным условиям: $x_1=0$, $x_2=l$, $x_3=2l, \dots, x_i=l(i-1), \dots, x_n=l(n-1)$ и это решение будет регулярно в упомянутом круге $|t-a| < r$. Решение системы (6) можно аналитически продолжать по любому пути, не проходящему через особые точки коэффициентов $P_{ik}(t)$, и при этом продолжении оно все время остается решением.

Решение системы (6) состоит из n -функций. Положим, что мы имеем n решений системы (6). Эти решения образуют квадратную таблицу функций:

$$x = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix},$$

причем первый индекс дает номер решения, а второй – номер функции, входящей в решение. Назовем теперь решением системы квадратную таблицу указанного вида, состоящую из n решений, обозначим через P таблицу, состоящую из коэффициентов $P_{ik}(t)$ и через x – таблицу, определяющую решение. Пользуясь правилом перемножения матриц, можем записать систему линейных уравнений:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = xP,$$

обозначив через $D(A)$ определитель матрицы A , мы можем вывести следующее уравнение для определителя $D(x)$, решение x :

$$D(x) = D(x) \Big|_{x=b} \int_b^x [P_{11} + P_{12} + \dots + P_{nn}] dx \quad (8)$$

где b есть некоторая обыкновенная точка, в которой все коэффициенты P_{ik} регулярны. Формула (8) – формула Якоби. Принимая во внимание основное определение определителя в виде суммы произведений его элементов, мы можем утверждать, что при дифференцировании определителя достаточно продифференцировать в отдельности каждый его столбец и затем сложить все полученные определители, т.е.

$$\frac{d^2 D(x)}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2} \begin{vmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x''_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x''_{n1} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} x_{11} & \dots & x''_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x''_{nn} \end{vmatrix}.$$

Заменяя производные их выражениями из уравнений системы, будем иметь:

$$\frac{d^2 D(x)}{dt^2} = \begin{vmatrix} P_{11}x_{11} & \dots & P_{n1}x_{1n} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{11}x_{n1} & \dots & P_{n1}x_{n1} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix} + \dots$$

Разлагая определители на сумму определителей и вынося за знак определителя P_{ik} мы замечаем, что в некоторых слагаемых будут стоять определители с одинаковыми столбцами, равные нулю, так что предыдущая формула даст нам:

$$\frac{d^2 D(x)}{dt^2} = P_{11} \begin{vmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix} + \dots + P_{nn} \begin{vmatrix} x_{1n} & \dots & x_{nn} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix}$$

или

$$\frac{d^2 D(x)}{dt^2} = (P_{11} + P_{12} + \dots + P_{nn})D(x),$$

откуда и вытекает формула Якоби (8). Эта формула показывает, что если в некоторой точке $t=b$ определитель $D(x)$ отличен от нуля, то он будет отличен от нуля и при всяком t , которое является обыкновенной точкой для системы (6), т.е. точкой регулярности всех коэффициентов этой системы.

Рассмотрим x^{-1} – обратную матрицу. Она будет также удовлетворять условию:

$$\frac{d^2 x^{-1}}{dt^2} = -Pk^{-1}$$

Пусть Z – какое-нибудь решение этой системы, т.е.

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = ZP$$

Составим матрицу $A = Zx^{-1}$. Отсюда, пользуясь правилом дифференцирования произведения, получим:

$$\frac{d^2 A}{dt^2} = 0$$

т.е. матрица A линейно зависит от t .

Полагая равными нулю коэффициенты при t , получим, что матрица A есть некоторая постоянная, т.е. $Z=cx$; или иначе говоря, всякое решение системы может быть получено из полного решения умножением на постоянную матрицу:

$$D(Z) = D(c)D(x).$$

Таким образом, мы получили полное решение системы (6). Система (7) решается аналогично.

