снизить неопределенность результата вычислений. Учитывая, что полученные в результате расчетов нечеткие числа будут пересекаться, представляется проблематичным использование для их сравнения классических моделей сравнения нечетких чисел. Поэтому предлагается использовать двухкритериальную методику сравнения нечетких чисел Венберга.

Предложенная модель антикризисной диагностики позволяет прогнозировать состояние организации используя аппарат процессов гибели и размножения. Предложенная модель антикризисной диагностики, основанная на нечетких процессах гибели и размножения, отличается использованием размытых экспертных знаний, формализуемых при помощи нечетких чисел, что позволяет использовать ее в условиях «дурной» неопределенности, и тем самым существенно расширить сферу применимости таких моделей антикризисной диагностики.

ПОДЪЕМ КОЛОННЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ С ПОДХВАТОМ СО СТОЛА РОТОРА

Табунов В.А.
УО «Бобруйский филиал Белорусского государственного экономического университета»

Будем рассматривать бурильную колонну как стержень с массой распределенной по длине l. Предполагаем, что подъемный барабан независимо от натяжения на набегающем конце каната вращается с постоянной скоростью. Свисающие струны каната считаем пружиной с жесткостью $c = \frac{E_1 F_1 n}{l_1}$, E_1 – модуль Юнга, F_1 – площадь поперечного сечения, l_1 – длина, n – число свисающих струн каната талевой системы. Вес поступательно движущихся элементов талевой системы обозначим P_2, вес утяжеленного низа бурильной колонны обозначим P_1. Ось OX направляем по оси бурильной колонны вертикально вверх, начало координат помещаем в точке O.

При вращении подъемного барабана натяжение каната талевой системы увеличивается. Несмотря на это бурильная колонна остается в покое до тех пор, пока на крюке не разовьется усилие, равное статическому весу всей системы. Отсчет времени начинаем с того момента, когда на крюке возникает сила равная весу всей системы и потому в составленных уравнениях статическую силу (силу тяжести элементов системы) можно исключить.

Дифференциальные уравнения движения для отдельных элементов системы записываются в виде:

1. для бурильной колонны

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \ a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \tag{1}$$

2. для утяжеленного низа

$$\frac{P_1}{g} \frac{d^2 u_1}{dt^2} = EF \left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right|_{x=0} \tag{2}$$

3. для массы весом P_2 $\frac{P_2}{g} \frac{d^2 u_2}{dt^2} = c(u_0 - u_2) - EF \left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right|_{x=l}$. (3)

Здесь u_0, u_1, u, u_2 соответственно перемещения набегающего конца каната, приведенные к крюку, утяжеленного низа бурильной колонны и поступательно движущихся частей элементов талевой системы. ρ – плотность материала бурильных труб, l – длина бурильной колонны, F – площадь поперечного сечения бурильной колонны. u_0 можно определить из соотношения $u_0 = \frac{vt}{k}$, где v - скорость набегающего конца каната, k - кратность полиспаста, t - время.

Задача сводится к решению дифференциального уравнения (1) при нулевых начальных условиях с граничными условиями (2) и (3).

С помощью преобразования Карсона-Хевисайда перейдем от оригинала к изображению:

$$a^2 \frac{d^2 \bar{u}}{dx^2} = p^2 \bar{u}, \tag{4}$$

$$\frac{P_1}{g} p^2 \bar{u}_1 = EF \frac{d\bar{u}(x,p)}{dx} \Big| x = 0, \tag{5}$$

$$\frac{P_2}{g} p^2 \bar{u}_2 = \frac{cv}{kp} - c\bar{u}_2 - EF \left. \frac{d\bar{u}(x,p)}{dx} \right|_{x=l}. \tag{6}$$

Решение уравнения (4) записывается в виде:

$$\bar{u} = C_1 ch \frac{p}{a} x + C_2 sh \frac{p}{a} x.$$

С учетом уравнений (5) и (6) запишем:

$$\bar{u} = \frac{cv}{kpB(p)} \left(ch \frac{p}{a} x + A(p) sh \frac{p}{a} x \right), \tag{7}$$

где

$$A(p) = \frac{P_1 ap}{EFg};$$

$$B(p)=\left(\frac{P_2p^2}{g}+c\right)\left(ch\frac{pl}{a}+Ash\frac{pl}{a}\right)+\frac{EFp}{a}\left(sh\frac{pl}{a}+Ach\frac{pl}{a}\right). \quad (8)$$

Переходя от изображения к оригиналу, получим искомое решение:

$$u(x,t)=u_0+\frac{2cvl}{ak}\sum_{n=0}^{\infty}\left(\cos\frac{\nu_n x}{l}-\alpha_2\nu_n\sin\frac{\nu_n x}{l}\right)\frac{\sin\frac{\nu_n at}{l}}{\nu_n W(\nu_n)}, \quad (9)$$

