УДК 381.6

М.Ю. Яковлев

Науковий центр Сухопутних військ Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету "Львівська політехніка", Львів

АНАЛІЗ ДРЕЙФУ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ АВІАЦІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У статті проведено аналіз дрейфу метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем.

засоби вимірювальної техніки, авіаційні радіотехнічні системи, оцінка метрологічної надійності, метрологічні характеристики, дрейф, нестабільність.

Вступ

Постановка проблеми. Надійність засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) істотно впливає на надійність авіаційних радіотехнічних систем (АРТС), для визначення технічного стану яких вони використовуються. Тому проблема оцінки надійності ЗВТ АРТС є актуальною. Одним з найважливіших завдань цієї проблеми є проведення аналізу дрейфу метрологічних характеристик ЗВТ АРТС.

Аналіз літератури. Перші роботи з питань надійності ЗВТ АРТС почали з'являтися з 1955 року [1]. Проведені дослідження авторами цих і подальших робіт [2 – 6] показали, що математичний апарат, розроблений для широкого класу радіоелектронних пристроїв, не може бути застосований для оцінки надійності ЗВТ (і, зокрема, для ЗВТ АРТС). Це обумовлено, перш за все, їх специфікою – метрологічними властивостями.

Мета статті. Провести аналіз дрейфу метрологічних характеристик (МХ) ЗВТ АРТС.

Виклад основного матеріалу

Проаналізуємо процес дрейфу однієї з МХ ЗВТ АРТС, що знаходяться в процесі експлуатації. Це може бути, наприклад, систематична похибка або середнє квадратичне відхилення випадкової похибки вимірювального перетворювача або однозначної міри.

При розгляді багатозначної міри це може бути така ж МХ, але що відноситься до деякої точки діапазону вимірювань. Позначимо через t проміжок часу від початку експлуатації до даного часу, через $S(t)$ – дійсне значення нестабільності МХ ЗВТ АРТС за час t, через $\varphi_t(\xi)$ – щільність розподілу $S(t)$ за сукупністю ЗВТ АРТС одного типу. Складемо рівняння щодо вірогідності $P(t,\xi_1,\xi_2)$ того, що у момент часу t нестабільність $S(t)$ знаходитиметься між довільно вибраними межами ξ_1 і ξ_2:

$$P(t,\xi_1,\xi_2)=\int\limits_{\xi_1}^{\xi_2}\varphi_t(\xi)d\xi\,,\ -\infty<\xi_1<\xi_2<\infty\,. \quad (1)$$

Розглянемо траєкторію дрейфу МХ одного з ЗВТ АРТС даного типу. При малих значеннях часу Δt запишемо:

$$S(t+\Delta t)=S(t)+\upsilon(t)\Delta t+0(\Delta t)\,, \quad (2)$$

де $\upsilon(t)$ – швидкість дрейфу МХ цього ЗВТ АРТС у момент t; $0(\Delta t)$ – нескінченно мала величина. Знайдемо таку вірогідність:

$$P(t+\Delta t,\xi_1,\xi_2)=\text{Вер}\{S(t+\Delta t)\in[\xi_1,\xi_2]\}. \quad (3)$$

Напевно, що мають місце такі співвідношення:

$$\{S(t+\Delta t)\in[\xi_1,\xi_2]\}=\begin{cases}S(t)\in[\xi_1-\upsilon(t)\Delta t-0(\Delta t)-\\-\xi_2-\upsilon(t)\Delta t-0(\Delta t)\end{cases}; \quad (4)$$

$$\varphi_t(\xi)=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\varphi_{\upsilon(t)}(\eta)\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(\xi/\eta)d\eta\,, \quad (5)$$

де $\varphi_{\upsilon(t)}(\eta)$ – щільність розподілу поточної швидкості дрейфу МХ ЗВТ АРТС у момент часу t; $\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(\xi/\eta)$ – умовна щільність розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС за інтервал часу t за умови, що поточна швидкість дрейфу МХ ЗВТ АРТС $\upsilon(t)$ дорівнює η. Тому з урахуванням співвідношень (2)-(5) запишемо вираз (1) у вигляді:

$$P(t+\Delta t,\xi_1,\xi_2)=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\varphi_{\upsilon(t)}(\eta)A\,, \quad (6)$$

де A – допоміжна функція, що визначається як:

$$A=\int\limits_{\xi_1-\eta\Delta t-0(\Delta t)}^{\xi_2-\eta\Delta t-0(\Delta t)}\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(\xi/\eta)d\xi d\eta\,. \quad (7)$$

