7. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплинам «Средства технического оснащения автосервиса», «Механизация процессов технической эксплуатации» для студентов специальностей 1-37 01 07 «Автосервис», 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» : в 2 частях / сост. С.В. Монтик, Я. А. Акулич, Ф. М. Санюкевич. – Брест : БрГТУ, 2019. – Часть 2. – 42 с.

УДК 517.2, 519.7, 531.36, 681.3.06

О РЕШЕНИИ ОДНОЙ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Назаров С., Рахимов М., Аннабердиев Ш.
Государственный энергетический институт Туркменистана

1. В работе предлагается аналитическое решение одной модельной задачи оптимального конструирования динамики движения материальной точки, которая возникает при производстве и расчете параметров различных технических конструкций. Движение рассматриваемой материальной точки $x(t)$ при каждом t в начальный период времени происходит в «цилиндрической трубке» длины l. В начальный момент времени $(t = 0)$ материальная точка принимает точное (импульсное) возмущение со скоростью ϑ_0, под действием которой «цилиндрическая трубка» как стержень совершает продольные колебания вдоль своей оси симметрии or. После сравнительно короткого времени $t = \tau$ материальная точка, вылетая из трубки, совершает полет вдоль продолжения симметрии трубки [1–3].

Допустим, что при настильной стрельбе центр тяжести материальной «точки-снаряда» движется равномерно и прямолинейно. Движение снаряда вокруг центра масс характеризуется следующими величинами [3]:

$\alpha -$ углом между осью и направлением движения снаряда;

$\beta -$ углом между осью снаряда и ее проекцией на вертикальную плоскость;

$n -$проекцией угловой скорости вращения снаряда на его ось.

Известно, что при малых n снаряд начинает «кувыркаться» в полете. При этом α и β сильно меняются и точность стрельбы резко падает. Наоборот, при больших n «кувырканий» не происходит, углы α и β незначительно меняются во время полета и при этом достигается меньшее рассеивание снаряда. Изменяя параметры нарезки ствола орудия, можно менять n и тем самым добиваться устойчивости полета снаряда.

Пусть $C -$ момент инерции снаряда относительно его оси; $A -$момент инерции относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести; $l -$расстояние от центра давления (так называется точка, где приложены силы сопротивления воздуха); $R -$лобовое сопротивление.

Найдено необходимое и достаточное условие (условие Маиевского – Крылова) устойчивости полета без «кувырканий» [3]:

$$n^2 > \frac{AlR}{C^2}. \qquad \text{(МК)}$$

Цель задачи заключается в следующем: при выполнений условий (МК), выявить какова должна быть функциональная зависимость параметров конструкции, участвующих во внешней силе (сопротивление и нарезки трубки, давления газа, начальная скорость материальной точки, граничные условия и другие), для того чтобы материальная точка, совершая полет по определенному закону, точно попадала в заданную точку за наименьшее время T.

Предлагаемая математическая модель поставленной задачи может быть записана в следующем виде: трубка как стержень совершает продольные колебания вдоль своей оси симметрии [1,2]:

$$u_{tt} - a^2 u_{rr} = p\big(t, r, x(t), x'(t)\big), \qquad 0 < t < \tau, \tag{1}$$

$$u(0,r) = 0, u_t(0,r) = h(r), 0 \le r \le 1, \tag{2}$$

$$\begin{cases} u(t,0) = \nu(t) \equiv \nu, \qquad \nu(0) = 0, \qquad 0 \le t \le \tau < T, \\ \quad u_{tt}(t,1) + a^2 u_r(t,1) = \mu\big(t, x(t), x'(t)\big), \end{cases} \tag{3}$$

где a – коэффициент, учитывающий массу материальной точки; (1) – (3) – предельная краевая задача. Правая часть второго граничного условия (3) характеризует закон движения материальной точки в трубке, а функция $\mu\big(t, x(t), x'(t)\big)$ в граничном режиме подвергает возмущение, в результате чего трубка совершает продольное колебание. Заметим, граничное условие (3) может содержать слагаемое с $u_{tt}(t,1)$. Материальная точка $x(t)$ при каждом t, $0 \le t \le T$, вылетая со ствола, совершает прямолинейное движения вдоль продолжения оси симметрии трубки и удовлетворяет следующему уравнению:

$$x''(t) = f\big(t, x(t), x'(t), y(t)\big), \; 0 \le t \le T, \quad y(0) = 0, \tag{4}$$

$$x(0) = 0, \;\; x'(0) = \nu_0, \qquad |\nu_0| \le N; \tag{5}$$

$$x(T) = x_1, \qquad x'(T) = x_2. \tag{6}$$

Правая часть уравнения (4), т. е. функция f зависит от $x(t) -$ состояния и $\dot{x}(t) -$ скорости материальной точки, сопротивления и нарезки трубки, давления газа, от конструкции трубки и свободного параметра $y = y(t)$ из кусочно-непрерывного на $0 \le t \le T$ класса функций $Y[0,T]$, т. е. $y(t) \epsilon Y[0,T]$.

