

Журнал издается с 5. 01. 1948 г.

Выходит 6 раз в год

Կ Ր Ա Չ Դ Ա Շ Ա Ն Վ Ո Ւ Ե Յ ՈՒ

- Ռ. Մ. Մարտիրոսյան (պատասխանատու խմբագիր), Վ. Վ. Արևեսենյան,
Ռ. Վ. Արսյան, Ռ. Ա. Ղազարյան, Ս. Մ. Ղազարյան, Ծ. Վ. Կառյան,
Ս. Հ. Սանսիկյան, Յու. Ի. Սարգսյան, Մ. Գ. Ստանկյան (պատ. խմբ. տեղ.),
Զ. Կ. Ստեփանյան (պատասխանատու փոխխմբագիր), Վ. Ս. Խաչատրյան:

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Р. М. Мартиросян (ответственный редактор), В. В. Алексеевич,
Р. В. Атоян, Р. А. Казарян, С. М. Казарян, М. В. Косичин,
А. О. Саакян, Ю. Л. Саркисян, М. Г. Стакян (зам. ответ. редактора),
Э. К. Степанян (ответственный секретарь), В. С. Хачатурян



Издательство АН Армении

Известия АН Армении (сер. техн. наук), [1971]

УДК 621.01

К. Г. СТЕПАНЯН, С. С. АРУТЮНЯН, С. Ш. ШАХПАРОНЯН

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ЦИКЛОИДАЛЬНЫЙ АНАЛОГ АППРОКСИМАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ БУРМЕСТЕРА С ПРИЛОЖЕНИЕМ К СИНТЕЗУ ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Предложен простой способ определения таких точек тела, траектории которых при заданном движении аппроксимируют в смысле наименьших квадратов пространственные циклоидальные кривые. На основе использования этих точек разработана унифицированный алгоритм пространственных направляющих зубчато-рычажных механизмов любой структуры. Приведенный в статье численный пример иллюстрирует эффективность предложенного метода.

Ил. 3. Библиогр.: 1 назв.

Առաջարկվում է պինդ մարմնի այնպիսի կետերի որոշման պարզեցում միջոց, որոնց հետագծերը տրված շարժման ժամանակ փոքրագույն թափուկայինների խմայտով մոտարկում են տարածական ցիկլոիդային կորերին: Այնուհետև ցույց է տրվում, որ ցանկացած կառուցվածքի տարածական ուղղորդի առամաս-շտակային մեխանիզմների նախագծումը բերվում է այդ կետերի որոշմանը, որը իր հերթին թույլ է տալիս ավտոմատիզացնել նշված մեխանիզմների նախագծման ընթացքը: Հեղվածում դիտարկված օրինակը հաստատում է մշակված մեթոդի առավելությունը այլ մեթոդների նկատմամբ:

В [1] введена концепция аппроксимационного подхода к циклоидальному случаю задачи Бурместера, изучающей точки плоскопараллельно перемещающегося объекта, которые при произвольном числе положений наименее отклоняются от циклоидальных кривых. В предлагаемой статье предпринята попытка распространить предложенные в [1] идеи на случай пространственного движения объекта.

Прежде чем перейти к формулировке поставленной задачи введем понятие пространственной m -циклоидальной кривой. Для этого рассмотрим пространственные кинематические m -звенные цепи $A_0A_1 \dots A_m$ с вращательными и поступательными парами (рис. 1). С каждым звеном l ($l = 1, 2, \dots, m - 1$) жестко свяжем подвижную систему координат $A_lx_ly_lz_l$ таким образом, чтобы число параметров, входящих в матрицу преобразования координат B_l между системами l и $l - 1$, было бы минимальным, а вид матрицы B_l был бы одинаков как для вращательной, так и для поступательной пары. Ось z_l системы $A_lx_ly_lz_l$ (рис. 1) направим по оси кинематической пары, связывающей звенья l и $l + 1$, ось x_l — по линии кратчайшего расстояния осей z_{l-1} и z_l (от z_{l-1} к z_l), а ось y_l сориентируем так, чтобы система координат $A_lx_ly_lz_l$ была правой. При указанном выборе координатных систем матрица преобразования координат B_l имеет вид

$$B_l = \begin{pmatrix} \cos \varphi_l & -\sin \varphi_l \cos \beta_l & \sin \varphi_l \sin \beta_l & a_l \cos \varphi_l \\ \sin \varphi_l & \cos \varphi_l \cos \beta_l & -\cos \varphi_l \sin \beta_l & a_l \sin \varphi_l \\ 0 & \sin \beta_l & \cos \beta_l & h_l \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

■ характеризуется четырьмя параметрами a_l , h_l , φ_l , β_l , где a_l , h_l — кратчайшие расстояния между осями z_{l-1} и z_l , x_{l-1} и x_l , а φ_l , β_l — углы между положительными направлениями осей x_{l-1} и x_l , z_{l-1} и z_l . Независимо от вида кинематической пары три из этих параметров являются постоянными, а один — переменной величиной. В частности, если звенья $l-1$ и l соединены вращательной парой, то $\varphi_l = \text{var}$, а при поступательной — $h_l = \text{var}$.

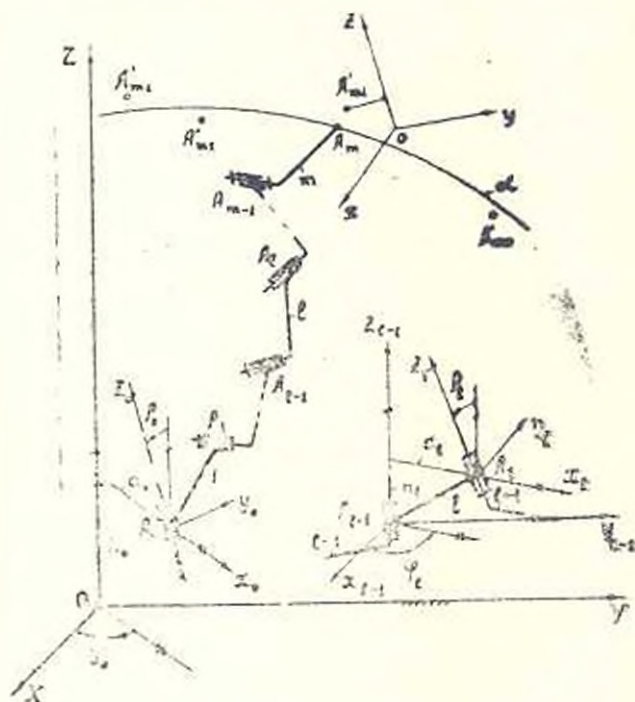


Рис. 1

Пространственные зубчато-рычажные цепи кинематически эквивалентны m -звенным незамкнутым пространственным цепям $A_0A_1 \dots A_m$ (рис. 1), обобщенные координаты φ_l (или h_l) ($l=1, 2, \dots, m$) которые связаны между собой линейными уравнениями

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{li}(u_1, u_2, \dots, u_n) \varphi_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, r < m, \quad (2)$$

где α_{li} — известные функции от постоянных передаточных отношений $u_1, u_2, \dots, u_n$ зубчатых колес, входящих в зацепления.

Для синтеза пространственных ЗРМ представляет практический интерес случай, когда число r уравнений (2) равно $m-1$. В этом случае точка A_m цепи $A_0A_1\dots A_m$ получает принудительное движение по некоторой кривой α , которую назовем пространственной m -циклоидальной кривой. На рис. 2 показана наиболее простая из этих цепей, для которой $m=2$, а уравнение связи имеет вид

$$\varphi_2 - \psi_1 = 0. \quad (3)$$

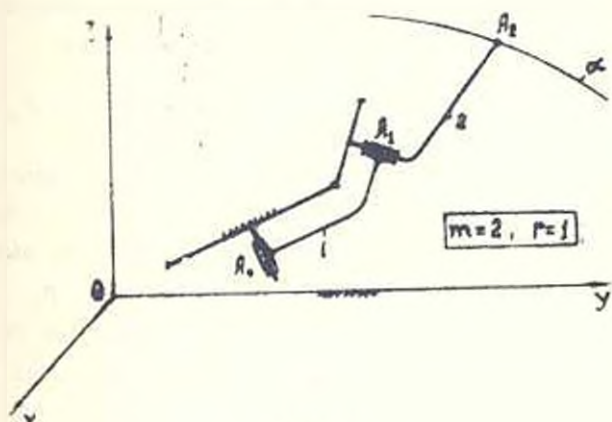


рис 2

2. Пусть заданы N конечноудаленных положений системы o_1xuz ($i=1, 2, \dots, N$) относительно неподвижной $OXYZ$. Возьмем в системе o_1xuz произвольную точку A_m (рис. 1) и по известным формулам преобразования координат определим N ее положений A_{mi} ($X_{A_{mi}}, Y_{A_{mi}}, Z_{A_{mi}}$)

$$(X_{A_{mi}}, Y_{A_{mi}}, Z_{A_{mi}}, 1)' = T_i (p_{2m+1}, p_{2m+2}, p_{2m+3}, 1)'. \quad (4)$$

где $T_i = [T_{jih}] = 4 \times 4$ матрица преобразования координат от подвижной системы o_1xuz к неподвижной системе $OXYZ$, заданные элементы T_{jih} ($j=1, 2, \dots, 4$, $h=1, 2, \dots, 4$, $i=1, 2, \dots, N$) которой определяют положение и ориентацию подвижной системы o_1xuz ; $p_{2m+1} = x_{A_m}$, $p_{2m+2} = y_{A_m}$, $p_{2m+3} = z_{A_m}$ — координаты искомой точки A_m в системе o_1xuz , а знак „ $'$ “ указывает на транспонирование соответствующих матриц.

Рассмотрим теперь следующую задачу: определить в системе $OXYZ$ пространственную m -циклоидальную кривую α , которая в смысле наименьших квадратов наилучшим образом аппроксимирует систему точек A_{mi} .

Для составления функций отклонения точек A_{mi} от кривой α исходим из параметрического уравнения траектории точки A_m зуб-

чато-рычажной цепи $A_0A_1 \dots A_m$ (рис. 1), генерирующей эту кривую. Согласно известным формулам преобразования координат имеем

$$(X_{A_{mi}}, Y_{A_{mi}}, Z_{A_{mi}}, 1)^T = B_0 \cdot B_1 \cdot \dots \cdot B_m (p_{2m+1}, p_{2m+2}, p_{2m+3}, 1)^T. \quad (5)$$

где $B_0, B_1, \dots, B_m$ определяются из (1), а $p_{2m+1} = x_{mA_m}, p_{2m+2} = y_{mA_m}, p_{2m+3} = z_{mA_m}$, являются координатами точки A_m в подвижной системе $A_{m-1}x_my_mz_m$.

За меру приближения примем среднеквадратическую сумму отклонений точек A_{mi} от поточечно заданной кривой (5)

$$S = \sum_{i=1}^N [(X_{A_{mi}} - X_{A_i})^2 + (Y_{A_{mi}} - Y_{A_i})^2 + (Z_{A_{mi}} - Z_{A_i})^2]. \quad (6)$$

Решая линейную систему (2) относительно $m-1$ зависимых углов φ_l (или h_l), находим функции $\varphi_l = \varphi_l(\varphi_\mu)$ ($l = 1, 2, \dots, m, l \neq \mu$) от принятой независимой φ_μ . Подставляя далее их в (6), выражаем целевую функцию $S(p, \beta, \varphi)$ через вектор $p = (p_1, p_2, \dots, p_{2m+6}) = (a_0, h_0, \dots, a_{m-1}, h_{m-1}, p_{2m+1}, \dots, p_{2m+6})$ постоянных линейных параметров, вектор $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m)$ постоянных угловых параметров и вектор $\varphi = (\varphi_{\mu 1}, \varphi_{\mu 2}, \dots, \varphi_{\mu N})$ дискретных значений искомой функции φ_μ . При этих обозначениях рассматриваемая аппроксимационная задача сводится к определению векторов $p^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_{2m+6}^*)$, $\beta^* = (\beta_0^*, \beta_1^*, \dots, \beta_m^*)$ и $\varphi^* = (\varphi_{\mu 1}^*, \varphi_{\mu 2}^*, \dots, \varphi_{\mu N}^*)$ по критерию

$$S(p^*, \beta^*, \varphi^*) = \min_{\substack{p \in E^{2m+6} \\ \beta \in E^{m+1} \\ \varphi \in E^N}} S(p, \beta, \varphi). \quad (7)$$

Алгоритм решения задачи (7) осуществляется по схеме, предложенной в [1].

3. Рассмотрим приложение предлагаемого алгоритма определения приближенных m -циклоидальных точек к синтезу пространственных направляющих ЗРМ (рис. 3). Разъединяем кинематическую пару A_2 в результате чего образуются зубчато-рычажная подцель $A_0A_1A_2$ и трехподвижная диада DCO . Произвольно выбираем размеры l_3 и l_4 звеньев OC и CD , а ось вращательной пары D направляем по оси OX неподвижной системы $OXYZ$. Далее точку O этой диады вводим по заданной траектории γ , в результате чего подвижная система $oxyz$, жестко связанная с шатуном OC , получает определенное пространственное движение. По найденному движению системы $oxyz$ с помощью описанного выше алгоритма определяем приближенную 2-циклоидальному точку и параметры цепи $A_0A_1A_2$. Далее посредством сферической пары A_2 соединяем диаду DCO с цепью $A_0A_1A_2$, в результате чего получаем одноподвижный пространственный направляющий ЗРМ (рис. 3) для приближенного воспроизведения кривой γ .

В качестве конкретного примера рассмотрим синтез пространственного направляющего ЗРМ (рис. 3) для приближенного воспроизведения винтовой линии $X_i = 0,15 \sin [0,157(i-1)]$, $Y_i = 0,4 + 0,025(i-1)$, $Z_i = 1 - 0,15 \cos [0,157(i-1)]$, $i = 1, 2, \dots, 11$.

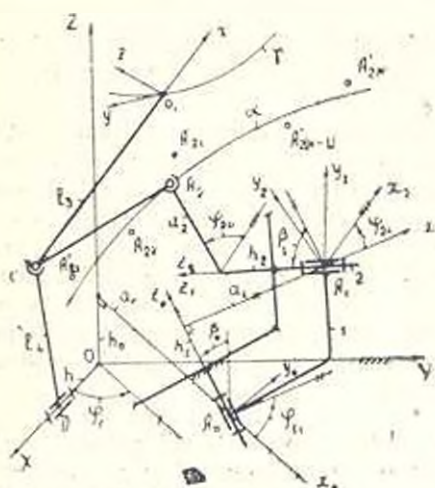


Рис. 3.