Составим систему уравнений для процесса торможения. При этом система (6) остается прежней, а система (7) видоизменяется за счет действия тормозной

силы. Таким образом, вместо F_T у нас будет сила - $F_{тр.п.}$ – сила трения при прижатии колодок. Величину этой силы легко вычислить, если учесть, что $F_{тр.п.} = \mu_{тр.п.} F_{np.}$, где $F_{np.}$ – усилие прижатия, о котором будет сказано ниже (в данном случае считаем его постоянным). Решение систем (6') и (7') аналогично решению систем (6) и (7).

Рассмотрим участок траектории, для которого характерны закругления радиуса R (рис. 4).



Рис. 4 - Схема действия сил на тележки конвейерного поезда на закруглении пути

На этом участке будет существовать центростремительное ускорение каждой тележки, которое для системы (6') записывается в виде:

$$\frac{m\dot{x}_i^2}{R} = N_1 \quad (9)$$

тормоз на закругление не действует, а для системы (7'):

$$\frac{m\dot{x}_1^2}{R} = N'_1 + F_{np.} \quad (10)$$

когда тормоз действует на тележку.

Здесь N_1 и N'_1 - силы давления тележки, перпендикулярные к касательной траектории, вызванные движением по окружности, причем существует следующая зависимость:

$$N_1 \leq N_{кр.} \text{ и } N'_1 \leq N'_{кр.} \quad (11)$$

где $N_{кр.}$ и $N'_{кр.}$ - критические значения, при которых происходит срыв тележки с рельс (эти значения могут быть подобраны экспериментально).

Таким образом, к системам (6') и (7') следует прибавить условия (9), (10), (11), которые должны удовлетворять этим решениям.

Итак, мы решаем задачу в предположении о том, что при заданных значениях скорости, горная масса, находящаяся на тележках не перемещается и распределена равномерно. Для этого следует рассмотреть критическую скорость, при

которой это возможно: если скорость подъезда i -той тележки к тормозу составит величину \dot{x}_i , то условие, при котором горная масса при мгновенном действии нагрузки не пойдет вперед, запишется: $m\ddot{x}_i \leq k_{тр} \cdot N_m$, где $k_{тр}$ – коэффициент трения горной массы о тележку, а $N_m = mg$ – вес горной массы. Это еще одно ограничение, накладываемое на уравнения (6), (7), (6'), (7').

И, наконец, последним в этом будет исследование критической скорости, при которой в случае торможения может произойти потеря устойчивости поезда. Здесь мы ограничимся тем случаем, что мы будем рассматривать поезд, как тело, представляющее собой длинный упруго-вязкий стержень длины l_n , движущийся со скоростью V и ударяющий в преграду. Решение для этого случая известно.

Таким образом, можно найти $V_{кр}$. $V_{кр}$ – средняя скорость движения поезда, которая может быть подсчитана в первом приближении, как скорость его центра масс (точка $\frac{l_n}{2}$) по формулам (6), (7), (6'), (7') и сравнена с $V_{кр} > V_{ср}$.

Таким образом, составлена система дифференциальных уравнений, которые приведены к виду, удобному для численной реализации и полученного необходимого множества выходных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарян В.А. Динамика транспортных средств.–К., Наук. думка, 1985, 526 с.
2. Конашенко С.И., Науменко Н.Е. Ж. «Горная электромеханика и автоматика» –М., 1977, с. !33-138.
3. Поляков Н.С. Конвейерные поезда в горной промышленности.–К., Наук. думка, 1974, 384 с.

УДК 622.411.332.023.623:622.016.62

В.В. Круковская

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ

Розроблена математична модель виходу метану з поверхні вугільного пласту та відбитого вугілля. Приведено комп'ютерну реалізацію цього методу із врахуванням вентиляції.

MATHEMATICAL SIMULATION OF THE GAS EMISSION FROM THE COAL SEAM IN BREAKAGE FACE

The mathematical model of a gas emission from a surface of a coal seam and broken-down coal is constructed in this article. Computer realization of the given method is resulted with the account of a ventilation.

Для решения задач дегазации угольных шахт и, как следствие, повышения безопасности ведения горных работ и увеличения добычи угля, необходимо знать динамику выделения метана из углепородного массива в систему выработок шахты. Одним из наиболее опасных мест с повышенным содержанием метана в атмосфере является очистной забой.