

УДК 531.8

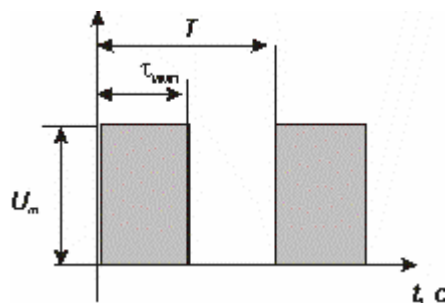
И.Н. Миков, Н.Н. Стефанова

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГРАВИРОВАНИЯ
КОРРЕКЦИЕЙ ЧАСТОТНЫХ И НАСТРОЕЧНЫХ
ПАРАМЕТРОВ РАСТРОВОГО СТАНКА С ЧПУ**

Семинар № 24

Перенесение художественного изображения при гравировании в растровых станках осуществляется электромеханическим преобразователем ЭМП, который структурно состоит из инерционного (катушка), пропорционального (электромагнитная система) и колебательного (подвешенный на пружинах якорь с долбяком) звеньев, охваченных двумя петлями отрицательной обратной связи [1].

Классически в управляющем для ЭМП импульсе «1» и «0» равны по длительности. Эти импульсы образуют «пачку», внутри которой амплитуда, длительность и период повторения импульса остаются постоянными (рис. 1). При гравировке изображений это соответствует случаю, когда отдельные точки имеют одну и ту же оптическую плотность вдоль изображения. Это бывает при гравировке надписей, контуров или изображений, с замененным полутоном на «зерно», когда величина пикселя постоянна.



Для придания долбяку кинетической энергии W_k пропорциональной амплитуде импульса тока управления $I_{\text{му}}$, обеспечивающую заданную диагональ пробельного элемента, необходимо такое формирование амплитуды $F_{\text{эм}}$, чтобы возникающая при этом новая частотная характеристика обеспечивала бы неизменность коэффициента передачи на текущей частоте ω , т.е. величина $F_{\text{эм}}$, её длительность и длительность «провала» должны учитывать и величину пикселя решетчатой функции и частотные свойства механической части преобразователя.

При этом:

- «проседания» и «всплывания» якоря приводят к изменениям длины его хода и смещениям его среднего положения, которые приводят к искажениям скорости долбяка,
- для того чтобы отсутствовали «проседания» и «всплывания» якоря амплитуды и длительность «0» и «1» в импульсе силы должны быть достаточными для реализации прямого и обратного хода якоря.

На рис. 2 приведены графические зависимости откорректированных изменений тока $I_y(\omega)$ в катушке от частоты,

Рис. 1. Пачка управляющая импульсов напряжения, тока и электромагнитной силы для ЭМП

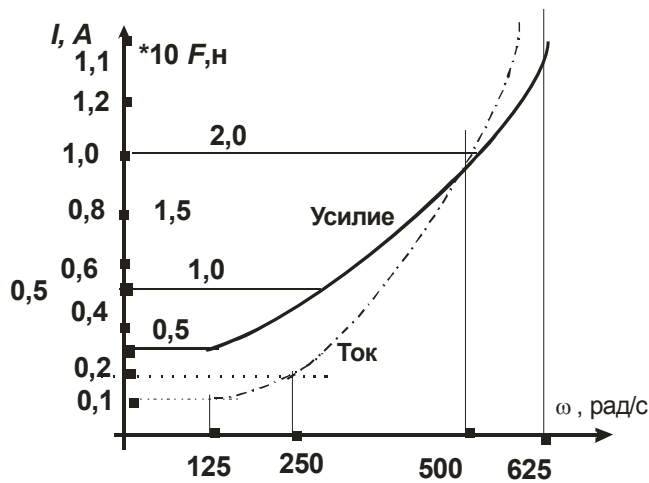
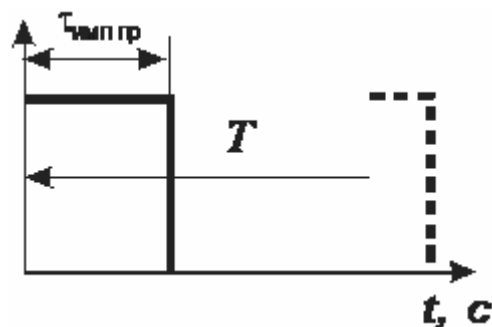


Рис. 2. Откорректированная зависимость тока в катушке от частоты $I(\omega)$, обеспечивающие независимость усилия якоря с долбяком $F(\omega) = \text{const}$ от изменения частоты ω (графическое представление)

которые обеспечивают получение такого изменения усилия $F(\omega)$, которое, в свою очередь, обеспечивает независимость перемещения якоря от изменения частоты в этом диапазоне.