Синтез осуществлен при следующих значениях параметров ориентирующей цепи ДСО: $l = 1,4$, $l_1 = 0,6$, $h = 0$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$, $\alpha_4 = 4$, где α_1 — угол между пальцем сферическим с пальцем пары C и продольной осью звена AC , α_2 — угол между плоскостью прорези пары C и плоскостью вращения звена CD , α_3 — угол между плоскостью прорези пары C и плоскостью, проходящей через ось вращения звена CD и точку C .

В результате синтеза получены следующие значения искоемых параметров механизма: $\varphi_0 = 56^\circ 23' 5''$, $h_0 = 0,542204$, $a_0 = 0,355197$, $\beta_0 = 58^\circ 27' 7''$, $h_1 = 1,781489$, $a_1 = 0,049144$, $\beta_1 = 175^\circ 16' 10''$, $h_2 = 2,136275$, $a_2 = 0,0515$, $\beta_2 = 42^\circ 57' 23''$, $\alpha_4 = 0,423103$, $y_1 = 0,52274$, $z_1 = 0,099562$. Максимальное по модулю отклонение чертящей точки O от заданных точек винтовой линии равно $\Delta_{max} = 0,00088$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сисаян К. Г., Арутюнян С. С., Каралетян Г. П. Циклоидальный аналог аппроксимационной задачи Бурместера с приложением к синтезу зубчатых рычажных механизмов // Изв. вузов. Машиностроение — 1988. — № 3. — С. 48–52.

УДК 621.983.3.001.5

Г. Л. ГРДИЛЯН, И. П. РЕННЕ

КОРРЕКТИВЫ К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА
РЕВЕРСИВНОЙ ВЫТЯЖКИ

Рассматривается определение предельных значений коэффициентов реверсивной вытяжки (РВ) с учетом влияния на расчетное значение удельного усилия РВ добавок (Д), учитывающих изгиб на входной границе пластической области и расширение на выходной. Эти границы рассматриваются как узкие зоны интенсивного изменения кривизны, в пределах которых действуют два главных фактора — изгибающий момент и нормальная сила. На примере РВ полых цилиндрических сосудов из неупрочняющегося трансверсально изотропного материала через идеально гладкую матрицу показано, что расчетное значение Д в 1,7 раза превосходит аналогичные величины, предполагаемые в теории листовой штамповки.

Ил. 3. Библиогр.: 10 назв.

Գործարարական արտադրանք գործողքի սահմանային արժեքի որոշման ժամանակ հաշվի է առնվում տեսակարար ուժի ազդեցության մասը, որն առաջանում է երկաթագույն շտամպերի ծածկից և ուղղված է՝ ուղղաձիգ գլուխի մասով և հիշի սահմաններում: Այդ սահմանները գիտվում են որպես զորքի մեջ լինող փոփոխման եղ գույններ, որոնց տարածումը գործում են նրան: Ներքին ուժային գործակներ՝ ծածկի ժամանակ և ներքին ուժը: Առաջվան հաշվարկային արժեքները, հաշվի առնվում տեսակարար ուժի ազդեցության մասը: Զիլանդային տարրերում են ազդեցության մեծությունը թիթեղի գործարարական արտադրության ժամանակ ծածկման ժամանակ, որը հաշվի է առնվում միայն ներքին ուժային գործողքի ժամանակ ծածկմանը:

В работах [1—5] рассмотрены особенности изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) при движении материала через пластическую область (ПО) на стационарной стадии реверсивной вытяжки (РВ). Показан характер изменения толщины стенок заготовки и предельных значений коэффициентов вытяжки $m = \frac{d_2}{d_0}$

и $\Lambda = \frac{1}{\pi} = \frac{d_0}{d_2}$ (d_0 и d_2 — диаметры полой цилиндрической заготовки до и после вытяжки) от трения, анизотропии и упрочнения материала заготовки.

При анализе НДС на стационарной стадии РВ [1] используется допущение [6], что границами ПО (рис. 1) являются сечения I—I и II—II (входная и выходная границы). При движении материала через границы ПО происходит резкое изменение кривизны, поэтому каждую из этих границ можно рассматривать как узкую зону, также имеющую свои входную и выходную границы, между которыми происходит интенсивное изменение кривизны [7]. На рис. 1 показаны силовые факторы, действующие по обе стороны от границ узких зон.

На входной границе узкой зоны I—I изгибающий момент $M_0 \neq 0$, а нормальная сила N_0 равна нулю только в случае, если отсутствует

внешняя растягивающая или сжимающая сила, приложенная к недеформированной части заготовки перед входной границей ПО [8]. На выходной границе зоны I—I действуют момент $M_1 < M_0$ и сила $N_1 \neq 0$ ($N_1 > N_0$), значения которых подлежат определению. Соответственно на входной границе узкой зоны II—II момент $M_2 \neq 0$, и значение $N_2 \neq 0$ определяется величиной меридионального напряжения σ_r и толщиной стенки h_2 на этой границе, которые рассчитываются из анализа НДС и ПО, на выходной же границе этой узкой зоны действуют момент $M_3 < M_0$ и нормальная сила N , ($N > N_1$), значения которых также подлежат определению.

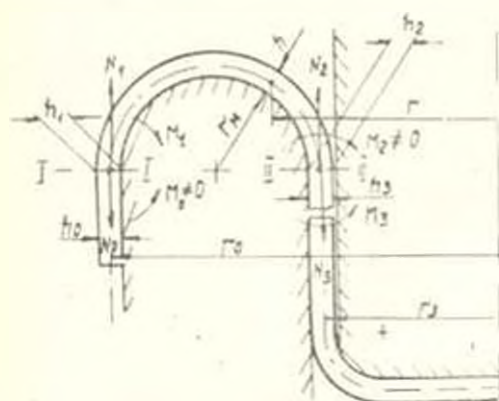


Рис. 1 Силловые факторы, действующие на границах узких зон I—I и II—II интенсивного изменения кривизны.

Известно [9], что силовые факторы M и N , когда материал находится в состоянии текучести, не являются независимыми. Если сила N_3 достигает предельного значения и момент M_3 равен нулю, то справедливо равенство $N_2 = N_3$ и, следовательно, при движении через узкую зону II—II нет приращения меридионального напряжения. Такое предположение было использовано в [1—5] при определении предельных значений коэффициентов вытяжки. Однако оно находится в противоречии с известным положением [10] о том, что при стационарном процессе деформирования приращение удельного усилия (меридионального напряжения) равно приращению удельной работы деформации—изменение кривизны не может произойти без затраты работы. Следовательно, при определении предельных значений коэффициентов вытяжки m_n и K_n необходимо учитывать и приращение удельного усилия в узкой зоне II—II. Для определения этих приращений в зонах I—I и II—II воспользуемся результатами анализа стационарного изгиба в условиях плоской деформации листа из неупрочняющегося трансверсально изотропного материала выполненного в [7].

При известных значениях сопротивления деформации σ_s и коэффициента анизотропии K материала, толщины листа h , и безразмерной величины меридионального напряжения $\bar{\sigma}_{r,1-1} = \frac{\sigma_{r,1-1}}{\sigma_s}$ перед

выходной границей соответствующей узкой зоны, в которой происходит резкое изменение кривизны (для зоны I—I $j=1$, а зоны II—II $j=3$), могут быть определены значения $\bar{\sigma}_r$ и $\bar{h}_j$ на ее выходной границе с помощью зависимостей [7]:

$$\bar{h}_j = \frac{h_j}{h_{j-1}} = \frac{\zeta^2 + \bar{\sigma}_{r_{j-1}}^2}{\zeta^2 + \bar{\sigma}_{r_j}^2} = \frac{4\bar{r}_{mj} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_j}}{\zeta} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_{j-1}}}{\zeta} \right) \right]}{1 - 2 \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_j}}{\zeta} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_{j-1}}}{\zeta} \right) \right]}, \quad (1)$$

где $\zeta = \sqrt{\frac{2(1+R)(2+R)}{3(1+2R)}}$ и $\bar{r}_{mj} = \frac{r_{mj}}{h_{j-1}}$ (r_{mj} — радиус ребра матрицы).

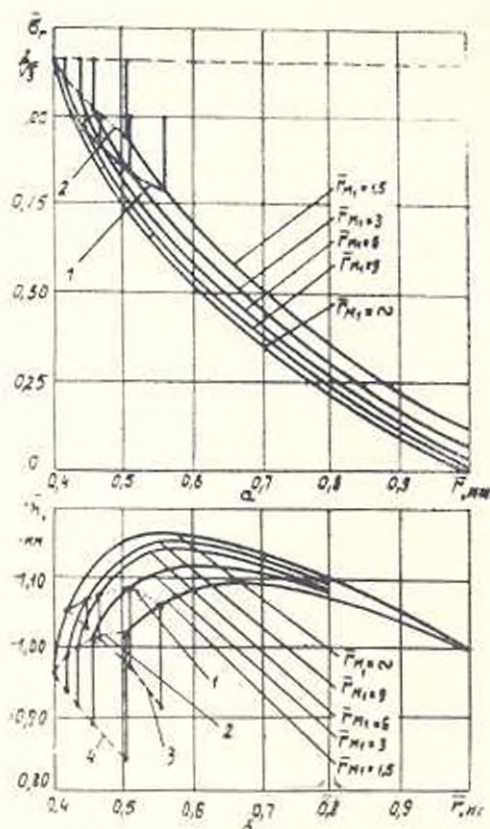


Рис. 2. Графики зависимостей $\bar{\sigma}_r(\bar{r})$ и $\bar{h}(\bar{r})$ при различных значениях

$\bar{r}_{mj} = \frac{r_{mj}}{h_{j-1}}$ (сплошные кривые).

Изменение толщины h и меридионального напряжения σ_r при движении материала от выходной границы зоны I—I до входной границы зоны II—II, связанное с изменением текущей координаты r , определяется с помощью зависимостей [1]:

$$\ln \bar{r} = -\frac{1}{2} \left[\frac{\bar{z}_r}{\bar{r}} \sqrt{1 - \frac{(1+2R)\bar{z}_r^2}{(1+R)^2}} + \frac{1+R}{1+2R} \arcsin \left(\frac{\bar{z}_r \sqrt{1+2R}}{1+R} \right) \right] \Big|_{\bar{z}_1}^{\bar{z}_2} \quad (2)$$

$$\ln \bar{h} = -\frac{1}{2} \left[\frac{(1+2R)\bar{z}_r}{(1+R)^2} - \frac{\bar{z}_r}{1+R} \sqrt{1 - \frac{(1+2R)\bar{z}_r^2}{(1+R)^2}} - \frac{1}{1+2R} \arcsin \left(\frac{\bar{z}_r \sqrt{1+2R}}{1+R} \right) \right] \Big|_{\bar{z}_1}^{\bar{z}_2} \quad (3)$$

где $\bar{r} = \frac{r}{r_1}$ и $\bar{h} = \frac{h}{h_1}$ (h_1 и r_1 — толщина и радиальная координата точки срединной поверхности на выходной границе зоны I—I).

На рис. 2 приведены графики $\bar{z}_r(r)$ и $\bar{h}(r)$, построенные с помощью зависимостей (2) и (3) при $R = 1$ ($\xi = \frac{2}{1+3}$) и $\bar{z}_r = 0$ для значений $\bar{r}_{\text{н}} = \frac{r_{\text{н}}}{h_0} = 1,5, 3, 6, 9$ и ∞ . Для их построения сначала с помощью зависимости (1) находили соответствующие выходной границе узкой зоны I—I ($j=1$) значения $\bar{z}_1$ и $\bar{h}_1 = \frac{h_1}{h_0}$, используя выбранные значения $\bar{r}_{\text{н}}$ и $\bar{z}_r = 0$.

Приняв в качестве предельных значения $\bar{z}_r = 1$ и $\bar{z}_r = \xi = \frac{2}{1+3}$, из решения системы уравнений (1)–(3) находили соответствующие предельным значениям $\bar{z}_r$ величины

$$\bar{h}_2 = \frac{h_2}{h_1}, \quad h_2 = \frac{h_2}{h_2}, \quad \bar{z}_1 \text{ и } \bar{r}_2 = \frac{r_2}{r_1} \quad (r_1 = r_0 + 0,5(h_0 - h_1)).$$

Из рис. 1 следует, что предельное значение радиуса срединной поверхности на выходной границе узкой зоны II—II равно

$$r_2 = r_1 + 0,5(h_2 - h_1) = r_1 \left[r_2 + \frac{h_2}{2r_0} [h_1 h_2 (1 - \bar{h}_2) - r_1 (1 - \bar{h})] \right], \quad (4)$$

а предельное значение коэффициента вытяжки —

$$m_{\text{н}} = \frac{1}{K_{\text{н}}} = \frac{r_2}{r_0} = r_2 + \frac{h_0}{2r_0} [h_1 h_2 (1 - \bar{h}_2) - r_2 (1 - \bar{h}_1)], \quad (5)$$

где, поскольку $r_0 = r_1 + 2r_{\text{н}} + 0,5(h_0 + h_2)$, значение

$$\frac{h_0}{2r_0} = \frac{1 - \bar{r}_2}{1 + h_1 h_2 + 4r_{\text{н}} - r_1 (1 - \bar{h}_1)} \quad (6)$$

На рис. 3 приведены графики зависимостей $m_n\left(\frac{h_n}{2r_0}\right)$ и $K_n\left(\frac{h_n}{2r_0}\right)$

В теории листовой штамповки [6 и др.] влияние изгиба и распрямления обычно учитывается двумя одинаковыми добавками, равными величине $\frac{h_n}{2(r_m + h_0)}$. Расчеты, выполненные с помощью зависимостей (1) — (3), показывают, что:

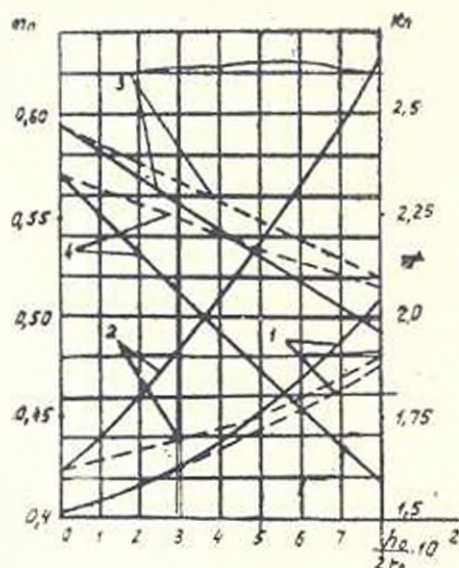


Рис. 3. Графики зависимостей $m_n\left(\frac{h_n}{2r_0}\right)$ и $K_n\left(\frac{h_n}{2r_0}\right)$, построенные с учетом добавки $\Delta\bar{\sigma}_r$ (сплошные линии) и без учета этой добавки (штриховые линии): 1 и 2 — m_n при $\bar{r}_n/r_0 = 1$ и $\frac{2}{\sqrt{3}}$; 3 и 4 — K_n при

$$\bar{r}_n/r_0 = 1 \text{ и } \frac{2}{\sqrt{3}}$$

разность текущих значений $\bar{\sigma}_r$, рассчитанных с учетом и без учета изгиба в сечении I—I, возрастает с уменьшением значения координаты $\bar{r}$ и оказывается всегда больше значения $\Delta\bar{\sigma}_r$. Так, когда $\bar{r}_n/r_0 = \frac{2}{\sqrt{3}}$ и $\bar{r}_m/r_0 = 1.5$, при $\bar{\sigma}_r = \bar{\sigma}_r$ эта разность, равная 0,205, в 1,42 раза больше значения $\Delta\bar{\sigma}_r = 0,144$ и в 1,64 раза больше величины $\frac{h_n}{2(r_m + h_0)}$:

вторая добавка $\Delta\bar{\sigma}_r = \bar{\sigma}_r - \bar{\sigma}_r$, учитывающая распрямление в сечении II—II, оказывается значительно больше первой, т. е. значения $\Delta\bar{\sigma}_r$ (при $\bar{r}_m/r_0 = 1.5$ и 1.6 раза).