где $W(\nu_n)=p_nB'(p_n)$, $\nu_n=i\frac{p_nl}{a}$ и

$$w(\nu_n)=-c\begin{pmatrix}2\alpha_2\beta\nu_n^2(\cos\nu_n-\alpha_1\nu_n\sin\nu_n)+\nu_n(1-\alpha_2\beta)\begin{pmatrix}\sin\nu_n+\alpha_1\sin\nu_n+\\ \alpha_1\nu_n\cos\nu_n\end{pmatrix}+\\ \beta\nu_n(\sin\nu_n+\alpha_1\nu_n\cos\nu_n)+\beta\nu_n^2(\cos\nu_n+\alpha_1\cos\nu_n-\alpha_1\nu_n\sin\nu_n)\end{pmatrix}. \quad (10)$$

Здесь $\alpha_1=\frac{P_1}{P_0}$; $\alpha_2=\frac{P_2}{P_0}$; $\beta=\frac{EF}{lc}$; $P_0=\rho gFl=ql$ (g – ускорение свободного падения; q – вес единицы длины бурильной колонны); ν_n – положительные корни уравнения $B(p)=0$. С учетом того, что $p_n=\frac{a\nu_n}{il}$ из соотношения (8) получим:

$$Ctg\,\nu_n=\frac{\nu_n\left[\beta+\alpha_0\left(1-\beta\alpha_2\nu_n^2\right)\right]}{1-\beta\alpha_0\nu_n^2},\ \alpha_0=\alpha_1+\alpha_2. \quad (11)$$

Усилие в верхнем сечении колонны:

$$P=EF\frac{\partial u(x,t)}{\partial x}\bigg|_{x=l}=-\frac{cvEF}{ak}\sum_{n=}^{\infty}(\sin\nu_n+\alpha_1\nu_n\cos\nu_n)\frac{\sin\frac{\nu_n at}{l}}{W(\nu_n)}. \quad (12)$$

Мощность необходимая для подъема бурильной колонны со стола ротора при постоянной скорости вращения барабана можно рассчитать по формуле:

$$N=\frac{Pv}{k}=-\frac{cv^2EF}{ak^2}\sum_{n=0}^{\infty}(\sin\nu_n+\alpha_1\nu_n\cos\nu_n)\frac{\sin\frac{\nu_n at}{l}}{W(\nu_n)}. \quad (13)$$

Вес длинной бурильной колонны существенно превосходит вес утяжеленных бурильных труб, входящих в компоновку и вес поступательно движущихся элементов талевой системы, поэтому можно полагать: $P_1=0$ и $P_2=0$. При таких допущениях соотношения (9)-(13) упростятся и примут вид:

$$u(x,t)=\frac{vt}{k}+2\frac{cvl}{ak}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\cos\frac{\nu_n x}{l}\sin\frac{\nu_n at}{l}}{\nu_n W(\nu_n)}, \quad (14)$$

$$W(\nu_n) = \frac{c}{\beta}\left[1+\beta+(\beta\nu_n)^2\right]\cos\nu_n, \tag{15}$$

$$ctg\,\nu_n = \beta\nu_n, \tag{16}$$

$$P = \frac{2vEF}{ak^2}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\sin\frac{\nu_n at}{l}}{\left(1+\beta+(\beta\nu_n)^2\right)\nu_n}, \tag{17}$$

$$N = \frac{2v^2EF}{ak^2}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\sin\frac{\nu_n at}{l}}{\left(1+\beta+(\beta\nu_n)^2\right)\nu_n}. \tag{18}$$

Если $l \to \infty$ или $c \to \infty$, (для длинной бурильной колонны) тогда $\beta \to 0$, поэтому из (16) получим $\nu_n = \frac{\pi}{2}(2n-1)$, $n \in N$. Теперь выражения (17) и (18) при $t \in \left(0, \frac{2l}{a}\right)$ соответственно примут вид:

$$P = \frac{EFv}{ak^2}, \tag{19}$$

$$N = \frac{EFv^2}{ak^2}. \tag{20}$$

Расчеты показывают, что даже при сравнительно небольшой длине бурильной колонны: $l \geq 1000$ м. значение β не превосходит 0,05 и учет его в уравнении (18) приводит к уточнению до 2%. Поэтому рассчитывая мощность, необходимую для подъема бурильной колонны со стола ротора при ее длине $l \geq 1000$ м. и постоянной скорости барабана вполне допустимо использование формулы (20).

При длине бурильной колонны менее 1000 м. расчеты напряжений и мощности следует производить по формуле (13), в которой учитывается жесткость каната и колонны, а также вес талевой системы и утяжеленного низа.

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИНФЛЯЦИИ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ

Сакович Н.К., ассистент
УО «БГЭУ», кафедра статистики

В условиях экономики переходного периода изучение, моделирование и прогнозирование инфляционных процессов является одной из важнейших задач