В начальных условиях (5) ν_0 определяется из точечного взрыва в трубке, конечные условия $x(T) = x_1$, $\dot{x}(T) = x_2$ из (6) означает точное попадание в фиксированную точку (x_1, x_2) фазовой плоскости ox_1x_2; $T -$ конец процесса полета «снаряда» заранее не зафиксирован; ищется минимальное его значение.

В качестве управляющих параметров примем числовой параметр ν_0, также функции: $y \equiv y(t)$, $\nu \equiv \nu(t)$; $\mu \equiv \mu(t) \equiv \mu\big(t, x(t), x'(t)\big)$, $p \equiv p(t,r) \equiv p\big(t, r, x(t), x'(t)\big)$. Заметим, что (4), (5) есть задача оптимального быстродействия и она может быть решена отдельно, т. е. независимо от (1) – (3). При найденном решении задачи (4) – (6) решение задачи (1) – (3) должно обеспечить оптимальность полета снаряда по быстродействию, тем самым задача (1) – (3) есть задача оптимального конструирования для волнового уравнения с начально-краевыми условиями и критерием оптимальности на минимум функционала по квадратично суммируемым функциям ν, μ, p:

$$\int_t^{\tau} \left\{ \int_0^1 [\alpha_0 (u - \varphi)^2 + \alpha_1 (u_t - \psi)^2 + \alpha_2 p^2] dr + \beta_0 u_t^2(t,1) + \beta_1 \nu^2 + \beta_2 \mu^2 \right\} d\xi, \tag{7}$$

где $t = 0$; $t \le \xi \le \tau$; $\alpha_i \ge 0$; $\beta_i \ge 0$ – числа, необращающиеся одновременно в нуль; $\varphi = \varphi(t,r), \psi = \psi(t,r)$ – заданные функции; $t < \xi < \tau$.

2. Поставленная задача при определенных условиях на исходные данные имеет решения в классе обобщенных функций.

Приведем уравнение (4) к системе двух уравнений. Для этого введем новые переменные: $x_1(t)=x(t),\ x_2(t)=\dot{x}(t)=\dot{x}_1(t)$.

Тогда $\dot{x}_2(t)=\ddot{x}(t)==f\big(t,x_1(t),x_2(t),y(t)\big)$. Для простоты будем считать правая часть уравнения (4) не зависит от t, т. е. рассмотрим автономную систему:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t)=x_2(t)\equiv f_1\big(x_2(t)\big), 0\le t\le T\,, \\ \dot{x}_2(t)=f_2(x_1,x_2,y)\equiv f\big(x_1(t),x_2(t),y(t)\big),\ y(t)\epsilon Y[0,T]\,, y(0)=0 \end{cases} \tag{8}$$

Начальные условия (5) принимает вид:

$$x_1(0)=0, x_2(0)=\nu_0. \tag{9}$$

Из условия (6) на конец управления (конечная цель – точное попадание в точку) получим:

$$x_1(T)=x_1,\ \ x_2(T)=x_2. \tag{10}$$

Будем называть пара управлений (y,ν_0), $y=y(t)$, удовлетворяющих условиям $y(t)\epsilon Y[0,T]$, $|\nu_0|\le N$ допустима, если эта пара систему (8) переводит из положения (9) в конечное состояние (10).