Следовательно, суммарное расчетное значение всех добавок, учитывающих влияние изгиба и распрямления, значительно превосходит обычно принимаемое в теории листовой штамповки, равное величине

$$\frac{h_0}{2r_M + h_0} \quad [6] \quad (\text{в рассматриваемом примере при } r_M = 1,5 \text{ в } 1,73 \text{ раза}).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ренне И. П., Грдиян Г. Л. Напряженно-деформированное состояние, соответствующее стационарной стадии процесса реверсивной вытяжки // Изв. вузов. Машиностроение.—1974.—№ 7.—С. 135—139.
2. Грдиян Г. Л. Влияние анизотропии и упрочнения на изменение толщины стенки в процессе реверсивной вытяжки // Исследования в области пластичности и обработки металлов давлением: Межвуз. сб.—Тула: ТулПИ.—1974.—Вып. 2.—С. 77—81.
3. Грдиян Г. Л. Учет упрочнения и анизотропии при анализе стационарной стадии реверсивной вытяжки // Там же.—1975.—Вып. 3.—С. 21—30.
4. Ренне И. П., Грдиян Г. Л. Реверсивная вытяжка цилиндрических сосудов // Кузнечно-штамповочное производство.—1977.—№ 8.—С. 24—29.
5. Грдиян Г. Л. Анализ начального течения применительно к стационарной стадии процесса реверсивной вытяжки // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1982.—Т. 35, № 4.—С. 16—20.
6. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки.—М: Машиностроение, 1977.—277 с.
7. Карташов А. Ф., Ренне И. П. Элементарный анализ процесса стационарного изгиба // Изв. вузов. Машиностроение.—1980.—№ 5.—С. 105—111.
8. Грдиян Г. Л., Ренне И. П. Свободная реверсивная вытяжка (без матрицы) // Исследования в области пластичности и обработки металлов давлением:—Межвуз. сб.—Тула: ТулПИ.—1977.—С. 59—68.
9. Прагер В. Проблемы теории пластичности.—М: ГИФМЛ, 1956.—136 с.
10. Хилл Р. Математическая теория пластичности.—М: ГИТТЛ, 1956.—407 с.

ЕРНИИММ

15. II. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 2, 1991, с. 61—64

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.391.26

Г. Р. ЧУГУРЯН

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

Работа посвящена получению расчетных формул спектральных характеристик многомерных сигналов. Рассматривается алгоритм спектрального анализа и его программная реализация на языке ФОРТРАН-IV ЭВМ «Электроника 100/25».

Библиогр.: 2 назв.

Աշխատանքը նվիրված է բազմաչափ ազդանշանների տարրալուծականության հետազոտման հաշվարկային բանաձևերի ֆորմավորման և տարրալուծական վերլուծության ընթացակարգ և նրա ծրագրային իրականացումը «էլեկտրոնիկա 100/25» էՎՄ-ի շարքին IV լեզվով:

Известно, что решение задачи сбора и обработки экспериментальных данных связано с методами цифровой обработки сигналов

при помощи алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ). Существует ряд методов БПФ, обеспечивающих эффективную процедуру спектрального анализа при помощи дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [1].

В настоящее время разработаны численные методы приближенного вычисления амплитудных и частотных характеристик, не уступающих ДПФ. В вычислительной математике часто имеют дело с задачами приближенного представления и восстановления функций с не слишком большой гладкостью. Одним из классических методов решения такого типа задач является построение интерполяционного многочлена. К недостаткам использования многочленов можно отнести трудности их построения, а также тот факт, что коэффициенты таких многочленов очень быстро растут с возрастанием их степени. В последнее время при решении таких задач очень часто используются сплайны [2].

Целью данной работы является задача приближенного вычисления преобразования Фурье при помощи представления анализируемой трехмерной функции кубическим сплайном и составлен алгоритм для случая равномерного и неравномерного шагов дискретизации.

Пусть $D = (x, y, z: a \leq x \leq b, c \leq y \leq d, p \leq z \leq r)$ — некоторый параллелепипед в R^3 . Построим в D сетку $D_h = \{x_i, y_j, z_k: a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b, c = y_0 < y_1 < \dots < y_m = d, p = z_0 < z_1 < \dots < z_l = r\}$. Задача кусочно-кубической интерполяции функции $f(x, y, z)$, заданной в точках D_h , заключается в построении функции $g(x, y, z)$, удовлетворяющей условиям:

$$1) g(x, y, z) \in C^1(D),$$

$$2) \text{ для } \forall (x, y, z) \in [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}] \times [z_k, z_{k+1}]$$

$$g(x, y, z) = \sum_{i,j,k=0}^3 a_{i,j,k}^{(x,y,z)} (x_i - x)^i (y_j - y)^j (z_k - z)^k,$$

$$3) \text{ на сетке } D_h g(x, y, z) \text{ принимает заданные значения}$$

$$g(x_i, y_j, z_k) = f_{i,j,k} \quad (i = 0, \dots, n, j = 0, \dots, m, k = 0, \dots, l),$$

$$4) \text{ функция } g(x, y, z) \text{ удовлетворяет условию } \frac{\partial^2 g}{\partial \nu^2} = 0, \text{ где}$$

ν — внешняя нормаль к границе Γ области D .

Рассмотрим сначала задачу одномерной кубической сплайн-интерполяции на линиях сетки $x = x_i$ ($i = 0, \dots, n$), $y = y_j$ ($j = 0, \dots, m$). Тогда $g(x_i, y_j, z)$ является кусочно-кубической по z , а коэффициенты $N_{i,j,k}$ могут быть вычислены при решении $(n+1)(m+1)$ линейных алгебраических систем

$$\begin{aligned} \frac{h_k}{6} N_{i,j,k-1} + N_{i,j,k} (h_k + h_{k+1})/3 + N_{i,j,k+1} \frac{h_{k+1}}{6} = \\ = (f_{i,j,k+1} - f_{i,j,k}) h_{k+1} - (f_{i,j,k} - f_{i,j,k-1}) h_k, \\ N_{i,j,k-1} = 0, \quad N_{i,j,l} = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Далее зафиксируем точку (x_i, y_j, z) и построим одномерный сплайн, интерполирующий функцию $g(z, h_k, f)$ в тех точках y_j , для которых точки $(x_i, y_j, z) \in D$. В этом случае возникает необходимость определить $g_{yy}(x_i, y, z)$, которая является кусочно-кубической по z . Для этого нужно решить $(n+1)(m+1)$ одномерных задач на сетке D_h .

Нахождение сеточных значений $g_{yy}(x_i, y_j, z_k)$ требует решения $(n+1)(l+1)$ одномерных задач кубической сплайн-интерполяции на линиях $x = x_i$ ($i = 0, \dots, n$), $z = z_k$ ($k = 0, \dots, l$). Решив $2(n+1)(l+1)$ систем алгебраических уравнений типа (1), найдем коэффициенты $M_{i,j,k}$ и $K_{i,j,k}$, необходимые для построения $g_{yy}(x_i, y_j, z)$. Аналогичным образом определяются коэффициенты $P_{i,j,k}$, $R_{i,j,k}$, $C_{i,j,k}$, $F_{i,j,k}$, необходимые для построения $g_{xx}(x_i, y_j, z)$. Теперь можем найти функцию $g_{xx}(x_i, y, z)$, а значит и $g(x, y, z)$:

$$\begin{aligned} g(x, y, z) = & g_{xx}(x_{i-1}, y, z) \frac{(x_i - x)^3}{6l_i} + \\ & + g_{xx}(x_i, y, z) \frac{(x - x_{i-1})^3}{6l_i} + \left(g(x_{i-1}, y, z) - \right. \\ & \left. - \frac{g_{xx}(x_{i-1}, y, z) l_i^2}{6} \right) (x_i - x) / l_i + \left(g(x_i, y, z) - \frac{l_i^2}{6} \times \right. \\ & \left. \times g_{xx}(x_i, y, z) \right) / l_i. \end{aligned} \quad (2)$$

Для того, чтобы найти значения $g(x, y, z)$ в некоторой точке (x, y, z) , где $x \in [x_{i-1}, x_i]$, $y \in [y_{j-1}, y_j]$, $z \in [z_{k-1}, z_k]$, нужно решить $4(n+1)(m+1) + 2(n+1)(l+1) + (l+1)(m+1)$ линейных алгебраических систем, в результате чего найдем коэффициенты $M_{i,j,k}$, $N_{i,j,k}$, $K_{i,j,k}$, $C_{i,j,k}$, $P_{i,j,k}$, $F_{i,j,k}$.

Для приближенного расчета спектральных характеристик функции $f(x, y, z)$ рассмотрим ее аппроксимацию

$$f(x, y, z) = \begin{cases} 0, & x, y, z \notin [a, b] \times [c, d] \times [p, r], \\ \sum_{i,j,k=0}^3 a_{i,j,k} (x_i - x)^3 (y_j - y)^3 (z_k - z)^3, & (x, y, z) \in D. \end{cases} \quad (3)$$

Подставив выражение для приближенного представления (3) функции $f(x, y, z)$ в формулу

$$\begin{aligned} H(j\omega_x, j\omega_y, j\omega_z) = & \iiint f(x, y, z) \exp[-j(\omega_x(x_i - x) + \\ & + \omega_y(y_j - y) + \omega_z(z_k - z))] dx dy dz, \end{aligned} \quad (4)$$

получим следующее приближенное выражение комплексного спектра:

$$\begin{aligned} \bar{H}(j\omega_x, j\omega_y, j\omega_z) = \sum_{i,j,k} [& \Phi^{(1,1,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z) \sin(\omega_x l_i + \omega_y z_j + \omega_z h_k) + \\ & + \Psi^{(1,1,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z) \cos(\omega_x l_i + \omega_y z_j + \omega_z h_k) + \\ & + j(\Phi^{(1,2,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z) \cos(\omega_x l_i + \omega_y z_j + \omega_z h_k) - \\ & - \Psi^{(1,2,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z) \sin(\omega_x l_i + \omega_y z_j + \omega_z h_k))], \end{aligned} \quad (5)$$

где $\Phi^{(1,1,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ и $\Psi^{(1,1,k)}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ получаются из (4), но ввиду громоздкости в работе не приводятся.

Для краевых условий $\frac{\partial^2 g}{\partial v^2} \Big|_{\Gamma} = 0$:

$$|f(x, y, z) - g(x, y, z)| \leq B(\beta) \sum_{r=1}^3 \|\Delta_N^{(r)}\|^2 \omega^{(r)}(f, \|\Delta_N^{(r)}\|), \quad (6)$$

(r = 1, 2, 3),

где

$$\|\Delta_N^{(1)}\| = \max_{0 \leq i \leq n-1} (x_i - x_{i-1}), \quad \|\Delta_N^{(2)}\| = \max_{0 \leq j \leq m-1} (y_j - y_{j-1}),$$

$$\|\Delta_N^{(3)}\| = \max_{0 \leq k \leq l-1} (z_k - z_{k-1}),$$

$$\omega^{(r)}(f, \|\Delta_N^{(r)}\|) = \sup |f(x, y, z) - f(x', y', z')|,$$

sup берется по всем $(x, y, z), (x', y', z') \in D$ таким, чтобы

$$|x - x'| \leq \delta, \quad |y - y'| \leq \delta, \quad |z - z'| \leq \delta, \quad \delta \leq \|\Delta_N^{(r)}\|,$$

а $B(\beta)$ — константа, являющаяся абсолютной.

Тогда

$$\begin{aligned} |H(j\omega_x, j\omega_y, j\omega_z) - \bar{H}(j\omega_x, j\omega_y, j\omega_z)| & \leq \\ & \leq VB(\beta) \sum_{r=1}^3 \|\Delta_N^{(r)}\|^2 \omega^{(r)}(f, \|\Delta_N^{(r)}\|) \leq 3VB(\beta) \max_{1 \leq r \leq 3} (\|\Delta_N^{(r)}\|^2 \omega(f, \|\Delta_N^{(r)}\|)). \end{aligned} \quad (7)$$

В предложенном выше алгоритме нахождения функции $g(x, y, z)$ можно получить явное полиномиальное выражение $g(x, y, z)$ в каждой ячейке сетки, а затем, воспользовавшись формулой (5), найти спектральные характеристики (λ, μ, ν в данном случае будут принимать лишь два значения 1 и 3). Предложенный алгоритм вычисления спектральных характеристик программно реализован на языке Фортран ЭВМ «Электроника 100/25».

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинер Л. Б., Голд. Теория и применение цифровой обработки сигналов — М.: Мир, 1978. — 848 с.
2. Стечкин С. Б., Субботин Ю. И. Сплайны в вычислительной математике. — М.: Наука, 1976. — 234 с.

УДК 681.324

К. С. КАРАПЕТЯН

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЛВС
С СЕГМЕНТИРОВАННЫМ КОЛЬЦОМ

Приведена имитационная модель ЛВС с методом доступа «Сегментированное кольцо», позволяющая определить основные характеристики ЛВС в зависимости от входящего потока с учетом ряда факторов, в частности, величины «Зазора», имеющих существенное значение при проектировании ЛВС в каждом конкретном случае. Приведенные графики и таблицы иллюстрируют поведение ЛВС с сегментированным кольцом в разных условиях, а также результаты сравнительного анализа с аналитической моделью. Указывается, что важным преимуществом является то, что модель разработана на персональной ЭВМ с использованием системы СИМПАС, благодаря чему исследователям предоставляется дешевое, гибкое и эффективное средство изучения и обоснованного выбора ЛВС.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. 4.