Проводимая персональным компьютером коррекция амплитуды импульса напряжения в этом случае, позволила частично устранить влияние частотных характеристик звеньев электромеханического преобразователя на импульс перемещения якоря с долбяком.

Однако, в обычном случае у полутонного изображения величина пикселя переменна и импульсы управления имеют вид «одиночных» (рис. 3), имеющих и переменную амплитуду и переменный период повторения.



$$z(t) = k (1 - e^{-\xi^* t / T} * \sin [(r^* t / T) + \psi]),$$

Уравнение обратного перемещения якоря запишется

$$z(t) = k (-e^{-\xi^*(t - \tau_{пр}) / T} * \sin [(r^*(t - \tau_{пр}) / T) + \psi]),$$

где $r = \sqrt{1 - \xi^2}$, $\psi = \arctg(r / \xi)$, $T = 2\pi \nu (m/c)$ - постоянная времени, $k = 1/c$ - коэффициент передачи, $\xi = 0,7$ - коэффициент затухания (демпфирования), c - жёсткость, m - масса, 3 - время прямого перемещения якоря.

На рис. 4 линии 1...5 показывают реакцию колебательного звена на импульсы усилия в 0,02 и 0,05 кГ длительностью $\tau_{имп пр} = 0,08, 0,06, 0,02$ и $\tau_{имп обр} = 0,1, 0,04$ с. Кроме того, здесь же отображено математическое моделирование скорости движения якоря вниз ($v_{пр}$) и вверх ($v_{обр}$). Сравнение кривых 1, 2 и 3 (рис. 4) показывает «проседание» долбяка из-за неправильного задания длительностей $\tau_{пр}$ и $\tau_{обр}$. Так, если очередной импульс приходит ранее конца возврата долбяка в исходную точку

Рис. 3. Одиночная управляющая импульсная последовательность напряжения, тока и электромагнитной силы для ЭМП