Для решения задачи (8) – (10) используем принцип максимума Л. С. Понтрягина [4]. Обозначим через $\Omega=\{y(t),\nu_0;\ y(t)\epsilon Y[0,T],\ |\nu_0|\le N\}$ множество допустимых управлений y и ν_0, переводящих систему из любой точки $(0,\nu_0)$ фазового пространства, т. е. из любого положения $(0,\nu_0)$ системы в заданную точку (x_1,x_2). Допустим, что множество Ω не пусто. Предположим, что функция f удовлетворяет условию Липщица по всем переменным и достигает своих минимальнах и максимальных значений по $y(t)$:

$$N_1(t)\le f\equiv f\big(t,x(t),x'(t),y(t)\big)\le N_2(t);\quad N_1(t)\le N_2(t). \tag{11}$$

Оптимальное управление, т. е. $y^{opt}(t)$ функция в промежутке $0\le t\le T$ ищется в классе косочно-непрерывных функций в Ω.

Определим две вспомогательные функции $\psi_1(t)$ и $\psi_2(t)$ из следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$-\psi_1'(t)=\psi_2(t)f'_{2x_1}(t,x_1,x_2,y^{opt});\ -\psi_2'(t)=\psi_1(t)+\psi_2(t)f'_{2x_2}(t,x_1,x_2,y^{opt})$$

и составим функцию Понтрягина:

$$H\big(\psi_1,\psi_2,x_1(t),x_2(t),y(t)\big)=$$
$$=\psi_1(t)f_1\big(x_2(t)\big)+\ \psi_2(t)f\big(t,x_1(t),x_2(t),y(t)\big), t\epsilon[0,T].$$

Согласно принципу максимума имеем: если при заданном $f_2\big(x_1(t),x_2(t),y(t)\big)$ на множестве Ω существует верхняя грань функции Понтрягина, т. е. существует

$$M(\psi_1,\psi_2,x_1,x_2)=\sup_{\substack{y(t)\epsilon Y[0,T]\\ |\nu_0|\le N}} H(\psi_1,\psi_2,x_1,x_2,y), \tag{12}$$

и, кроме этого, если конечный момент T управлений выполняется условие

$$M(\psi_1(T),\psi_2(T),x_1(T),x_2(T))\ge 0, \tag{13}$$

то управления $y^{o}=y^{o}(t)$ и ν_0^{o}, определенные из условий (12), (13) являются оптимальными, т. е. обеспечивают перевод системы (8) из положения (9) в состояние (10) за минимальное время T^{o}. При этом состояние $(x_1^{o}=x_1^{o}(t),\ x_2^{o}=x_2^{o}(t))$ системы, определенное из системы (8) и начального условия (9) при управлений $y^{o}=y^{opt}(t)$ и ν_0^{o} является оптимальным состоянием системы.

Теорема

Допустим, что в задаче (4) – (6) функция f по совокупности аргументов непрерывна и имеет непрерывные частные производные и удовлетворяет условию (11). Тогда решение задачи оптимального быстродействия (4) – (6) определяется из следующих соотношений:

$$v_0^{0pt} = N, \text{ если } \psi_1(0) > 0; \; v_0^{0pt} = -N, \text{ если } \psi_1(0) < 0;$$
$$y^{opt} = y_2^0(t), \text{ если } \psi_2(t) > 0; \; y^{opt} = y_1^0(t), \text{ если } \psi_2(t) < 0,$$

где функции $y_2^0(t)$, $y_1^0(t) \in Y[0,T]$ определяются из условия оптимальности управляющей функции $y(t)$, т. е. из условий минимальных и максимальных значений заданной функции f:

$$N_1(t) = f\big(t, x(t), x'(t), y_1^0(t)\big), \qquad N_2(t) = f\Big(t, x(t), x'(t), y_2^0(t)\Big).$$

Теперь при найденном оптимальном управлении, т. е. оптимальном движении $x_1^o = x_1^o(t) \equiv x^o(t)$ материальной точки, приняв в качестве управляющих функций $p(t,r)$ и $\mu\big(t, x(t)\big) \equiv \mu(t)$, методом динамического программирования можно решить задачу (1) – (3), (4) оптимального конструирования регуляторов в различных постановках, т. е. можно конструировать технические параметры ствола.