Քվարկված են ներկայումս առկա հաշվողական ցանցերում (ՀՇ) օգտագործվող հիմնական հասանելիության մեթոդները: Բերվում է ավելի մանրացված օղակ (DIS 8302/7) հասանելիության մեթոդի նկարագրությունը, որը որոշ դեպքերում ունի ավելի լավ պարամետրեր, քան բնօրինակը CSMA/CD, Token Ring և Token Bus մեթոդները: ՀՀ-ի ուսումնասիրության համար մշակվել է նմանակային մոդել, որը թույլ է տալիս որոշել ՀՀ-ի հիմնական բնութագրերը, կախված մուտքային հոսքից, հաշվի առնելով մի շարք փոփոխականներ, մասնավորապես «հեղքվածքի» մեծությունը, որոնք ՀՀ-ն նախագծելիս ունեն կապակցություն:

Բերված գրաֆիկներն ու աղյուսակները ցույց են տալիս անդմենտացված օղակով ՀՀ-ի վարքագիծը տարբեր պայմաններում, ինչպես նաև վերլուծական մոդելի հետ համեմատական վերլուծման արդյունքները: Մոդելը մշակված է SIMPAS համակարգի կիրառությամբ անհատական էՀՄ-ի վրա, որի շնորհիվ հետազոտողներին տրամադրվում է լծան, հիմն ու արդյունավետ միջոց հետազոտությունների ու ՀՀ-երի ընտրության համար:

Одним из методов доступа ЛВС, принятых Международной организацией по стандартизации (МОС), является метод «Сегментированное кольцо» [1], имитационная модель которого приведена в статье. Целью моделирования явилось изучение параметров ЛВС, а также разработкам методов учета ряда факторов, влияющих на улучшение этих параметров.

Метод доступа «Сегментированное кольцо» предусматривает записанные кольцевого канала «сегментами», приведенными в табл. 1, посредством которых передается информация.

Таблица 1

P	F/E	M	DNA	SNA	DATA	II	RB	CB
1	2	3	4—11	12—19	25—35	36, 37	38—39	40

P — бит-преамбула,

F/E — признак полноты пустой,

M — бит монитора,

DNA — адрес получателя,

SNA — адрес отправителя,

DATA — поле данных,

II — признак информации,

RB — биты ответа,

CB — контрольный бит

О результатах приема сообщает поле «биты ответа» (RB), значения которых в зависимости от ситуации следующие: 00—станция занята, 01—пакет принят, 10—станция отвергает, 11—станция отключена. Более подробно метод доступа приведен в документе DIS 8802/7 [2], основные положения которого учтены при разработке ЛВС «Ани» и CITNet [3].

Существование стандарта не исключает ряд факторов, учет которых важен при проектировании и внедрении реальных ЛВС:

а) длина кабеля сети, изменением которого можно достичь повышения эффективности за счет уменьшения зазора кольца; б) допустимое количество повторов передачи пакетов информации, изменение которого может сократить нагрузку на сеть, уменьшив тем самым время транзакций; в) переполнение буферов передачи и приема, которого можно избежать, промоделировав характер входящего потока сообщений; г) величина сообщений, управлением которой также можно достичь повышения эффективной скорости передачи; д) размеры данных в сегментах, изменением которых достигается сокращение времени передачи больших сообщений; е) конфигурация последовательности соединения станций ЛВС, что может иметь существенное значение при передаче одиночных пакетов между определенными станциями и др.

Для изучения перечисленных факторов разработана имитационная модель ЛВС «Ани» с «Сегментированным кольцом» [3].

Входными данными модели являются: $nstation$ — количество станций в ЛВС, l — длина кабеля ЛВС (м), c — скорость распространения сигнала по физической среде (км/с), z — задержка на одну станцию (в битах); $nslot = \text{int}((l \times 10^4 : c + nstation \times z) : 43)$ — количество сегментов, $lslot$ — длина сегмента в битах (обычно = 40), $ntimes$ — время приема пакета из кольца в станцию (0,1 мкс), $prack$ — количество пакетов в одном сообщении.

Для отслеживания состояния станций ЛВС в модель вводится массив записей $s[1...nstation]$. В каждой записи регистрируется состояние данной станции с помощью следующих полей: $open$ — указывает на то, что станция включена, $srrec$ — состояние регистра приема пакета из сети, $polack$ — указывает на то, что станция отправила пакет и должна дождаться его возвращения.

В модели различают три типа транзактов: транзакты-сообщения, транзакты-пакеты и транзакты-сегменты. Параметрами транзактов являются служебные поля пакетов (F/E, MP, RB, SNA, DNA), а также текущий номер станции, через которую в данный момент проходит транзакт-сегмент.

Благодаря сходству алгоритма с реальной работой ЛВС удается получать результаты моделирования с учетом приведенных факторов. Основные параметры, получаемые из модели, следующие: $atime$ — среднее время передачи сообщений по сети, $onacc$ — время однократного доступа в сеть одной станцией, f — эффективность

кольца — доля пропускной способности для передачи данных (без учета служебной информации):

$$f = I_p \times (lslot - 24) : [ap(lslot - 3) + gap \times dp : nslot],$$

где I_p — количество „полных“ сегментов, ap — количество всех сегментов, прошедших через фиксированную станцию.

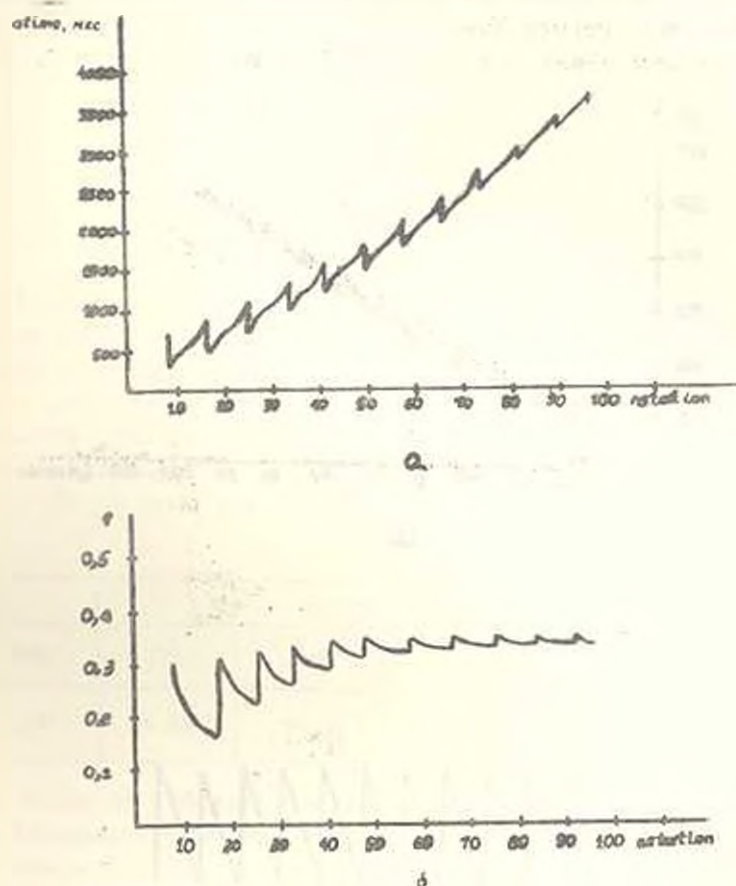


Рис. 1. Результаты моделирования: а) зависимость времени передачи сообщений от количества станций ЛВС, б) зависимость эффективности от количества станций ЛВС.

На рис. 1 и 2 приводятся результаты моделирования при постоянном наличии пакетов для передачи у всех станций. Результаты получены для следующих параметров сети: $l = nstation$ 50, $v = 220000$ км/с, $z = 3$, $timerc = 1$, $pack = 8$. Единицей модельного времени была принята длительность одного бита информации и кольцо — 0,1 мкс. $Nslot$ при прогонах изменялась от 1 до 17. Из всех графиков видно, что фактор длины имеет существенное влияние на выходные параметры модели. Их разброс относительно среднего значения уменьшается с увеличением числа станций в следующих пределах: $atime$ — 500—100 мкс, $opacc$ — 60—10 мкс, f — 0,14—0,012. Поскольку эти изменения имеют скачкообразный характер и зависят от

величины gap , то целесообразным является учитывать эту величину при проектировании конкретных ЛВС. Величина gap в модели вычисляется по формуле

$$gap = \text{frac} \{ l \times 10^4 : v + nstation \times z \} : 43,$$

где frac — функция, возвращающая дробную часть аргумента; $l \times 10^4$; $v + nstation \times z$ — длина кольца в битах; 43 — длина сегмента плюс интервал между сегментами.

График изменения gap отображен на рис. 26.

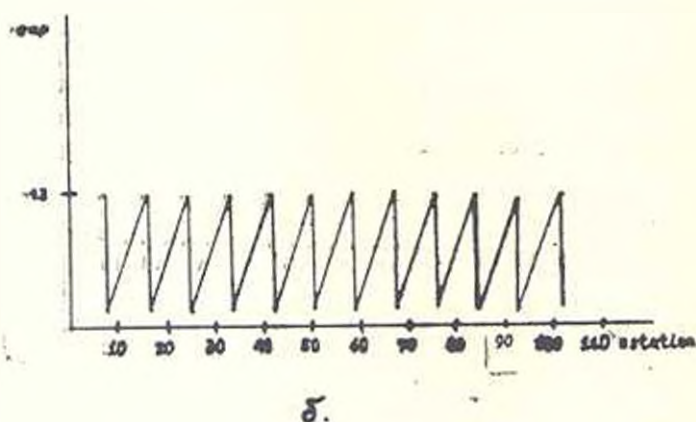
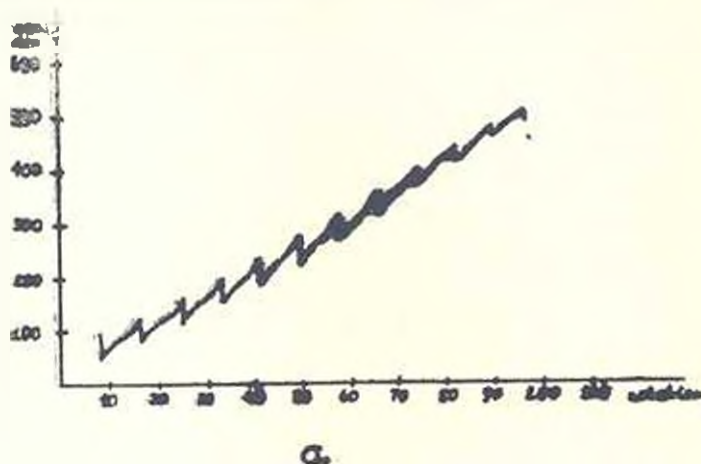


Рис. 2. Результаты моделирования: а) зависимость времени однократного доступа к ЛВС от количества станций б) изменение 'зазора' при увеличении размеров ЛВС

Поскольку $nstation$ является в большинстве применений заданной априоре величиной, то целесообразным является сокращать gap изменением длины кабеля ЛВС l . В случае, если сокращать l невозможно, необходимо ее увеличивать до появления в кольце нового сегмента. Результаты моделирования позволяют также учитывать максимально допустимые количества повторов передачи пакетов, а также величины буферов при разных нагрузках на сеть. С помощью модели

проведены исследования параметров ЛВС в зависимости от величины поля данных, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Размеры данных в сегментах (байт)	ρ	опас.	t
2	7313	115	0,276
4	6869	221	0,289
6	4411	221	0,434
8	3326	21	0,8

Результаты получены для $\text{prask} = 128$,
 $\text{station} = 2$ и $l = 1000$

В [1] приведена аналитическая модель сети с методом доступа «Сегментированное кольцо», основными выходами параметрами которой являются: среднее время передачи сообщений, время однократного доступа к сети и эффективность. В частности, приведены результаты при $\text{nstation} = 255$ (из которых 100 активны), $l = 100$ и на каждую станцию, задержке 4 бита на 100 м кабеля, скорости передачи 10 Мбит/с. Результаты для сравнения приведены в табл. 3.

Таблица 3

прас	t		Среднее опас		alltime	
	„Ани“	[1]	„Ани“	[1]	„Ани“	[1]
8	0,231	0,238	$3,05 \cdot 10^{-4}$	$5,65 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$4,01 \cdot 10^{-3}$

Как видно из таблицы, результаты двух исследований довольно близки. Небольшое различие связано с тем, что в [1] не учтены интервалы между сегментами.

Таким образом, модель позволила провести ряд исследований параметров, в частности, среднего времени передачи сообщений, времени однократного доступа к сети и эффективности ЛВС. Разработанная модель позволяет изучение ряда факторов, учет которых улучшает параметры ЛВС. Благодаря тому, что модель реализована на персональной ЭВМ типа IBM PC/AT (XT) с помощью системы имитационного моделирования на Паскале СИМПАС, исследователям предоставляется дешевое, гибкое, легко настраиваемое и эффективное средство для изучения поведения ЛВС и обоснованного выбора ее в реальных условиях пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трайнин С. Б., Левин А. В. Сравнение двух типов кольцевых ЛВС // АВТ.—1983.—№ 5.—С. 38—41.
2. Draft International Standard ISO/DIS 8807, 1986.

3. Карапетян К. С., Саакян К. А., Балманукян М. П. Транспортная станция локальной вычислительной сети «Ани» // Тез. докл. III Всесоюзной конф. ЛОКСЕТЬ-88, окт. 1988.—Рига, 1988.—С. 53—54.
4. King Peter J. B., Mirrahi Isi Modeling a Slotted Ring Local Area Network, IEEE Trans. on Comp. — 1987. may. — V, C 36. — P. 554—561.

НИО «Ани»

27. V. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 2, 1991, с. 70—74

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 665.637.73.53.072.11

В. В. БАГДАСАРЯН

СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ В ЗОНЕ РЕАКЦИИ

Показывая зависимость выходных целевых веществ от параметров процесса в одном и том же реакторе. С помощью зависимостей, полученных в виде математических моделей, составлен алгоритм, который служит для оптимального управления окисления газового бензина.

Табл. 1. Библиогр.: 3 изв.

Յուշը է տրված էլթալին նպատակային նյութերի կախվածությունը պրոցեսի պարամետրերից նույն սեպարատորում: Մաթեմատիկական մոդելների տեսքով ստացված կախվածությունների միջոցով կազմված է ալգորիթմ, որը ձառնարկ է դրոշալին բենզինի օքսիդացման օպտիմալ ղեկավարմանը:

Основной целью исследования было определение зависимости преимущественного выхода целевой кислоты в одном и том же реакторе в зависимости от параметров процесса. Выражение зависимости в виде математической модели позволяет составить алгоритмы для оптимального управления процессом окисления газового бензина.