Враховуючи вираз:

$$A=\int\limits_{\xi_1}^{\xi_2}\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(\xi/\eta)d\xi+\eta\Delta tB\,, \quad (8)$$

де B – допоміжна функція, що визначається за формулою:

$$B=\left[\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(x/\eta)-\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(y/\eta)\right]+0(\Delta t)\,, \quad (9)$$

а також формулу Байєса для нашого випадку:

$$\varphi_{\upsilon(t)}(\eta)\varphi_{S(t)/\upsilon(t)}(\xi/\eta)=\varphi_t(\xi)\varphi_{\upsilon(t)/S(t)}(\eta/\xi)\,, \quad (10)$$

отримаємо формулу для вірогідності $P(t+\Delta t,\xi_1,\xi_2)$:

$$\begin{aligned}&P(t+\Delta t,\xi_1,\xi_2)=P(t,\xi_1,\xi_2)+\\&+\Delta t\left[\mu(t,\xi_1)\varphi_t(\xi_1)-\mu(t,\xi_2)\varphi_t(\xi_2)\right]+0(\Delta t),\end{aligned} \quad (11)$$

де $\mu(t,\xi)$ – умовне математичне сподівання швидкості дрейфу МХ ЗВТ АРТС $\upsilon(t)$ у момент часу t за умови, що нестабільність МХ ЗВТ АРТС $S(t)$ за час t дорівнює ξ (для зручності викладу подальшого матеріалу функцію $\mu(t,\xi)$ називатимемо інтенсивністю дрейфу МХ ЗВТ АРТС). Інтенсивність дрейфу МХ ЗВТ АРТС визначимо з виразу:

$$\mu(t,\xi)=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\eta\varphi_{\upsilon(t)/S(t)}(\eta/\xi)d\eta\,. \quad (12)$$

Переходячи до межі з урахуванням рівнянь:

$$\varphi_t(\xi_1)=\frac{\partial P(t,\xi_1,\xi_2)}{\partial\xi_1}; \quad (13)$$

$$\varphi_t(\xi_2)=\frac{\partial P(t,\xi_1,\xi_2)}{\partial\xi_2}, \quad (14)$$

отримаємо однорідне диференціальне рівняння першого порядку в частинних похідних щодо вірогідності $P(t/\xi_1/\xi_2)$:

$$D_1+D_2+D_3=0\,, \quad (15)$$

де D_1, D_2, D_3 – допоміжні функції, що введені для зручності запису:

$$D_1=\partial P(t,\xi_1,\xi_2)/\partial t\,; \quad (16)$$

$$D_2=\mu(t,\xi_1)\left[\partial P(t,\xi_1,\xi_2)/\partial\xi_1\right]; \quad (17)$$

$$D_3=\mu(t,\xi_2)\left[\partial P(t,\xi_1,\xi_2)/\partial\xi_2\right]. \quad (18)$$

Рівняння (15) є основним рівнянням нестабільності МХ ЗВТ АРТС. Знайдемо його розв'язок за природних початкових умов:

$$P(t,\xi_1,\xi_2)\Big|_{t=0}=P(0,\xi_{1(0)},\xi_{2(0)})=\int\limits_{\xi_{1(0)}}^{\xi_{2(0)}}\varphi_0(\xi)d\xi\,, \quad (19)$$

де $\xi_{1(0)}$, $\xi_{2(0)}$ – ординати траєкторій $\xi_1(t)$ і $\xi_2(t)$ при $t=0$; $\varphi_0(\xi)$ – щільність розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС при $t=0$.

Запишемо рівняння (15) у вигляді:

$$F(P,t,\xi_1,\xi_2)=p_1+\mu(t,\xi_1)p_2+\mu(t,\xi_2)p_3=0\,, \quad (20)$$

де p_1, p_2, p_3 – перші похідні функції $P(t,\xi_1,\xi_2)$ по змінних t, ξ_1 і ξ_2 відповідно, тобто:

$$p_1=D_1=\left[\partial P(t,\xi_1,\xi_2)\right]/\partial t\,; \quad (21)$$

$$p_2=D_2/\mu(t,\xi_1)=\left[\partial P(t,\xi_1,\xi_2)\right]/\partial\xi_1\,; \quad (22)$$

$$p_3=D_3/\mu(t,\xi_2)=\left[\partial P(t,\xi_1,\xi_2)\right]/\partial\xi_2\,. \quad (23)$$