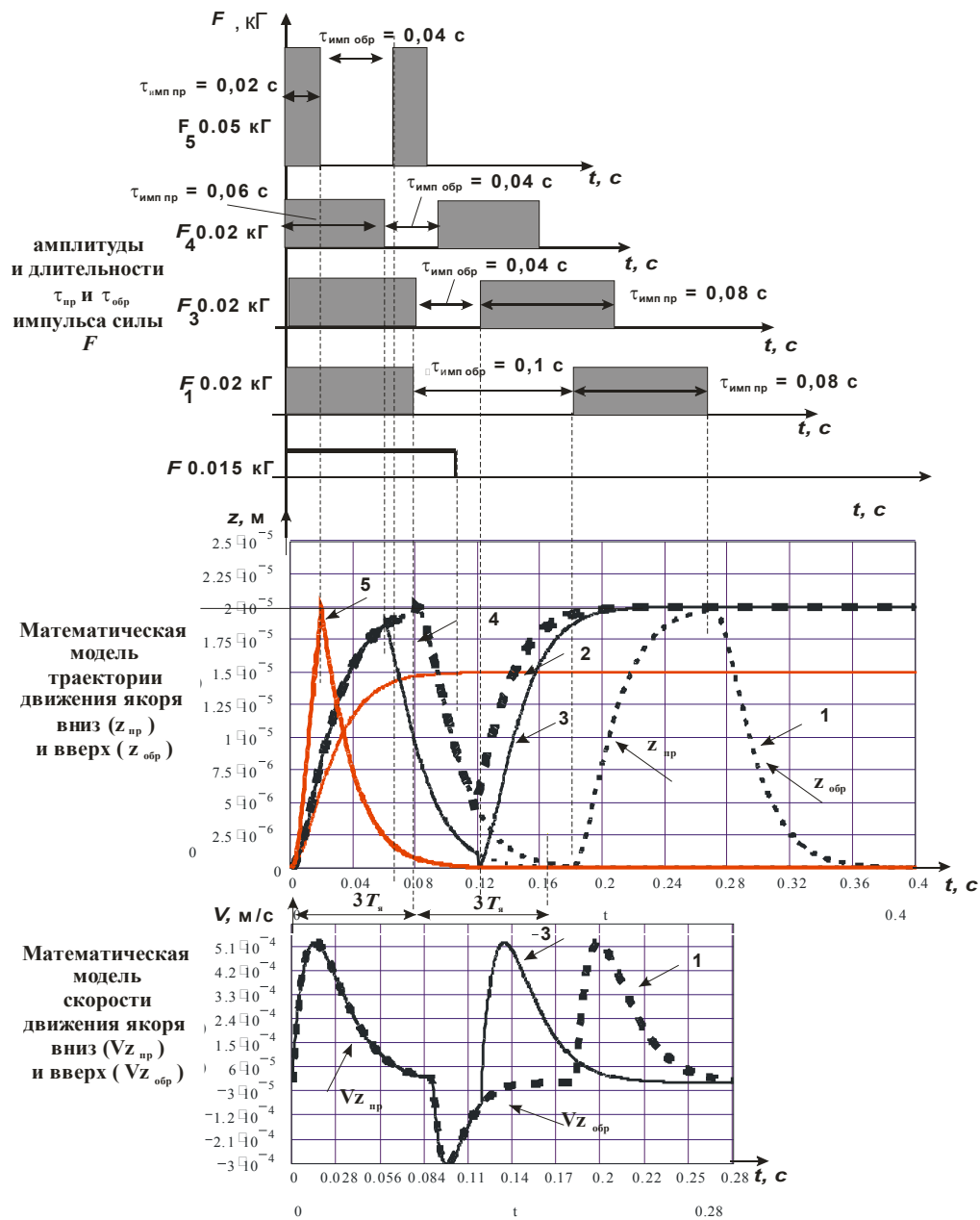


Рис. 4. Математическая модель траектории движения якоря вниз ($z_{\text{пр}}$) и вверх ($z_{\text{обр}}$) при разных амплитудах F и длительностях $\tau_{\text{пр}}$ и $\tau_{\text{обр}}$ импульса силы

($\tau_{\text{пр}} = 3T_{\text{я}} = 0,1$ с, $\tau_{\text{обр}} < 3T_{\text{я}} = 0,04$ с), то долбяк «проседает» (кривая 3), другом случае, когда $\tau_{\text{пр}} < 3T_{\text{я}} = 0,06$ с, $\tau_{\text{обр}} < 3T_{\text{я}} = 0,04$ с то долбяк «всплывает - проседа-

ет» (кривая 4). В том случае, если импульс силы имеет уменьшенную длительность $\tau_{\text{пр}} < 3T_{\text{я}} = 0,02$ с, $\tau_{\text{обр}} < 3T_{\text{я}} = 0,04$ с, но его амплитуда увеличена $F5$

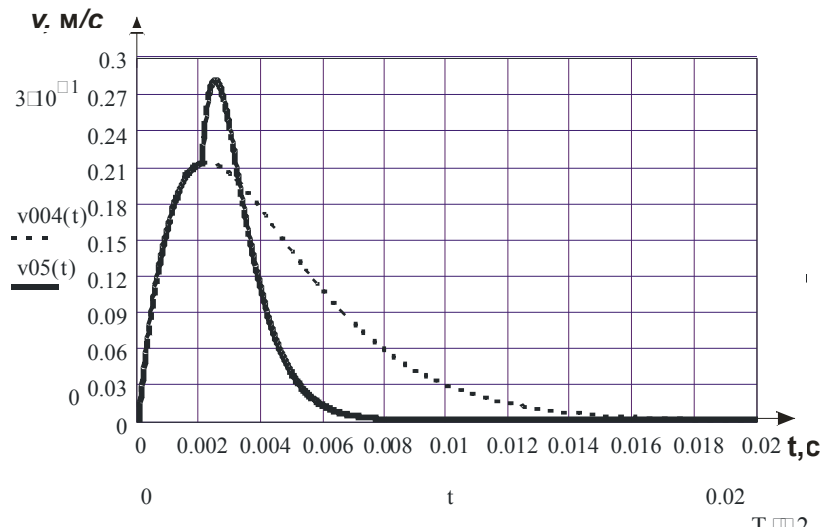


Рис. 5. Скорость долбяка и комплексный график скорости на участках прохода технологического зазора и внедрения долбяка в заготовку

$v_{имп} = 2,5 F1_{имп}$, то резко возрастает скорость долбяка и уменьшается время прохода технологического зазора (траектория 5).