Регрессионные уравнения составлялись для двух серий опытов по легкой фракции оксидата:

$$C < 50\%_0 \text{ (A)}, \quad 50\%_0 \leq C < 60\%_0 \text{ (B)}.$$

Определялись зависимости выходов муравьиной (y_1), уксусной (y_2) и пропионовой (y_3) кислот от температуры середины реактора и расхода шихты. Для составления математических моделей, определяющих в виде регрессионных уравнений зависимости выхода продуктов процесса от параметров, применялся упрощенный метод обработки данных пассивного эксперимента [1]. Для расчета приближенных оценок коэффициентов уравнения регрессии можно использовать и метод ортогональных матриц. Набрав нужное число строк, получаем возможность применить краткие формулы, которые используются при расче-

1. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов.—М.: Наука, 1965.—117 с.
2. Ахназарова С. Н., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии.—М.: Высш. школа, 1985.—159 с.
3. Багдасарян В. В. и др. Составление модели селективного окисления смесей парафиновых углеводородов до монокарбоновых кислот // Арм. хим. журн.—1986.—Вып. II.—С. 675—679.

ВЦ АН РА

25. VIII. 1989

Изв. АН Армении (сер. III), т. XLIV, № 2, 1991, с. 74—78.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.383.5.029.7

Н. С. АРАМЯН

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КРЕМНИЕВОГО МДП—ФОТОПРИЕМНИКА В РЕЖИМЕ РАВНОВЕСНОГО ОБЕДНЕНИЯ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА

Показывается, что кремниевый МДП—фотоприемник в режиме равновесного обеднения приповерхностной области полупроводника может обладать высокой чувствительностью на длине волны 0,9 мкм. Измеренное значение мощности, эквивалентной шуму, для МДП—фотоприемника на основе кремния КЭФ—4,5 в условиях ограничения чувствительности шумом усилителя равнялось $P_{\text{ш}} = 1,1 \cdot 10^{-13} \text{ Вт/Гц}^{1/2}$, а приведенной обнаружительной способности — $D^* = 3,2 \cdot 10^{12} \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{Гц}^{1/2}$. Делается вывод о том, что приведенные цифры можно значительно улучшить применением более совершенного усилителя. Анализируется влияние RC—цепочки с МДП—структурой в качестве емкости на шум усилителя.

Ил. 3. Библиогр.: 8 назв.

Ներկայ է արված, որ կիսահաղորդիչի մակերևութային շերտի միջավայրում համապատասխան ռեժիմում ՄԴՊ սիդիդիումային ընդունիչը 0,9 մկմ ալիքի երկարության լույսի նկատմամբ ունենալ ցածր զգայունություն։ Արժեքի համարժեք հզորության մեծությունը (սովորաբար աղմուկներով սահմանափակվածության պայմաններում) և բերված համարժեքականության ընդհանուր համապատասխանությունը համար է 1,1 · 10⁻¹³ Վտ/Հց^{1/2} և $D^* = 3,2 \cdot 10^{12} \text{ Վտ}^{-1} \cdot \text{սմ}^2 \cdot \text{Հց}^{1/2}$ ։

Фотоэффект в МДП—структуре (металл—диэлектрик—полупроводник) проявляется как уменьшение равновесного приповерхностного изгиба зон в полупроводнике при освещении (фото—э.д.с.) или возникновение фототока при освещении неравновесно-обедненной приповерхностной области полупроводника [1]. В последние годы этот эффект исследовался в связи с созданием на МДП—структуре элементов памяти большой емкости с оптической записью и считыванием информации [2, 3], а также фотоприемников, обладающих высокой чувствительностью [4—7]. В работе [6] сообщается, что кремниевый МДП—фотоприемник с площадью ~ 10 мкм² в режиме лавинного умножения имеет чувствительность ~ 10⁻¹⁴ Вт/Гц^{1/2} при быстросей-

Таблица

Результаты подбора строк для y_1, y_2, y_3

А	$\mathcal{L}$	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	$\bar{y}_1$	$S_l^2(y_1)$	$\bar{y}_2$	$S_l^2(y_2)$	$\bar{y}_3$	$S_l^2(y_3)$	Б	$\bar{y}_1$	$S_l^2(y_1)$	$\bar{y}_2$	$S_l^2(y_2)$	$\bar{y}_3$	$S_l^2(y_3)$
$\gamma_0 > \gamma$	1	—	—	—	—	8,60	0,32	38,10	3,13	12,75	0,90	$50\% < C < 60\%$	10,44	1,81	38,03	0,91	12,57	0,103
	2	—	—	—	—	8,85	0,41	36,30	4,72	11,23	1,02		9,31	0,66	37,80	0,52	14,20	0,930
	3	—	—	—	—	9,60	0,12	39,25	0,46	10,58	2,98		8,20	1,48	41,40	6,33	11,13	0,330
	4	—	—	—	—	8,61	0,39	38,10	0,43	10,24	0,45		8,91	0,33	37,70	0,95	13,53	1,920

сводится из уравнения регрессии. После этого уравнение регрессии для муравьиной кислоты принимает вид

$$y_1 = 9,19 - 0,43x_1 - 0,23x_1x_2. \quad (3)$$

Проверим адекватность уравнения (3) эксперименту по критерию Фишера. Дисперсия адекватности определяется по формуле:

$$S_{\text{ад}}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i^0 - y_i^1)^2 / (N - l), \quad \text{где } l = 3 - \text{число коэффициентов в (3)}. \quad \text{Тогда } F - \text{критерий равен: } F = S_{\text{ад}}^2 / S_{\text{эксп}}^2.$$

Табличное значение критерия Фишера для $P = 0,05$, $f_1 = N - l$ и $f_2 = f_{\text{эксп}} = F_{0,95}(1; 20) = 4,4$, т. е. уравнение регрессии адекватно эксперименту. В (3) в безразмерном масштабе подставим значения:

$$x_1 = (z_1 - z_1^0) \Delta z_1, \quad x_2 = (z_2 - z_2^0) \Delta z_2,$$

$$\text{где } z_j^0 = (z_j^{\text{max}} + z_j^{\text{min}}) / 2, \quad \Delta z_j = (z_j^{\text{max}} - z_j^{\text{min}}) / 2 \quad (j = 1, 2),$$

и получим уравнение регрессии в натуральных масштабах

$$y_1 = 57,34 - 0,3z_1 + 12,49z_2 - 0,07z_1z_2. \quad (4)$$

Уравнения регрессии для уксусной и пропионовой кислот в безразмерном масштабе имеют вид

$$y_2 = 37,9 + 0,68x_1 - 0,68x_1, \quad (5)$$

$$y_3 = 11,2 - 0,8y_1 - 0,5x_1, \quad (6)$$

которые адекватны эксперименту.

В натуральных масштабах уравнения (5), (6) примут вид

$$y_2 = 8,45 + 0,19z_1 - 0,74z_1, \quad (7)$$

$$y_3 = 55,85 - 0,23z_1 - 0,54z_1. \quad (8)$$

Серия Б, $50^\circ \text{C} \leq C \leq 60^\circ \text{C}$.

Муравьиная, уксусная и пропионовая кислоты в безразмерном масштабе

$$y_1 = 9,23 - 0,67x_1, \quad (9)$$

$$y_2 = 39,38 - 0,98x_1, \quad (10)$$

$$y_3 = 12,86 + 1,01x_1, \quad (11)$$

и в натуральном масштабе —

$$y_1 = 43,13 - 0,19z_1,$$

$$y_2 = 45,88 - 1,06z_1,$$

$$y_3 = 5,07 + 1,1z_1.$$

Уравнения (9), (10) и (11) адекватны эксперименту.

тах коэффициентов уравнения регрессии для ортогонального планирования из двух уровней

$$b_j = \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i / N, \quad (1)$$

где i — номер входной переменной, N — число опытов по ортогональной матрице, j — текущий номер опыта, x_i — входная переменная, y_i — выходная величина.

При небольшом числе строк исходной таблицы и большом числе входных параметров в преобразованной таблице может не оказаться достаточного числа строк, которых можно было бы свести в ортогональную матрицу. Для этого случая предлагается проводить искусственную ортогонализацию матрицы (соответствующее преобразование строк преобразованной таблицы).

Рассмотрим конкретный пример получения уравнения регрессии для муравьиной кислоты. Виды уравнения могут быть представлены так:

$$\text{Серия А. } G < 50\%_{\text{н}}$$

$$y_1 = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (1)$$

В каждой строчке матрицы планирования средние значения выхода муравьиной кислоты в оксидате получены по шесть измерений:

$$y_i^j = \sum_{a=1}^m y_{ia}^j / m, \quad (i = \overline{1, 4}, m = 6)$$

Проверим однородность дисперсий $S_i^2 = \sum_{j=1}^m (y_i^j - y_i^0) / (m - 1)$ по критерию Кохрена. Сумма дисперсий равна $\sum_{i=1}^N S_i^2 = 1,24$ ($N = 4$), а критерий Кохрена: $G = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^N S_i^2 = 0,33$ ($N = 4$). Для уровня значимости $P = 0,05$ и чисел степеней свободы $f_1 = 5$, $f_2 = 4$: $G < G_{\text{таб}}$, следовательно, дисперсии однородны.

Дисперсия производительности равна: $\sum_{i=1}^N S_i^2 / N = 0,31$ ($N = 4$), а числа степеней свободы: $f_{\text{воспр}} = N(m - 1) = 20$.

Коэффициенты уравнения регрессии определены по формуле

$$b_j = \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i^j / N \quad (j = 0, 1, 2, 1, 2, N = 4).$$

Определим ошибку коэффициентов: $S_{b_j}^2 = S_{\text{воспр}}^2 / Nm$ ($N = 4$; $m = 6$) и оценим значимость коэффициентов по критерию Стьюдента: $t_j = |b_j| \cdot S_{b_j}$ ($j = 1, 2, 1, 2$). Для $P = 0,05$ и $f_{\text{воспр}} = t_{0,05}(20) = 2,09$, т. е. $t_i < t_{0,05}(20)$, следовательно, b_i как незначимый коэффициент от-

нии $\sim 10^{-8}$ с. Недостатком лавинного МДП—фотоприемника является наличие «мертвого» времени, в течение которого он не реагирует на падающее излучение. Этому недостатка лишены МДП—фотоприемники в режиме равновесного обеднения приповерхностной области полупроводника, которые, однако, значительно уступают лавинным по быстродействию. МДП—фотоприемникам, работающим в режиме равновесного обеднения на основе Si, Ge и GaAs, посвящена работа [7]. Измерения авторами [7] обнаруживательная способность для кремниевых фотоприемника достигала значения $D^* = 1,5 \cdot 10^{12}$ см ВТ⁻¹ Гц^{-1/2} на длине волны $\lambda = 0,9$ мкм. Однако в [7] не конкретизируются источники шума, ограничивающего чувствительность МДП—фотоприемника, и не намечаются пути её повышения. Последнее и является целью настоящей работы.

Измерения проводились на МДП—структурах из кремния КЭФ—1,5 с термически выращенным слоем SiO₂ толщиной $\sim 0,1$ мкм. На слой SiO₂ напылялся полупрозрачный слой Al, пропускающий примерно 80% излучения на длине волны $\sim 0,9$ мкм. Контакт к полупрозрачному электроду был прижимной и с тыльной стороны контактом служил напыленный слой Ni. Эффект фото—з.д.с. во внешней цепи проявляется как увеличение емкости МДП—структуры при освещении. Схема, позволяющая получить сигнал с использованием роста емкости при освещении, представляла собой RC-цепочку с МПД-структурой в качестве емкости (рис. 1). Структура освещалась последовательностью прямоугольных импульсов излучения, с длительностью, равной половине периода следования. Источником излучения служил калиброванный светодиод марки АЛ106Б, и импульсы излучения получались прерыванием тока в цепи светодиода. Если выполнялось условие

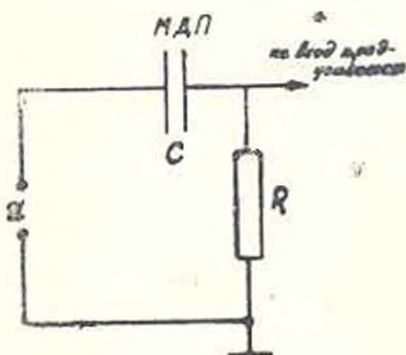


Рис. 1. Схема включения МДП—фотоприемника.

$$f_{\text{им}} \gg 1/RC, \quad (1)$$

где $f_{\text{им}}$ — частота следования импульсов излучения, на сопротивлении R возникал сигнал почти прямоугольной формы с амплитудой, равной величине фото—з.д.с.

Предусилитель был собран на полевом транзисторе КП1307Б, отобранном из серии однотипных транзисторов по максимальной крутизне и наименьшему току затвора. Шумы на выходе усилителя измерялись селективным нановольтметром типа 237 «Пирапа». К структуре прикладывалось напряжение обедняющей полярности U , равное 3В.

В силу условия (1) RC-цепочка на входе обеспечивает подавление теплового шума сопротивления R и дробового шума тока затвора

на частоте сигнала. Источниками шума, действующими на входе, в этих условиях являются флуктуации напряжения питания U и емкости МДП—структуры. При хорошо стабилизированном питании единственным источником шума остаются флуктуации емкости МДП—структуры, которые, как известно, связаны с наличием ловушек в слое SiO_2 и приповерхностной области полупроводника. Поэтому для получения высокой чувствительности первостепенное значение имеет совершенство границы раздела полупроводник—диэлектрик.

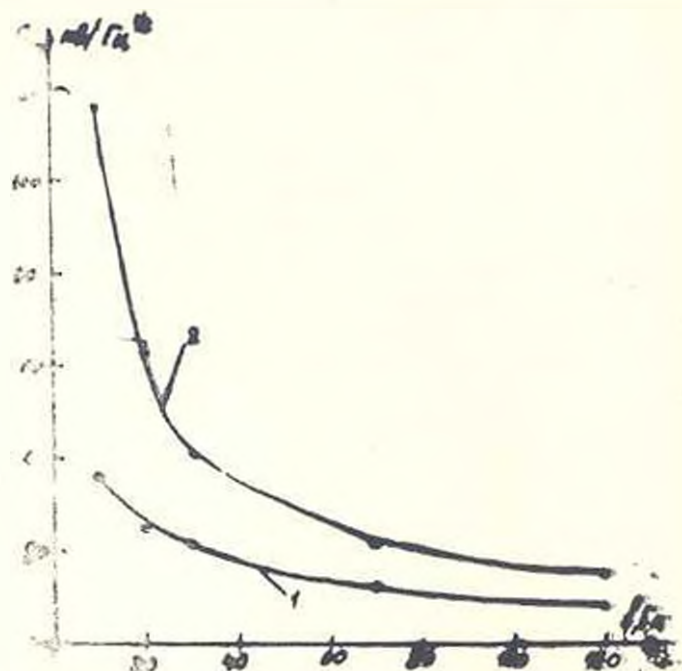


Рис. 2 Спектральные плотности напряжения шума, приведенного ко входу усилителя, от частоты на входе: при $\omega \ll 1/RC$ (1) и с RC -цепочкой (2)

На рис. 2 представлены зависимости спектральной плотности напряжения шума. При замене МДП—структуры на RC -цепочке обычным керамическим конденсатором величина шума не менялась, т. е. примененная МДП—структура не вносила вклада в шум усилителя. Рост спектральной плотности шума при подключении RC -цепочки на вход усилителя можно объяснить тем, что на частотах, значительно меньших частоты сигнала ($f \ll 1/RC$), флуктуации тока затвора полевого транзистора создают на сопротивлении R шумовое напряжение, которое модулирует на низкой частоте проводимость канала транзистора. Это приводит к низкочастотной модуляции мгновенного значения шума на выходе, т. е. спектр низкочастотного шума с $f \ll 1/RC$ переносится на частоту сигнала.