Доведемо існування і єдиність розв'язання рівняння (15). Розв'язання цього рівняння існує, оскільки має місце таке співвідношення при будь-яких функціях $\mu(t,\xi_1)$ і $\mu(t,\xi_2)$ [7]:

$$\sum_{i=1}^{3}\frac{\partial F(P,t,\xi_1,\xi_2)}{\partial p_i}=1+\mu^2(t,\xi_1)+\mu^2(t,\xi_2)\neq0\,. \quad (24)$$

Розв'язання рівняння (20) буде єдиним, якщо виконується умова:

$$\begin{vmatrix}\dfrac{\partial F}{\partial p_1} & \dfrac{\partial F}{\partial p_2} & \dfrac{\partial F}{\partial p_3}\\ \dfrac{\partial t}{\partial\tau_1} & \dfrac{\partial\xi_1}{\partial\tau_1} & \dfrac{\partial\xi_2}{\partial\tau_1}\\ \dfrac{\partial t}{\partial\tau_2} & \dfrac{\partial\xi_1}{\partial\tau_2} & \dfrac{\partial\xi_2}{\partial\tau_2}\end{vmatrix}\neq0\,, \quad (25)$$

де τ_1 і τ_2 – параметри початкових умов; $t = f_1(\tau_1, \tau_2)$, $\xi_1 = f_2(\tau_1, \tau_2)$, $\xi_2 = f_3(\tau_1, \tau_2)$ [7].

У цьому рівнянні $t = 0$, $\xi_1 = \xi_{1(0)}$, $\xi_2 = \xi_{2(0)}$, $\tau_1 = \xi_{1(0)}$, $\tau_2 = \xi_{2(0)}$. Визначник з виразу (25) буде рівний:

$$\begin{vmatrix} 1 & \mu(t,\xi_1) & \mu(t,\xi_2) \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \neq 0. \qquad (26)$$

Отже, рівняння (20) має єдине розв'язання при будь-яких $\mu(t, x)$ і $\mu(t, y)$. Рішення розв'язання (20) збігається з розв'язанням системи звичайних диференціальних рівнянь у симетричній формі:

$$dP(t,\xi_1,\xi_2)\frac{1}{\sum\limits_{i=1}^{3} p_i F_{p_i}} = \frac{dt}{F_{p_1}} = \frac{d\xi_1}{F_{p_2}} = \frac{d\xi_2}{F_{p_3}}, \qquad (27)$$

де $F_{p_1} = \partial F/\partial p_1 = 1$, $F_{p_2} = \partial F/\partial p_2 = \mu(t,\xi_1)$, $F_{p_3} = \partial F/\partial p_3 = \mu(t,\xi_2)$,

$$\sum_{i=1}^{3} p_i F_{p_i} = p_1 + \mu(t,\xi_1)p_2 + \mu(t,\xi_2)p_3 = F(p,t,\xi_1,\xi_2) \equiv 0$$

– характеристичні рівняння, пов'язані з рівнянням (15).

Наочно, що система рівнянь (27) може існувати тільки при $dP(t,\xi_1,\xi_2) = 0$. Отже, маємо:

$$P(t,\xi_1,\xi_2) = c, \qquad (28)$$

при будь-яких значеннях t, ξ_1 і ξ_2.

Із залежності (27) маємо диференціальні рівняння щодо траєкторій $\xi_1(t)$ і $\xi_2(t)$:

$$\mu(t,\xi_1) = \partial\xi_1/\partial t; \qquad (29)$$

$$\mu(t,\xi_2) = \partial\xi_2/\partial t. \qquad (30)$$

Розв'язанням рівняння (29) є функція:

$$\psi(t,\xi_1) = c_1, \qquad (31)$$

а розв'язанням рівняння (30) є функція:

$$\psi(t,\xi_2) = c_2. \qquad (32)$$

Поклавши, що $t = 0$, то отримаємо:

$$c_1 = \psi(0,\xi_{1(0)}) = \xi_{1(0)}; \qquad (33)$$

$$c_2 = \psi(0,\xi_{2(0)}) = \xi_{2(0)}. \qquad (34)$$

Отже, функція $\psi(t,\xi)$ дорівнює значенню МХ ЗВТ АРТС ξ_0 у початковий момент часу за умови, що у момент часу t воно становить ξ:

$$\psi(t,\xi) = \xi_0, \qquad (35)$$

у формулі (35) величина ξ дорівнює ξ_1 або ξ_2.