На этом же рисунке показаны скорости долбяка для траекторий 1 и 3.

Скорость долбяка при прямом перемещении $v_z(t)=\dot{h}(t)$ является производной от перемещения $z(t)$. Она определяется уравнением

$$V_z(t) = (-k_v / rT) e^{-\zeta t / T} (r \cos(\zeta t / T + \psi) - \zeta \sin(\zeta t / T + \psi)).$$

Скорость долбяка при возврате

$$V_{обп}(t) = (-k_v / rT) e^{-\zeta(t-\tau_{np})/T} \times \{ r \cos(r(t-\tau_{np})/T + \psi) - \zeta \sin(\kappa(t-\tau_{np})/T + \psi) \}.$$

Комплексный график скорости на участках прохода технологического зазора и внедрения долбяка в заготовку показан на рис. 5.

Получение необходимой энергии удара осуществляется путём регулирования конечной скорости якоря посредством задания амплитуды и длительности импульса напряжения (тока)

при усреднённой величине технологического зазора (без его регулирования, т.е. стабилизацией технологического зазора).

В основе этого метода лежит регулирование в процессе гравирования длительности и амплитуды силового импульса. Известно, что импульс усилия $F_{эм}$ определяется импульсом тока катушки $\Im I_k$ при всех остальных параметрах $\mathcal{E}MP = const$

Зададимся областью. времени прохода долбяком технологического зазора. Пример приведён на рис. 6 В).

Величина рабочего зазора Δ_n для выбранного решения должна быть строго постоянна в процессе работы электро-механического преобразователя. В работе [3, с.60], решение задачи стабилизации технологического зазора Δ_n проводилось посредством механической следящей головки

Из анализа рис. 2 следует, что время хода якоря $t_{сраб}$ до достижения установленного значения при разных усилиях остаётся одним и тем же. Классически время хода якоря $t_{сраб} = 3T$.