На рис. 3, представлены зависимости сигнала фото—э.д.с. от мощности задающего излучения. Ход кривых согласуется с физическим механизмом возникновения фото—э.д.с., согласно которому её

величина при относительно больших мощностях падающего излучения должна стремиться к насыщению [1]. Слабая сублинейность кривых на рис. 3 связана с тем, что они значительно удалены от участка насыщения вследствие малости мощностей падающего излучения. Измеренное значение мощности, эквивалентной шуму, для МДП-фотоприемника с площадью $\sim 12 \text{ мм}^2$ на частоте прерывания излучения 10 Гц равнялось $P_{\text{экв}} = 1.1 \cdot 10^{-11} \text{ Вт/Гц}^2$, а приведенной обнаружительной способности $D^* = 3.2 \cdot 10^2 \text{ Вт}^{-1} \text{ см}^2 \text{ Гц}^{-1/2}$ на длине волны $\lambda = 0.9 \text{ мкм}$. Приведенные цифры могут быть значительно улучшены

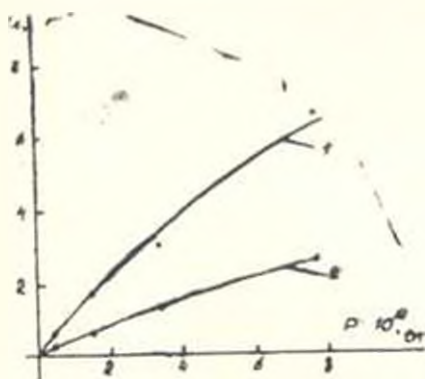


Рис. 3. Зависимость сигнала (штрих-пунктир) и шума (сплошная линия) от мощности падающего излучения при: 1 — $f_{\text{ш}} = 10 \text{ Гц}$, 2 — $f_{\text{ш}} = 20 \text{ Гц}$

при уменьшении шума усилителя. Известно, например, что современные полевые транзисторы с р-n переходом имеют значение напряжения шума примерно на порядок меньше, чем приведенное выше нами [8]. Учитывая, что МДП-структуры можно создавать также на основе других полупроводников (известны, например, структуры на Ge , GaAs , InSb , HgCdTe), можно заключить, что они весьма перспективны в качестве высококачественных фотоприемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ржаков А. В. Электронные процессы на поверхности полупроводников. — М. Наука, 1971. — 480 с.
2. Вавилов В. С., Плотников А. Ф., Шубик В. Э. Перезарядка ловушек оксида InSb в структурах Au -оксид InSb - InSb // Физика и техника полупроводников. — 191. — Вып. 11. — С. 2064—2069.
3. Исследование разрешающей способности структур металл-нитрид-оксид-полупроводник при записи и считывании оптической информации / А. Б. Кравченко, А. Ф. Плотников, В. И. Селезнев и др. // Квантовая электроника. — 1974. — № 10. — С. 2291—2293.
4. Abdou Ali A., Habib S. P-D optically induced inversion in the MIS solar cell // Solid-State Electronics. — 1986, 29. — № 7. — P. 751—754.
5. Singh V. K., Pal A. R. Optically controlled switching characteristics of silicon MESFETS // Solid-State Electronics. — 1987, 30. — № 3. — P. 267—272.

6. Полупроводниковые фотоприемники и проект экспериментов по глубоководному детектированию мюонов и нейтрино проект Дьюманд // И. М. Железных, А. Ф. Полотиников, З. Я. Садылов и др. // Краткие сообщения по физике.—1984.—№ 5—С. 19—22.
7. Photosensitive MIS infrared detector/A. S. G. R. F. F. F. F., S. S.-M. Lu et al., Appl. Phys. Lett. — 1978, 32 — № 11. — P. 71—715.
8. Нетцер Н. Проектирование маломощных усилителей // ТИИЭР. — 1981.—№ 6—С. 58—74.

Изв. АН Армении (сер. III), т. XLIV, № 2, 1991, с. 78-81

УДК 534.852.2(088.8).631.846.7(088.8)

КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИКИ ЗАПИСЫВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ

Ил. 1. Библиогр. 4 издв.

При записи с высокочастотным подмагничиванием (ВЧП) нелинейные искажения характеризуются четными гармониками, из которых наиболее выражена третья. В первом приближении характеристика намагниченности носителя при магнитной записи с ВЧП может быть выражена функцией вида [1]

где l_i — намагниченность носителя, H — поле записывающей головки, a_1 и a_2 — постоянные.

В данной работе поставлена цель—изучение коэффициента третьей гармоники записывающей головки. Пусть амплитуды этой гармо-

рика во время записи с ВЧП равна $H_{\text{но}}$, амплитуда поля ВЧП $-H_{\text{нод}}$, а коэффициентная сила носителя $-H_c$. Для остаточной намагниченности в случае синусоидального сигнала можно записать [3]

$$J_1 \approx \frac{J_2 H_{\text{нод}}}{4 H_{\text{нод}}} \sin(3\omega t + \varphi), \quad (1)$$

где J_2 — намагниченность насыщения, ω — несущая частота, φ — фазовый сдвиг, зависящий от характеристик записывающей головки. В нашем случае $H_{\text{нод}} \gg H_{\text{нод}}$, т. е. в элементарных слоях носителя от носительных фазовых сдвигов нет. Пусть в таких условиях амплитуда третьей гармоники намагниченности носителя меняется следующим образом:

$$J_2 = \frac{a_2}{H_{\text{нод}}^2} H \sin(3\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где a_2 — коэффициент носителя, $a_2 \gg 1$, φ — фазовый сдвиг. Тогда амплитуда намагниченности третьей гармоники, обусловленная только носителем и амплитудой третьей гармоники записывающей головки, может быть записана $J_3 = J_2 + J_1$. С учетом (1) и (2)

$$J_3 = \frac{a_2}{H_{\text{нод}}^2} H^2 \sin(3\omega t + \varphi) + \frac{J_2 H_{\text{нод}}}{4 H_{\text{нод}}} \sin(3\omega t + \varphi). \quad (3)$$

Как видно из (3), при сравнительно больших значениях ВЧП первый и второй члены по порядку могут совпадать и поскольку φ и φ меняются независимо друг от друга, то в коэффициенте третьей гармоники могут появляться дополнительные локальные минимумы и максимумы. На сравнительно больших частотах нелинейные искажения носителя возрастают [1] и, следовательно, дополнительные локальные экстремумы могут не появляться.

На рисунке приведены результаты экспериментов, которые проводились с помощью головок типа 6A24510 и 6B24510, носитель — лента типа А4409-6Б, скорость движения — 9,53. Дополнительные экстремумы при этом наблюдались только на сравнительно низких частотах.

Из (3) видно, что когда $H_{\text{нод}} \approx H_{\text{нод}} \max (H_{\text{нод}})$, т. е. значение подмагничивающего поля, соответствующее точке дополнительного максимума третьей гармоники (рис.) и второй член в выражении (3) намного больше первого, вместо (3) можем использовать (1), но из [4] при низких частотах для э.д.с. можно записать

$$\varepsilon(t) = \frac{d}{dt} \Phi(x) \approx c \frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{a+dt} dy \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-x) J_3 dt,$$

где $t = v_3 t$, v_3 — скорость носителя, a — неконтакт, d — толщина рабочего слоя носителя. Тогда для среднеквадратичных значений э.д.с. получим

$$H_{2,1} = c \frac{2\sqrt{2} H_{\text{нод}}}{3\omega J_2} \varepsilon \quad (4)$$

Как видно из (4), с увеличением ω амплитуда третьей гармоники записывающей головки уменьшается и физически это объясняется тем, что с увеличением частоты потери в записывающей МГ возрастают

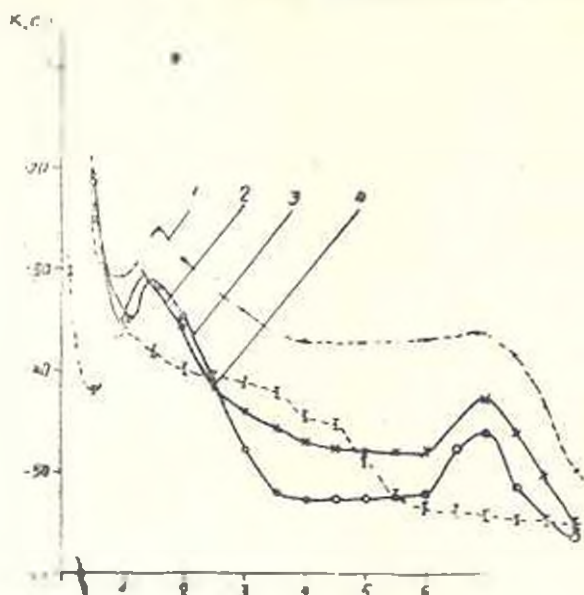


Рис. 5. Экспериментальная зависимость $K = I_{\text{пол}} - I - I_{\text{пол}} = 0,58$, $f = 600$ Гц.
 2 — $I_{\text{пол}} = 0,5$, $f = 600$ Гц; 3 — $I_{\text{пол}} = 0,5$, $f = 1000$ Гц; 4 — $I_{\text{пол}} = 0,5$, $f = 500$ Гц.

Если для Ф(·) использовать выражение [4]

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_0^{\infty} \eta(l, y) J_2(x - l, y) dl,$$

где $\eta(l, y) = \frac{1}{2\pi} \left[\arctg \frac{l + \delta}{y} - \arctg \frac{l - \delta}{y} \right]$, δ — зазор воспроизводящей головки, то для H_{23} получим

$$H_{23} = \frac{2z I_{\text{пол}} \sqrt{2}}{\alpha k_1 k_n k_d 3^{\alpha}} \quad (5)$$

где $k_1 = [\sin(\alpha\delta)]^{\alpha}$ — целевая функция, $k_n = e^{-\alpha\delta}$, $k_d = 1 - e^{-\alpha\delta}$ — коэффициенты контактных и слойных потерь.

Для сравнительного анализа из (5) можно записать

$$H_{23} = \frac{H_{21}}{3} \frac{z_2}{z_1} \frac{k_1 k_{11} k_{1d}}{k_n k_{2n} k_{2d}} \quad (6)$$

где k_{11} , k_{1d} , k_{2n} , k_{2d} , k_1 , k_{21} — коэффициенты целевых, контактных и слойных потерь воспроизведения первой и третьей гармоник соответственно; H_{21} , H_{23} и z_1 , z_2 — амплитуды и среднеквадратичные э. д. г. первой и третьей гармоник сигнала записи.

При сравнительно низких частотах из (6) получим

$$H_{23} = H_{21} \bar{\epsilon}_3 / 3\epsilon_1. \quad (7)$$

Если $f \rightarrow \infty$, $\delta \rightarrow 0$, пренебрегая щелевыми потерями, запишем

$$H_{23} = H_{21} \bar{\epsilon}_2 / \epsilon_1. \quad (8)$$

Из (7) и (8) можно сказать, что разность потерь на высоких и низких частотах не превышает 10 дБ. Для нахождения значений дополнительных экстремумов продифференцируем по $H_{\text{пол}}$ (3) и приравняем к нулю (предполагается, что при этом φ не зависит от $H_{\text{пол}}$). Из этого выражения следует, что условие $\gamma \gg 2$ справедливо.

Таким образом, доказано существование дополнительных экстремумов третьей гармоники, обусловленных магнитным носителем и записывающей головкой, и получено аналитическое выражение для оценки амплитуды третьей гармоники записывающей головок. Результаты работы можно использовать при разработке специальных записывающих МГ для оценки амплитуды третьей гармоники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бургов В. А. Теория фонограмм.—М.: Искусство, 1984.—303 с.
2. Вопросы магнитной записи электрических сигналов /Сб. ст. под ред. И. Е. Горюнов.—М.: Связь, 1973—208 с.
3. Физические основы магнитной звукозаписи /А. А. Вроблевский, В. Т. Корольков, Я. А. Мазо и др.—М.: Энергия, 1980.—427 с.
4. Аксенов В. А., Вичес А. И., Гитлиц М. В. Точная магнитная запись.—М.: Энергия, 1973.—280 с.

СКБ АПО «Электрон»

23. IX. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 2, 1991, с. 81—84

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.547+66.096.5

Р. Е. АКОПЯН, Р. М. МИРЗАХАНЫАН, С. Е. СИРАДЕГЯН, Я. А. АЛМАСЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ НА ТРЕНИЕ ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТЕ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛОТНОМ СЛОЕ

На основе экспериментальных данных и теоретических исследований выведено уравнение для определения потери давления на трение при пневмотранспорте порошкообразных сыпучих материалов в плотном слое.

Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

Տարբեր փոշիանման նյութերի հետ կատարված փորձերի տվյալների և տեսական հետազոտությունների հիման վրա արտադրված է բանաձև՝ այդ նյութերի խիտ շերտով պինդափոխղրման ժամանակ շրման վրա ճնշման կորուստները որոշելու համար:

Применение пневмотранспорта различных сыпучих материалов по трубопроводам имеет большое значение в различных отраслях промышленности. Существующие в настоящее время способы пневмотранспорта в разбавленном слое аэросмеси отличаются низкой концентрацией твердых частиц в движущейся аэросмеси и высокими скоростями этой смеси [1, 2]. Предложенный нами способ пневмотранспорта с высокой концентрацией твердой фазы [3, 4] позволяет сократить расход несущего воздуха, что в свою очередь приводит к уменьшению энергетических затрат и облегчению очистки несущего воздуха от твердых частиц.

Цель настоящей работы—на основе опытных данных с различными порошкообразными материалами дать обобщенную расчетную формулу для определения потерь давления на трение при пневмотранспорте этих материалов в плотном слое.

Эксперименты проводились на установке по схеме рис. 1.