3. Для решения задачи (1) – (3), (6) применяем метод динамического программирования. Введем функционал Беллмана [5] ($0 \le t \le \tau < T$):

$$S = S[t, w(t,.), u_t(t,1)] = \min_{p,\nu,\mu} Q(t,p,\nu,\mu), \; w = w(t,r) = \{u(t,r), u_t(t,r)\},$$

где $Q(t,p,\nu,\mu)$ обозначает интеграл (7). Согласно формализму метода динамического программирования предполагается, что функционал Беллмана имеет частные функциональные производные. Выведено уравнение Беллмана:

$$S_t[\tau, w(\tau,.), u_t(\tau,1)] = 0; \; v_2(t,0) = v_{2r}(t,1) = 0; \; 0 \le t \le \tau < T.$$
$$-S_t = \min_{p,\nu,\mu}\Bigg\{\beta_0 u_t^2(t,1) + \beta_1 \nu^2(t) + a^2 v_{2r}(t,0)\nu(t) + \beta_2\mu^2 + \mu v_2(t,1) +$$
$$+ \int_0^1 [\alpha_0(u-\varphi)^2 + \alpha_1(u_t-\psi)^2]dr + \int_0^1 [v_1 u_t + a^2 v_{2rr} u + v_2 p + \alpha_2 p^2]dr\Bigg\}.$$

Получены формулы для оптимального синтеза:

$$p(t,r) = -\left(\frac{1}{2\alpha_2}\right) v_2(t,r); \; \mu(t) = -\left(\frac{1}{2\beta_2}\right) v_2(t,1); \; \nu(t) = -\left(\frac{a^2}{2\beta_1}\right) v_{2r}(t,0). \quad (14)$$

Подставив значения управляюших функций из (14) в уравнении Беллмана, для определения оптимального функционала получим нелинейное интегро-дифференциальное уравнение в частных функциональных производных:

$$-S_t = \beta_0 u_t^2(t,1) - (1/4\beta_1)a^4 v_{2r}^2(t,0) - (1/4\beta_2) v_{2r}^2(t,1) +$$
$$+ \int_0^1 [\alpha_0(u-\varphi)^2 + \alpha_1(u_t-\psi)^2]dr + + \int_0^1 \left[v_1 u_t + a^2 v_{2rr} u - \frac{1}{4\alpha_2} v_2^2\right] dr.$$

Заметим, что управляющие функции определены с помощью функциональной производной $v_2(t,r)$ функционала S. Вектор-функция $w(t,r)$ определяется с помощью функциональных производных $v_1 = v_1(t,r)$, $v_2 = v_2(t,r)$ функционала S. Решение уравнения Беллмана ищем в квадратичной форме:

$$S[t, w(t,.), u_t(t,1)] = \int_0^1 \int_0^1 w^*(t,r) K(t,r,\xi) w(t,r) dr d\xi +$$
$$+ \int_0^1 R(t,r)\, w(t,r) dr + \eta\,(t); R(t,r) = \{R_1(t,r), R_2(t,r)\};$$
$$K(t,r,\xi) = \left\| K_{ij}(t,r,\xi) \right\| \equiv K(t,\xi,r),\ K_{12} = K_{21.}$$

Вычислены функциональные производные:

$$v_1(t,r)= 2\int_0^1 [K_{11}(t,r,\xi)u(t,\xi) + K_{12}(t,r,\xi)u_t(t,\xi)]\, d\xi + R_1(t,r),$$
$$v_2(t,r)= 2\int_0^1 [K_{12}(t,r,\xi)u(t,\xi) + K_{22}(t,r,\xi)u_t(t,\xi)]\, d\xi + R_2(t,r),$$
$$v_{2rr}(t,r)= 2\int_0^1 [K_{12rr}(t,r,\xi)u(t,\xi) + K_{22rr}(t,r,\xi)u_t(t,\xi)]\, d\xi + R_{2rr}(t,r),$$
$$v_{2r}(t,0)= 2\int_0^1 [K_{12r}(t,0,\xi)u(t,\xi) + K_{22r}(t,0,\xi)u_t(t,\xi)]\, d\xi + R_{2r}(t,0).$$

В итоге для элементов матрицы $K(t,r,\xi)$ получена нелинейная система интегро-дифференциальных уравнений со специальными начально-граничными условиями:

$$\begin{cases} K_{11t}(t,r,\xi) + 2a^2 K_{12rr}(t,r,\xi) - \frac{1}{\alpha_2}\int_0^1 K_{12}(t,r,\zeta)K_{12}(t,\xi,\zeta)\, d\zeta - \\ -\frac{1}{\beta_2}K_{12}(t,1,r)K_{12}(t,\xi,1) - \frac{a^4}{\beta_1}K_{12r}(t,0,\xi)K_{12r}(t,r,0) + \alpha_0\delta(\xi - r) = 0 \\ K_{12t}(t,r,\xi) + K_{11}(t,r,\xi) + 2a^2 K_{22rr}(t,r,\xi) - \frac{1}{\alpha_2}\int_0^1 K_{12}(t,r,\zeta)K_{22}(t,\xi,\zeta)\, d\zeta - \\ -\frac{1}{\beta_2}K_{12}(t,1,r)K_{22}(t,\xi,1) - \frac{a^4}{\beta_1}K_{12r}(t,0,r)K_{22r}(t,\xi,0) = 0 \qquad (15) \\ K_{22t}(t,r,\xi) + K_{12}(t,r,\xi) - \frac{1}{\alpha_2}\int_0^1 K_{22}(t,r,\zeta)K_{22}(t,\xi,\zeta)\, d\zeta + \beta_0\delta(r-1,\xi-1) - \\ -\frac{1}{\beta_2}K_{22}(t,1,r)K_{22}(t,\xi,1) - \frac{a^4}{\beta_1}K_{22r}(t,0,r)K_{22r}(t,\xi,0) + \alpha_1\delta(\xi - r) = 0 \end{cases}$$

Для определения компонентов вектор-функции $R(t,r)$ получили систему линейных интегро-дифференциальных уравнений в частных производных:

$$\begin{cases} R_{1t}(t,r) + a^2 R_{2rr}(t,r) - \dfrac{1}{\alpha_2}\displaystyle\int_0^1 K_{12}(t,r,\xi)R_2(t,\xi)\, d\xi - \dfrac{1}{\beta_2}K_{12}(t,1,r)R_2(t,1) - \\ -\dfrac{a^2}{\beta_1}K_{12r}(t,0,r)R_{2r}(t,1) + 2\alpha_0\varphi(t,r) = 0 \qquad (16) \\ R_{2t}(t,r) + R_1(t,r) - \dfrac{1}{\alpha_2}\displaystyle\int_0^1 K_{22}(t,r,\xi)R_2(t,\xi)\, d\xi - \dfrac{1}{\beta_2}K_{22}(t,1,r)R_2(t,1) - \\ -\dfrac{a^2}{\beta_1}K_{22r}(t,0,r)R_{2r}(t,0) + 2\alpha_1\psi(t,r) = 0 \end{cases}$$

Функция $\eta(t)$ определяется явно с помощью функции $R_2(t,r)$:

$$\eta'(t) - \frac{1}{4\alpha_2}\int_0^1 R_2^2(t,r)\, dr - \frac{1}{4\beta_2}R_2^2(t,1) - \frac{1}{4\beta_1}R_{2r}^2(t,0) +$$
$$\int_0^1 [\alpha_0\varphi^2(t,r) + \alpha_1\psi^2(t,r)]\, dr = 0; \qquad (17)$$

начальные условия: $K(\tau,r,\xi) = \ R(\tau,r) = \eta(\tau) = 0$; граничные условия: $K_{12}(t,0,\xi) = K_{22}(t,0,\xi) = R_2(t,0) = 0$, $K_{12r}(t,1,\xi) = K_{22r}(t,1,\xi) = R_{2r}(t,1) = 0$.

Поставленная в начале задача (1) – (7) решена полностью; решение определено с помощью найденной матрицы $K(t,r,\xi)$, функции $R(t,r)$ и $\eta(t)$.

Найдены функциональные производные $v_1(t,r)$, $v_2(t,r)$; подставляя значение $v_2(t,r)$ в (14), найдем оптимальные управляющие функции:

$$\begin{cases} p(t,r) = -\left(\frac{1}{2\alpha_2}\right)\left\{\int_0^1 2[K_{12}(t,r,\xi)u(t,\xi) + K_{22}(t,r,\xi)u_t(t,\xi)]\,d\xi + R_2(t,r)\right\} \\ \mu(t) = -\left(\frac{1}{2\beta_2}\right)\left\{\int_0^1 2[K_{12}(t,1,\xi)u(t,\xi) + K_{22}(t,1,\xi)u_t(t,\xi)]\,d\xi + R_2(t,1)\right\} \\ \nu(t) = -\left(\frac{a^2}{2\beta_1}\right)\left\{\int_0^1 2[K_{12r}(t,0,\xi)u(t,\xi) + K_{22r}(t,0,\xi)u_t(t,\xi)]\,d\xi + R_{2r}(t,0)\right\} \end{cases} \quad (18)$$

В формулах (18) функции $\nu(t)$, $\mu(t) \equiv \mu\big(t,x(t),x'(t)\big)$, $p(t,r) \equiv p\big(t,r,x(t),x'(t)\big)$ зависят от найденных из задачи (4), (5) оптимальных функций $x(t), x'(t)$. Функции $u(t,r)$, $u_t(t,r)$ $(0 < t < \tau)$ определяются из начально-краевой задачи для интегро-дифференциальных уравнений в частных производных при подстановке значений найденных управлений из (18) в (1) – (3).