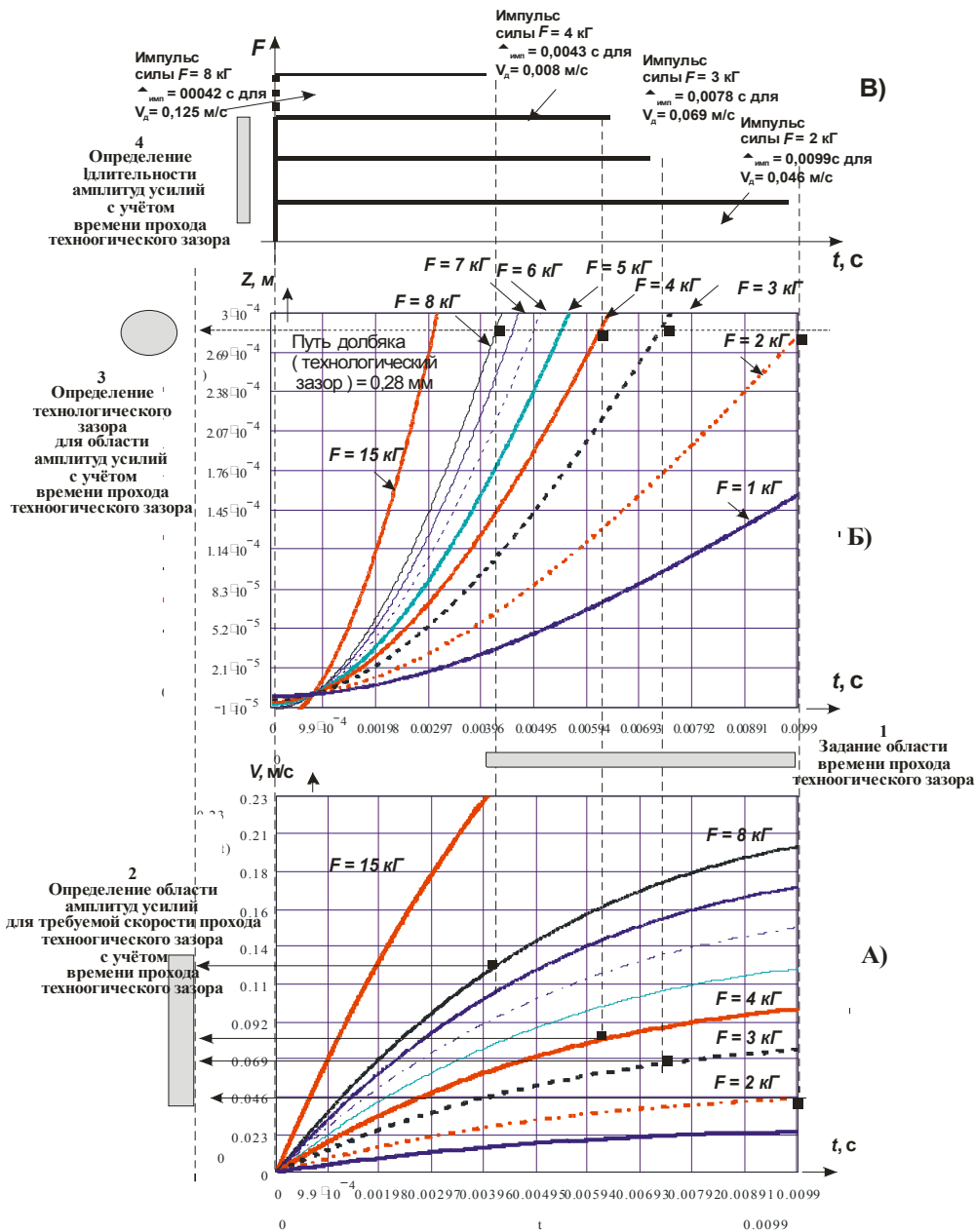


Рис. 6. Номограммы для задания длительности и амплитуды силового импульса с целью регулирования скорости долбяка в процессе долбления заготовки (для случая постоянства технологического зазора)

• Из анализа рис. 2 следует, что длина хода якоря для достижения установленного значения – разная. Классически это объясняется тем, что сила воздей-

ствия должна быть уравновешена силой противодействия пружины $F_{\text{эм}} \equiv F_{\text{пр}} = c \cdot z$, где z – ход якоря.

• Из анализа рис. 5 следует, что величина скорости якоря первоначально возрастает, достигает максимума $V_{я\ max}$ (перегиб графика) и затем убывает до 0.

Длина хода якоря для достижения значения $V_{я\ max}$ – разная и должна быть такой, чтобы якорь смог разогнаться от 0 до необходимой скорости $V_{я\ max}$. В нашем случае длина хода якоря – это технологический зазор Δ_n

Энергия разрушения, необходимая для получения долбяком в материале лунки необходимой глубины $Q = Q_k + Q_z$, определяется из переходных характеристик [3, с. 157] и создаётся кинетической энергией долбяка $W_k = m_{я} * V_{я\ расчётная}^2 / 2$. Другими словами в момент касания поверхности материала долбяк должен иметь скорость $V_{я\ расчётная}$.

В том случае, если достигается равенство $V_{я\ расчётная} = V_{я\ max}$, т. е. долбяк касается поверхности материала в момент перегиба графика (рис. 5) при выбранном $F_{эм}$, то длина хода

якоря (технологический зазор) выбран оптимально (критерий оптимальности – минимально возможное $F_{эм}$ текущее при установленном Δ_n для получения заданной скорости якоря $V_{я\ расчётная\ текущее}$).

Такое решение задачи возможно при наличии следящей электромеханической системы, которая, имея датчик положения и двигатель, замкнутые петлёй обратной связи через программируемый контроллер (ПК со своим пакетом МО) обеспечивает регулирование технологического зазора Δ_n , в т.ч. его стабилизацию.

Рассмотренный случай соответствует гравированию длинного штриха (а не отдельной точки) одинаковой оптической плотности. В действительности, в основном имеет место взвесь пикселей разной величины, т.к. оптическая плотность изображения непрерывно произвольно изменяется. В этом случае проводимая коррекция (рис. 2) носит приближённый характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миков И.Н., Малиновский А.К. Электромеханические преобразователи для станочного растрового гравирования минералов. М.: Горные машины и автоматика, № 11, 2001

2. Красовский А.А., Поспелов Г.С. Основы автоматки и технической кибернетики. М.,Л.: Госэнергоиздат, 1962. - 600 с.

3. Миков И.Н. Развитие теории, разработка технологии растрового динамического копирования изображений и создание гравировальных станков с ЧПУ, Диссертации на соискание учёной степени д.т.н. М.: ОАО « ЭНИМС», 2004. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Миков И.Н. – профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет,

Стефанова Н.Н. – научный сотрудник, Софийский горно-геологический университет Св. Иван Рилски, Болгария.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 24 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.И. Морозов.