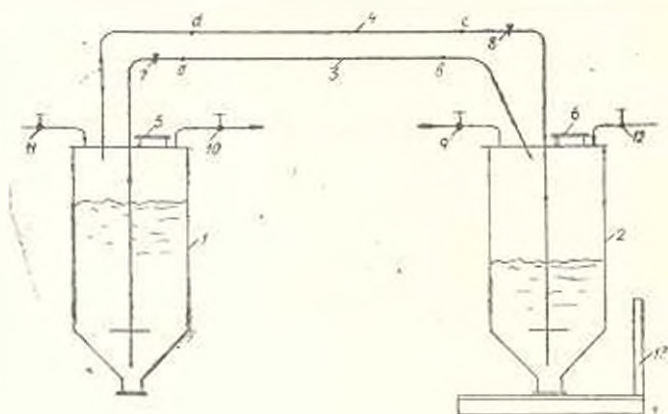


Рис. 1. Схема пневмотранспортной установки.

Были испытаны транспортные трубы диаметрами $D = 5,8, 7,1$ и $12,1$ мм и длиной $1,5$ м. Значения среднего диаметра d и плотности ρ_1 частиц подвергаемых пневмотранспорту материалов приведены в табл. 1

Таблица 1
Характеристики порошкообразного материала

Материал	d , мм	ρ_1 , кг/м ³
Металлизированное топливо	62	2100
Пыль с печей выплавки марганца	65	3562
Углеродистый ферромарганец	102	3641

Результаты пневмотранспорта металлизированного топлива приведены в табл. 2. Здесь Q_0 —расход воздуха в условиях атмосферного

давления. G —расход материала, v_c и ρ_c —скорость и плотность аэро-
смеси:

$$v_c = (G/\rho_r + Q)/F, \quad \rho_c = \{G/[G/\rho_r + Q], \quad (1)$$

где Q —расход воздуха при среднем давлении в рассматриваемом
участке $a-b$ (или $c-d$). F —поперечное сечение транспортной
трубы.

Таблица 2

Данные пневмотранспорта металлизированного топлива
($D = 5,8$ м и $L = 87$ см)

Давление, мм рт. ст				G , кг/с	Q_0 , см ³ /с	v_c , м/с	ρ_c , кг/м ³
p_1	p_a	p_b	$\Delta p_1 = p_a - p_b$				
100	37	19	18	13,1	57	2,30	216
120	48	20	28	21,7	69	2,68	285
150	58	28	30	22,1	80	3,23	261
175	66	34	32	25,8	95	3,80	256
200	75	40	35	30,2	110	4,39	260

Выяснилось, что на величину потерь давления на трение Δp_1
влияют: ρ_c , ρ_r , v_c , D , d , скорость питания частиц c_0 , вязкость среды
 η , а также ускорение силы тяжести g и длина участка трубопро-
вода ΔL . Пользуясь методом анализа размерностей, представим эту
зависимость в виде безразмерных комплексов

$$\frac{\Delta p_1}{g \rho_c \Delta L} = C \left(\frac{v_c D \rho_c}{\eta} \right)^x \left(\frac{d}{D} \right)^m \left(\frac{\rho_c}{\rho_r} \right)^z \left(\frac{c_0 D \rho_c}{\eta} \right)^n. \quad (2)$$

В уравнение (2) представлены модифицированные критерии Рей-
нольдса для потока аэросмеси и частиц:

$$Re = v_c D \rho_c / \eta, \quad Re_0 = c_0 d \rho_c / \eta. \quad (3)$$

Результаты опытов пневмотранспорта указанных в табл. 1 мате-
риалов обобщены на рис. 2. Обработкой экспериментальных данных
методом наименьших квадратов найдены значения коэффициента
 $C=1,4$ и показателей $x=0,5$, $m=1,21$, $z=0,28$ и $n=-0,35$. Корреля-
ционный график, подтверждающий точность уравнения (2), приведен
на рис. 2, на оси ординат которого отложены значения

$$y = \left[\frac{\Delta p_1}{g \rho_c \Delta L} \left(\frac{D}{d} \right)^{1,21} \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,28} Re_0^{0,35} \right] \cdot 10^{-2}.$$

Уравнение для определения Δp_1 представляется в виде

$$\Delta p_1 = 1,4 Re^{0,5} \left(\frac{D}{d} \right)^{1,21} \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,28} Re_0^{-0,35} \rho_c g \Delta L. \quad (4)$$

Значение Re_0 определяется по единой формуле Тодеса [5]:

$$Re_0 = Ar'(18 + 0,575 \sqrt{Ar}).$$

а критерий Архимеда

$$Ar = a^3 g (\rho_r - \rho_0) / \eta^2.$$

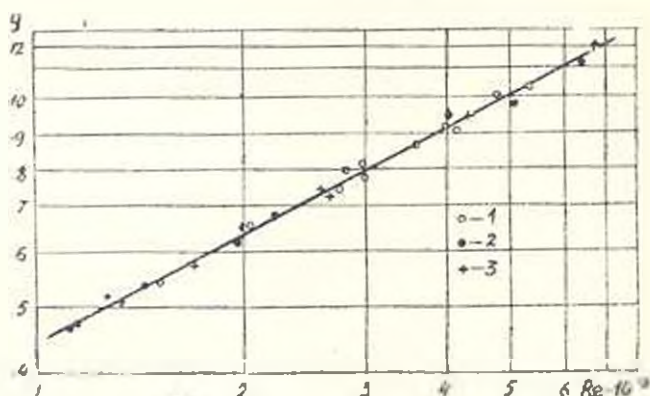


Рис. 2. Корреляция данных по потерям давления при движении аэро- смеси по трубам диаметрами $D = 5,8, 7,1$ и $1,1$ мм: 1 — металлургическое топливо, 2 — пыль с печей выплавки марганца, 3 — углеродистый ферромарганец

Полученное уравнение (4) позволяет для инженерных расчетов достаточно точно определить сопротивление трения при движении аэросмесей газ-твердые частицы по трубам и аппаратам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубурдин А. И., Жомат Е. В. Пневмотранспорт в резиновой промышленности.— М.: Химия, 1983—161 с.
2. Куний Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдооживление.— М.: Химия, 1976—447 с.
3. Гаспарян А. М., Алмасян Я. А., Аюлян Р. Е. Трение аэросмесей в трубопроводах // Сб. ст. НИИ прикл. мат. и мех. Томск. ун-та.—Томск.—1971.—С. 19—20.
4. Аюлян Р. Е., Манукян С. И. Использование статистических тестов для определения коэффициента трения при пневмотранспорте в плотном слое // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1979.—Т. XXXII.—№ 3.—С. 54—59.
5. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.—М.: Химия, 1973—750 с.

ЕрПН

5. IV. 1990

УДК 699.841

Г. С. ГЕВОРКЯН

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
С ГРУНТОМ ОСНОВАНИЯ

Представлена взаимосвязь между существующими под зданиями и сооружениями статическими и сейсмическими напряжениями.

Библиогр.: 6 назв.

Կենտրոնական և շրջակայ տարածքների տակ գոյություն ունեցող ստատիկ և երկրաշարժային լարումների փոխադարձ կապը:

В настоящее время достоверной методики для полной оценки взаимодействия зданий и сооружений с грунтом основания не существует, поэтому исследователи чаще всего прибегают к приближенным методам, одним из которых является так называемый метод напряжений [1], в основе которого лежит следующая гипотеза: здание или сооружение по сравнению с поверхностью земли можно рассматривать как сосредоточенную или распределенную нагрузку. С помощью этого метода определяется взаимосвязь между существующими под зданиями и сооружениями статическими и сейсмическими напряжениями. В работах [2, 3] определены продольные сейсмические напряжения с учетом и без учета рассеивания энергии, а в [4] — поперечные сейсмические напряжения. При определении сейсмических напряжений сделаны допущения с учетом распространения сейсмических волн типа синусоидальных. Статические напряжения могут быть определены по задачам теории упругости (задачи Буссинеска или Фламана) [5].

В работе [6] развит метод определения смещений и напряжений при действии возмущения типа импульса или сосредоточенной гармонической силы, в основу которого положено решение статической задачи Буссинеска для полупространства, однако не определена взаимосвязь между существующими статическими и динамическими напряжениями. В теории сейсмостойкости, в связи с трудными и сложными вычислениями продольные и поперечные волны и соответствующие им напряжения рассматриваются раздельно. В действительности эти волны и напряжения воздействуют на здания и сооружения одновременно. Принятая нами гипотеза дает возможность рассматривать эти напряжения совместно и установить взаимосвязь между существующими статическими и динамическими (сейсмическими) напряжениями, что имеет важное значение при оценке взаимодействия зданий и сооружений с грунтом основания.

При одновременном рассматривании воздействий продольных и поперечных волн для напряжения получено следующее выражение:

$$\sigma_z = \frac{F}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{T_1 \sigma_{01}}{G} \right)^2 + \left(\frac{T_2 \sigma_{02}}{2G(1+\mu)} \right)^2} \quad (1)$$

где E — модуль упругости, T_1 , a_{01} и C_1 — период колебаний, ускорение и скорость распространения продольных волн, a_{02} и C_2 — ускорение и скорость распространения поперечных волн, μ — коэффициент Пуассона.

Более важными являются продольные напряжения и в расчетах в основном используются их значения. В нашем случае после видоизменения (1) будем иметь

$$\sigma_1 = ET_1 a_{01} / 2\pi C_1. \quad (2)$$

Полное статическое напряжение от сосредоточенной нагрузки [5] равно

$$\sigma_c = 3P / 2\pi d^2, \quad (3)$$

где P — величина сосредоточенной силы, d — глубина рассмотренной точки.

Возможны следующие варианты:

1. $\sigma_1 > \sigma_c$ — при сильных землетрясениях,
2. $\sigma_1 = \sigma_c$ — при слабых землетрясениях,
3. $\sigma_1 < \sigma_c$ — при очень слабых землетрясениях.

При землетрясениях, когда система сооружение-грунт (ССГ) находится в равновесии, будет иметь место 2-ой случай:

$$a_{01} = 3PC_1 / 2\pi T_1 d^2. \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что сейсмическое ускорение зависит от скорости распространения волн, нагрузки, глубины залегания фундаментов и периода колебаний.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Геворкян Г. С. Сейсмостойкость АЭС // Гитутюн еп техника (на арм. яз.). — 1985. — № 6. — С. 9—12.
2. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил — Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1959. — 283 с.
3. Хачиян Э. Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. — Ереван: Айастан, 1973. — 328 с.
4. Акопян Г. А., Геворкян Г. С. Об одном вопросе учета взаимодействия фундаментов сооружений атомной электростанции с грунтом основания для обеспечения безопасной ее эксплуатации в условиях сейсмичности // Тез. докл. IV науч.-тех. конф. молод. уч.-Ереван, 1985. — С. 24—25.
5. Тимошенко С. П., Гидьер Дж. Теория упругости. — М.: Наука, 1979. — 560 с.
6. Кац А. Э., Пучков С. В. Метод статически эквивалентных сил в применении к задаче о колебаниях // Тр. сейсмолог. ин-та АН СССР — 1947 — № 119 — 26 с.

УДК 621.385.539.216

Л. Е. САРКИСЯН, М. В. МАРТИРОСЯН, Э. Р. ПИЛИПОСЯН, С. Г. АСАТРЯН

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА МАГНИТНОМЯГКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ ДЛЯ СЕРДЕЧНИКОВ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Рассматривается технология получения и свойства магнитномягкого композиционного материала, отличающегося повышенной износостойкостью. Показано, что покрытие стандартного пермаллоя тугоплавкими соединениями значительно повышает износостойкость сплава, не ухудшая его магнитные свойства.

Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

Բնորոշված է րաբար մաշակայունությամբ օժտված մագնիսափափուկ կոմպոզիցիոն նյութի ստացման տեխնոլոգիան ու նրա հատկությունները ծուլը և տրված, որ շափոթաշարին պրմաշարի պատմը դժվարահալ միացություններից զգալի չափով բարձրացնում է համաժողովածի մաշակայունությունը, թուլացնելով նրա մագնիսական հատկությունները:

Для изготовления сердечников магнитных головок (МГ) магнитофоны широко используются пермаллои марок 79НМ, 81НМА и др. Эти сплавы характеризуются наивысшей магнитной проницаемостью в слабых полях и достаточной индукцией насыщения. Однако, невысокая их износостойкость обуславливает небольшой срок службы МГ. Сравнительно высокой твердостью и износостойкостью обладают ферритовые и селдастовые МГ, но они сравнительно дороги и используются в аппаратах высокого класса.

В настоящей работе рассмотрена проблема износостойкости МГ путем создания сердечника МГ со слоистой структурой, состоящей из пластин пермаллоя 81НМА с тонкопленочным износостойким покрытием.

Выбор пермаллоя 81НМА в качестве магнитомягкой основы композиционного материала обосновывается тем, что этот сплав, помимо хороших магнитных свойств, имеет также повышенную стойкость к воздействиям механических напряжений [1].

Были изучены два типа тонкопленочных покрытий: из оксида алюминия (Al_2O_3) и нитрида титана (TiN). Пленки Al_2O_3 были получены методом высокочастотного магнетронного распыления в установке УРМЗ.279.014. Распыление, режим которого был выбран из условий получения хорошей адгезии и высокой микротвердости пленки, производилось при остаточном давлении аргона $(2...3) \cdot 10^{-1}$ Па, анодном токе ВЧ-генератора 0,65...0,70 А, температуре подложки 100...150°C со скоростью 1,5 мкм/ч.с. Пленки TiN были получены в установке УРМЗ.279.048 методом дугового напыления в атмосфере азота при

остаточном давлении $(7...8) \cdot 10^{-1}$ Па, токе дулы 0,15...0,20 А со скоростью напыления 2,5...3,0 мкм/мин.

В качестве подложек для нанесения покрытий использовались пластины размером 60×45 мм из пермаллоя 8НМА толщиной 0,1 мм, в которых посредством фотолитографии и травления был сформирован рисунок, содержащий 42 пластины сердечника магнитной головки 3Д24.52IV. Перед нанесением покрытий пластины отжигались в вакууме при 850°C в течение 3 ч. Было изучено фазовое состояние покрытий рентгенометрическим методом на дифрактометре ДРОН-2.0 в медном K_α -излучении. Расшифровка рентгенограмм показала, что пленки оксида алюминия представляют по своей структуре нестехиометрический оксид, соответствующий формуле Al_xO_y , а пленки нитрида титана имеют фазовый состав, близкий к TiN.

Воздействие покрытий на магнитные свойства пермаллоя 8НМА было изучено посредством измерения начальной магнитной проницаемости кольцевых образцов. Измерения μ_0 проводились методом амперметра-вольтметра при частоте 1000 Гц. До нанесения покрытий кольца отжигались в вакууме при 850°C в течение 3 ч.

Результаты измерений приведены в табл. 1, откуда видно, что нанесение покрытий не уменьшает μ_0 .