Из формулы (18) определены структуры оптимальных управляющих функций $\nu(t)$, $\mu\big(t,x(t),x'(t)\big)$, $p\big(t,r,x(t),x'(t)\big)$, т. е. законы граничных и внешних сил, действующих на ствол орудия.

Обоснованию методов динамического программирования и спектрального разложения посвящена монография [5]. Для практической реализации решения задачи (1) – (7) удобно использовать корневые функции следующей спектральной задачи ($X_n(r) = \sqrt{2}\,sin\lambda_n r,$, $\lambda_n = \frac{\pi}{2}(2n-1); n = 1,2,\dots$):

$$X''(r) + \lambda^2 X(r) = 0;\ X(0) = X'(1) = 0,\ r\epsilon[0,1].$$

Замечание

Задача (1) – (7) может быть обобщена, в частности, можно рассматривать крутильно-продольные колебания трубки. Также можно считать, что координаты точки попадания могут быть подвижными. Предлагаемые здесь методы решения задачи оптимального конструирования можно применять и в этих задачах.

Результаты, полученные в настоящей работе, рекомендуется использовать в технических задачах, в которых ищется оптимальная траектория материальной точки, в частности, эти результаты могут быть применены в военно-промышленном комплексе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рахимов, М., Об одной модельной задаче оптимального конструирования / М. Рахимов // Наука и инновационные технологии в эпоху Великого возрождения: Международная конференция Aşgabat, Ylym, 10–12 июня 2011. –Ашхабад, 2011.

2. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский – Москва: «Наука», 1966. – 736 с.

3. Афанасьев, В. Н. Математическая теория конструирования систем управления / В. Н. Афанасьев, В. Б. Колмановский, В. Р. Носов. – Москва: «Высшая школа», 1989. – 447 с.

4. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин [и др.]. – М. : Наука, 1983.

5. Рахимов М., Оптимальное моделирование процессов теплопередачи и колебаний. Методы динамического программирования и спектрального разложения: научная монография, LAP: LAMBERT Academic Publishing. – 356 с.

УДК 621.9-05

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Сергуцкий Д. С., Григорьев В. Ф.
Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Введение

Шумовые характеристики металлорежущих станков определяют, с одной стороны, экологическую обстановку в производственном помещении, с другой стороны – состояние и качество изготовления деталей и узлов станка [3]. Изучение и разработка систем контроля технического состояния металлорежущих станков по параметрам шумовых характеристик является важной и актуальной задачей. Такие системы позволяют производить оценку состояния оборудования, как при приемо-сдаточных испытаниях, так и при периодических, существует возможность их применения на этапах проработки конструкции нового образца оборудования. Актуальным является использование данных систем в процедурах эффективного контроля фактического состояния оборудования, находящегося в режиме нормальной промышленной эксплуатации, особенно целесообразно их использование для контроля фактического состояния сложного оборудования, работающего в автоматическом режиме длительное время без непосредственного присутствия наладчика или оператора (круглосуточный режим, многостаночное обслуживание).

Цель работы

Выбор метода контроля шумовых характеристик металлорежущих станков в условиях работающего цеха.

Методы оценки шумовых характеристик

Шумовые характеристики наиболее чувствительны к отклонению параметров работы станка от нормативных значений. Контроль шумовых характеристик не предусматривает дорогостоящие работы по демонтажу и разборке оборудования, которые также нарушают процесс приработки деталей. Данный вид контроля может производится без отрыва оборудования от производства.

Существует несколько вариантов оценки технического состояния станка по шумовым характеристикам. Один из них основан на сопоставлении фактических шумовых характеристик конкретного экземпляра определенной модели станка, со среднестатистическими эталонными показателями для данной модели. Данный метод применим к моделям станков, выпускаемым в большом количестве.

Существует также другой метод, основанный на сопоставлении фактических шумовых характеристик станка с допустимыми шумовыми характеристиками в соответствии с ГОСТ 12.2.107-85. В данном ГОСТе указаны допустимые