Таблица 1
Данные начальной магнитной проницаемости
изнотойких композиционных материалов

Материал	Толщина покрытия, мкм	μ_0
Пермаллой 8НМА без покрытия	—	7161
Пермаллой 8НМА с покрытием Al_2O_3	1,6	10004
	2,4	9772
	3,5	9700
Пермаллой 8НМА с покрытием TiN	1,6	8318
	2,4	8570
	3,5	8724

Таблица 2
Данные испытания композиционных материалов на износ
в различных режимах

Материал образца		Характер покрытия	Износ образца $\cdot 10^{-6}$, при режимах		
			А	Б	В
Стандартный пермаллой		без покрытия	175	282	317
Пермаллой с покрытием	Al_2O_3	двухстороннее	15	51	110
	Al_2O_3	одностороннее	65	125	141
	TiN	двухстороннее	40	101	162
	TiN	одностороннее	85	175	196

Для изучения износостойкости были изготовлены сердечники магнитной головки 3Д24.52IV. Каждый сердечник изготавлился путем склеивания 6 пластин толщиной 0,1 мм с покрытием или без покрытия. Толщина покрытия составляла 2,0...2,5 мкм. Испытание на износостойкость производилось на установке ИМ-58 методом «трение по одному следу». Величина износа оценивалась по результатам измерения потери массы испытуемого образца вследствие изнашивания. Испытания производились в трех режимах в течение 1,5 ч. Параметры режимов А, Б и В составляли:

- нагрузка на образец 4,5, 5,0, 5,5 Н, соответственно;
- скорость вращения контртела 200...210, 400...410, 550...560 об/мин, соответственно.

Результаты испытаний приведены в табл. 2. Как видно, по сравнению с непокрытым пермаллоем при двухстороннем нанесении покрытия износ сердечников с Al_2O_3 уменьшается в 3,1...11,6 раз, с TiN—2,1...4,4 раза, а при одностороннем покрытии износ уменьшается соответственно в 2,4...2,7 и 1,8...2,1 раз. Известно, что увеличение нагрузок при испытаниях сближает результаты испытаний испытуемых образцов, а уменьшение нагрузок более отчетливо показывает их отличие [2], что видно и из табл. 2.

Согласно ГОСТ 19775-87 [3], гамма-процентный ресурс пермалловых МГ должен составлять не менее 2500 ч, а сендастовых и ферритовых—5000 ч. Поскольку износостойкость сердечников с покрытием более чем в 10 раз превышает износостойкость без покрытия, то можно ожидать, что пермалловые МГ, в которых будут использованы сердечники с покрытием, по гамма-процентному ресурсу приблизятся к сендастовым и ферритовым МГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прецизионные сплавы: Справочник / Под ред. Б. В. Молотилова.—М.: Металлургия, 1983.—298 с.
2. Износостойкость: Сб. статей / Под ред. А. А. Благонравова и Р. М. Матвеевского.—М.: Наука, 1975.—190 с.
3. ГОСТ 19775-87. Головки магнитные для магнитофонов. Общие технические условия.—М.: Изд-во стандартов.—1987.—44 с.

УДК 621.9.013

М. В. КАСЬЯН, Г. Б. БАГДАСАРЯН, Г. А. АРУТЮНЯН

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПО ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЕ
СТРУЖКИ ПРИ ТОЧЕНИИ

С учетом важности исследования формы стружки при обработке на станках с ЧПУ, автоматических и роботизированных линиях методом факторного планирования экспериментов проведено исследование по изучению форм сходящихся стружек при точении. Опыты проводились на токарном станке с ЧПУ модели 16К20Ф3 по плану, включающему разные технологические факторы. Обработывались заготовки из сталей Ст. 3 и 45 резцами, оснащенными твердосплавными многогранными неперетачиваемыми пластинами. Полученные стружки классифицировались и выделялись те формы, которые являются оптимальными. Определались режимы резания, которые обеспечивают стабильность образования оптимальных форм стружек.

Табл. 2. Библиогр. 2 назв.

Հաշվի առնելով տաշնդի մեկ հետազոտության կարևորությունը ՔՄԿ հաստոցների վրա և ավտոմատացված ու օտոմատացված դժերում մշակում կատարելիս, զիտափորձերի զործնային պլանավորման մեթոդով շրջաշրջան ժամանակ ուսումնասիրվել են տաշնդների ձևերը: Փորձերը կատարվել են 16К20Ф3 մակնիշի ՔՄԿ հաստոցի վրա: Պողպատ 3 և 45 մակնիշների նյութերից նախապատրաստվածքները մշակվել են կարճր համառվածքից բաղկացած: արվող թիթեղներ ունեցող կտրիչներով: Ստացված տաշնդները դասակարգվել են և առանձնացվել են օպտիմալ ձև ունեցողները: Որոշվել են այն կտրման փոփոխները, որոնք ապահովում են օպտիմալ մեկ կաշուն տաշնդագոյացում:

Современное машиностроение базируется на эффективном использовании станков с ЧПУ, автоматизированных и роботизированных линий. В этих условиях получаемая в процессе резания сталей форма стружки может вызывать частые остановки станка для уборки стружки, мешающей нормальной работе, поэтому актуальной задачей является назначение режимов резания по оптимальной форме сходящейся стружки. Создание условий для стабильного образования оптимальной формы стружки обеспечивает также безаварийную работу на автоматических и роботизированных линиях. Для таких линий и станков с ЧПУ первостепенным является выбор режимов резания не по стойкости режущего инструмента, а по оптимальной форме стружки.

Решению основной задачи предшествовало предварительное исследование с целью установления зоны режимов резания, где получаются предпочтительные формы стружки. Эксперименты проводились на токарном станке с ЧПУ модели 16К20Ф3, имеющем достаточную жесткость. Обработывались заготовки диаметром $\varnothing 100\ldots 200$ мм из сталей марок Ст3 и 45. В качестве режущего инструмента применялись резцы с механическим креплением твердосплавных многогранных неперетачиваемых пластин (с трех-, четырех-, пяти- и шестигранными пластинами). Предварительными экспериментами установлено, что при режимах резания $v > 185$ м/мин, $s > 0,51$ мм/об, $l > 4$ мм эксплуата-

ционные качества применяемых резцов сильно ухудшаются. Наблюдаются притесненный сход стружки, припаривание ее к головке центрального базового штифта и крепящему клину. Наблюдаются также поломки не участвующей в процессе резания противоположной кромки и выкрашивание кромок центрального технологического отверстия.

Для проведения основной серии экспериментов применен метод факторного планирования экспериментов, где одновременно участвуют количественные и качественные уровни факторов [1]. План и результаты опытов приведены в табл. 1. Следует отметить, что длительность одного опыта должна обеспечить стабильный процесс резания при заданных режимах и получение нормальной стружки для надежного определения ее усадки по длине. С этой целью, а также для обнаружения возможного выкрашивания и износа противоположной режущей кромки резца предварительными наблюдениями установлено время проведения каждого одного опыта. Оно равно времени прохождения пути резца примерно 500 мм, после чего выбирались те формы стружки, которые отличались стабильностью образования. После завершения экспериментов стружки классифицировались по формам, условно обозначенным буквами А, В, С, Д и Е согласно [2].

Таблица 1

План и результаты опытов

Номер опыта	План исследования						Результаты опытов	
	V, м/мин	S, мм/об	f, мм	марка об- рабатываем- ой стали	рабочая среда	тип резца	тип стружки	усадка стружки
1	85	0,25	1,5	45	всухую	трехгранный ε = 80°	В	1,82
2	165	0,25	1,5	Ст 3	СОЖ			1,85
3	85	0,25	4,0	45	всухую СОЖ всухую			1,76 1,80 1,79 1,75
4	85	0,51	4,0	Ст 3				
5	165	0,51	1,5					
6	165	0,51	4,0					
7	85	0,25	1,5	45	всухую	четырёх- гранный, ε = 90°	С Д А В	1,98
8	165	0,25	1,5	Ст 3	СОЖ			2,26
9	85	0,25	4,0	45	всухую СОЖ всухую			1,73 1,86 1,81 1,71
10	85	0,51	4,0	Ст 3				
11	165	0,51	1,5					
12	165	0,51	4,0					
13	85	0,25	4,0	Ст 3	СОЖ	пятигранный, ε = 120°	А Е Д В А В	1,81
14	165	0,25	1,5	45	всухую СОЖ всухую			1,65 2,25 1,82 1,73
15	165	0,25	4,0	Ст 3				
16	85	0,51	1,5					
17	165	0,51	4,0					
18	85	0,51	1,5	45	всухую			1,78
19	85	0,25	4,0	Ст 3	СОЖ	шести- гранный, ε = 120°	Е Д С В А В	2,34
20	165	0,25	1,5	45	всухую СОЖ			2,04 2,06 1,85 1,75 1,72
21	165	0,25	4,0	Ст 3				
22	85	0,51	1,5					
23	165	0,51	4,0					
24	85	0,51	1,5	45	СОЖ			

Форма стружки *A* принимается за оптимальную. Она представляет собой спираль в виде отдельных отрезков длиной 50 ... 150 мм, легко удаляемых из зоны резания. Стружка типа *B* удобна с точки зрения технологии уборки, однако разлетается вокруг станка. Для автоматических линий такую форму стружки следует считать пригодной. Стружки типов *C*, *D* и *E* не соответствуют нормальной работе станков, а из них самой нежелательной является форма *D*. В этой связи определен диапазон изменения условий резания, обеспечивающих оптимальную форму сходящей стружки (табл. 2). Следует отметить, что результаты контрольных экспериментов подтвердили достоверность приписанных в табл. 2 данных.

Таблица 2
Условия резания, обеспечивающие оптимальную форму стружки

Тип реза	V , м/мин	S , мм/об	f , мм	Марка обра- батываемой стали	Рабочая среда	Форма стружки
Трехгранный	85 - 165	0,25 - 0,51	1,5 4,0	Ст. 3 45	песухую СОЖ	A, B
Четырехгранный	85 - 165	0,33 - 0,51	1,5 4,0	Ст. 3 45	песухую СОЖ	A, B
Пятигранный	85 - 165	0,31 - 0,51	1,5 4,0	Ст. 3 45	песухую СОЖ	A, B
Шестигранный	85 - 165	0,25 - 0,51	1,5 4,0	Ст. 3 45	песухую СОЖ	A, B

Таким образом, полученные результаты дают возможность выбирать такие режимы резания, которые обеспечивают получение оптимальных форм стружек. Кроме того, резец, оснащенный трехгранной неперетачиваемой пластиной формы 02, занимает особое место среди других типов выбранных резцов. Обработка этим резцом обеспечивает стабильное образование стружек типа *A* и *B*, независимо от действующих на них факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касьян М. В., Бигдарян Г. Б., Арутюнян Г. А. Методы планирования экспериментов в области резания металлов и математической обработки результатов. — Ереван: Изд-во «Айтастан», 1976 — 198 с.
2. Бигдарян Г. Б., Геворкян А. О. Оптимальные условия деформации стружки при обработке на автоматических линиях // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН — 1976. — Т. 29, № 3 — С. 23—31.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ի Թ Յ Ո Ի Ն

Պ. Գ. Առեփանյան, Ս. Ս. Հարությունյան, Ս. Շ. Նունգստեյնյան. Բաբանաերի փնդրի մոտարկումային ապրումական ցանկերային համակարգը և նրա կիրառությունը առամետա-բնական մեխանիկաների էսթիմացիան մեջ	21
Գ. Լ. Դելլյան, Ի. Պ. Ռենեն. Գազափոխակի ապրումական պրոցեսի գերտվածան հշատումը	36
Հ. Ռ. Ճոսրյան. Բազմաբաղի աղբյուրյանների ապրումական կառուցվածքային գերտվածությունը	61
Պ. Ս. Կոտապետյան. Անգամնառցված աղակով ԷՄԻ-ի Նմանակային մոդելը	65
Վ. Վ. Կաղանարյան. Բթունների ստացման մաթեմատիկական մոդելների կառուցումը կախված ստացմանի դասից և բնից	70
Կ. Ս. Արամյան. Միջանկյալ պոստստացիոն ՄԳԿ փոփոխականների զգայունությունը մասկինգային մեխանիկայի աղբյուրային ապրումական համակարգում և մեխանիկայում	74
Ս. Լ. Ռեյսադյան, Ե. Չ. Իրիկոսյան. Իրանցող գլխիկի տարրերի գործակիցը	78
Ռ. Կ. Հակոբյան, Ռ. Ս. Միրզայանյան, Ս. Կ. Սրբադիլյան, Յ. Հ. Ավանյան. Շփման վրա ճնշման կորուստների որոշումը փոխանման էլեմենտների ինտեգրացիոն մոդելի աղբյուրային ապրումական համակարգում	81
Ե. Ս. Կոտապետյան. Հանգրվանի և կառուցվածքային փոփոխականների ճնշման համակարգում	85
Ն. Կ. Կոտապետյան, Ս. Վ. Կոտապետյան, Է. Ս. Պիրիկոսյան, Ս. Գ. Ասատրյան. Մազիկ-ապրումական համակարգի կառուցումը և ապրումական համակարգում	87
Ս. Վ. Կոտապետյան, Ի. Ս. Կոտապետյան, Հ. Հ. Հարությունյան. Շրջանային կորման ստիմուլների ճնշման համակարգում	90

СОДЕРЖАНИЕ

Կ. Գ. Տոնյան, Ս. Ս. Արսլանյան, Ս. Մ. Շախարոյան. Пространственный инклюдентный анализ аппроксимационной модели Бурмистера с предложением к синтезу зубчато-рычажных механизмов	61
Գ. Վ. Դրմանյան, Ս. Ս. Դրմանյան. Коррекция влияния процесса реверсивной вытязки	66
Գ. Ս. Կոտապետյան. Спектральный анализ многомерных сигналов	61
Կ. Ս. Կոտապետյան. Имитационная модель ТБС с сегментизованным кольцом	65
Յ. Յ. Կոտապետյան. Составление математических моделей процессов получения вискоз в зависимости от режимов в зоне реакции	70
Ս. Ս. Արսլանյան. Чувствительности кремниевых МДП фототриодов в режиме равновесного облучения приповерхностной области полупроводника	74
Ե. Վ. Արսլանյան, Ս. Յ. Կոտապետյան. Коэффициент гармоник амплитудной модуляции	78
Ս. Ս. Արսլանյան, Ս. Մ. Մարգարյան, Ս. Ե. Կոտապետյան, Ս. Վ. Արսլանյան. Определение потерь заполнения на трение при инертном транспорте пористовидных материалов и плотном слое	81
Գ. Ս. Կոտապետյան. Взаимодействие зонной и поверхностной с группой оснований	85
Ս. Ե. Կոտապետյան, Ս. Մ. Մարգարյան, Ս. Ս. Կոտապետյան, Ս. Գ. Արսլանյան. Получение и синтез магнитометрического композиционного материала с повышенной износостойкостью для сердечников магнитных головок	87
Ս. Յ. Կոտապետյան, Գ. Յ. Կոտապետյան, Գ. Ս. Արսլանյան. Выбор режимов по оптимальной форме стружки при точении	90