Далі, приймемо, що $t = 0$ і з урахуванням співвідношення (19) отримаємо:

$$c = P(0,\xi_{1(0)},\xi_{2(0)}) = \int_{\xi_{1(0)}}^{\xi_{2(0)}} \varphi_0(\xi)d\xi = \int_{\psi(t,\xi_1)}^{\psi(t,\xi_2)} \varphi_0(\xi)d\xi = \int_{\xi_1}^{\xi_2} \varphi_0[\psi(t,\xi)]\frac{\partial\psi(t,\xi)}{\partial\xi}d\xi. \qquad (36)$$

Остаточно маємо таке співвідношення для вірогідності:

$$P(t,\xi_1,\xi_2) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} \varphi_0[\psi(t,\xi)]\frac{\partial\psi(t,\xi)}{\partial\xi}d\xi, \qquad (37)$$

де $\psi(t,\xi)$ – розв'язок диференціального рівняння регресії (29) при $\xi = \xi_1$:

$$\mu(t,\xi) = d\xi/dt. \qquad (38)$$

Функція $\psi(t,\xi)$ має істотне значення в теорії метрологічної надійності. Її фізична природа полягає в перетворенні нестабільності МХ ЗВТ АРТС $\xi(t)$ до початкової точки відліку часу.

Порівнюючи вираз (37) з співвідношенням (1), отримаємо формулу щільності розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС за час t:

$$\varphi_t(\xi) = \varphi_0[\psi(t,\xi)]\partial\psi(t,\xi)/\partial\xi. \qquad (39)$$

Таким чином, щільність розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС за час t дорівнює щільності початкового розподілу нестабільності, в яку як змінна підставлена функція, помножена на відповідний нормуючий множник.

Напевно, що як початковий можна прийняти будь-який момент τ. Тому разом з формулою (39) можна використовувати і такий вираз:

$$\varphi_{t+\tau}(\xi) = \varphi_\tau[\psi_\tau(t,\xi)]\partial\psi_\tau(t,\xi)/\partial\xi, \qquad (40)$$

де $\psi_\tau(t,\xi)$ – розв'язок рівняння (38) за початкових умов $M_1 = \psi(\tau,\xi_1)$, $M_2 = \psi(\tau,\xi_2)$.

Звідси впливає властивість відтворності функції $\psi(t,\xi)$:

$$\psi[\tau,\psi_\tau(t,\xi)] = \psi(t+\tau,\xi). \qquad (41)$$

Знайдемо щільність початкового розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС $\varphi_0(\xi)$. Заздалегідь порівняємо рівняння (15) з другим рівнянням Колмогорова для марковських процесів [8]:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial\tau_y} + \frac{\partial[a(\tau_y,y)\varphi]}{\partial y} - 0{,}5\frac{\partial^2[b(\tau_y,y)\varphi]}{\partial y^2} = 0, \qquad (42)$$

де $a(t_x, x)$, $b(t_x, x)$ – невипадкові функції часу, що характеризують відповідно швидкість зміни процесу і швидкість зміни умовної дисперсії процесу; t_x – момент часу, відповідний стану процесу x; τ_y – момент часу, відповідний стану процесу y. Покажемо, що рівняння (15) є окремим випадком рівняння Колмогорова при $b(t,\xi)=0$. Продиференціювавши (15) за ξ_2, отримаємо вираз:

$$\partial\varphi_t(\xi_2)/\partial t+\mu(t,\xi_2)\partial\varphi_t(\xi_2)/\partial\xi_2+ \\ +\partial\mu(t,\xi_2)\varphi_t(\xi_2)/\partial\xi_2=0. \quad (43)$$

Якщо покласти у виразі (42) $t_x=0$, $x=0$ і $\tau_y=t_x$, то виявиться, що і при $b(t_x,y)=0$ співвідношення (42) буде тотожне рівнянню (43). Це зауваження допоможе знайти щільність $\varphi_0(\xi)$. Як початковий момент часу, напевно, слід прийняти $t_{пр}$ – такий момент часу, починаючи з якого прийнята модель дрейфу МХ ЗВТ АРТС стає адекватною реальному процесу. У проміжку часу $\lfloor 0,t_{пр}\rfloor$ нехтувати стрибкоподібним характером процесу дрейфу МХ ЗВТ АРТС не можна. Але внаслідок того, що пройшло мало часу і спадковий характер дрейфу МХ ЗВТ АРТС (як віддзеркалення в значенні накопичених змін МХ ЗВТ АРТС і їх подальшої нестабільності) ще не встиг виявитися, процес дрейфу МХ ЗВТ АРТС в інтервалі $\lfloor 0,t_{пр}\rfloor$ є марковським процесом з коефіцієнтами $a(t_x,x)$ і $b(t_x,x)$ рівняння (42), не залежними від величин ξ і t_x. Таким чином, процес дрейфу МХ ЗВТ АРТС описується: на інтервалі $\lfloor 0,t_{пр}\rfloor$ – першим рівнянням Колмогорова з постійними коефіцієнтами a і b:

$$\partial\varphi_t(\xi)/\partial t+a\,\partial\varphi_t(\xi)/\partial\xi+0{,}5b\,\partial^2\varphi_t(y)/\partial\xi^2=0, \quad (44)$$

а на інтервалі $\lfloor t_{пр},\infty\rfloor$ – рівнянням (15).

Початковою умовою для рівняння (15) є розв'язок (44) при $t=t_{пр}$. Оскільки при $t=0$ нестабільність МХ ЗВТ АРТС рівна нулю, як початкову умову для формули (44) слід прийняти δ-розподіл ($\varphi_0(\xi)=\delta(\xi)$). У цьому випадку, як показано в [9], справедливо записати:

$$\varphi_t(\xi)=\frac{1}{\sqrt{2\pi bt}}e^{-\frac{(\xi-at)^2}{2bt}}. \quad (45)$$

Щільність початкового розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС $\varphi_0(\xi)$ у виразі (39) є щільністю нормального розподілу з середнім значенням $at_{пр}$ і дисперсією $bt_{пр}$.

Розглянемо тепер ЗВТ АРТС з діапазоном вимірювань $[L_{min},L_{max}]$, де L – значення величини, що вимірюється. У точці L_0 діапазону вимірювань ЗВТ АРТС, прийнятій за початок відліку (наприклад $L_0=0$), щільність розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС $\varphi_{0,L_0}(\xi)$ при $t=0$ відповідно до (45) підкорятиметься нормальному закону. Всі траєкторії $\xi_0(L)$ зміни початкової нестабільності за діапазоном вимірювань матимуть похідні L в будь-якій точці діапазону. Тому для випадкової функції $\xi_0(L)$ будуть справедливі рівняння (15) і (39), в яких час t замінений на значення L. Тому щільність початкового розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС у довільній точці діапазону вимірювань визначається:

$$\varphi_{0,L}(\xi)=\varphi_{0,L_0}[W(L,\xi)]\partial W(L,\xi)/\partial\xi, \quad (46)$$

де $W(L,\xi)$ – функція нестабільності ξ точки L діапазону вимірювань ЗВТ АРТС, аналогічна функції $\varphi(t,\xi)$.

Щільність розподілу $\varphi_{0,L}(\xi)$ є початковою умовою рівняння (15) для нестабільності МХ за час t у точці діапазону ЗВТ АРТС, відповідній значенню L. Для неї справедливо рівняння (39) і, отже, запишемо:

$$\varphi_{t,L}(\xi)=\varphi_{0,L}[\psi(t,\xi)]\partial\psi(t,\xi)/\partial\xi= \\ =\varphi_{0,L_0}[\psi(t,W(L,\xi))]\frac{\partial\psi(t,W(L,\xi))}{\partial W(L,\xi)}\frac{\partial W(L,\xi)}{\partial\xi}. \quad (47)$$

Остаточно, щільність розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС на момент часу t у точці L діапазону вимірювань складає:

$$\varphi_{t,L}(\xi)=\varphi_{0,L_0}[\psi(t,W(L,\xi))]\partial\psi(t,W(L,\xi))/\partial\xi. \quad (48)$$

Висновки

Таким чином, у статті проаналізовано процес дрейфу МХ ЗВТ АРТС і показано, що єдиним параметром, що визначає випадковий процес дрейфу, є умовне математичне сподівання швидкості дрейфу МХ ЗВТ АРТС у певний момент часу. За аналогією з інтенсивністю відмов у класичній теорії надійності цей параметр названий інтенсивністю дрейфу МХ ЗВТ АРТС. Наведено обгрунтовування того, що випадкові процеси дрейфу МХ ЗВТ АРТС, які обумовлені зносом і старінням ЗВТ, описуються диференціальним рівнянням щодо вірогідності знаходження нестабільності МХ ЗВТ АРТС за заданий час у встановлених межах. Запропонована загальна залежність щільності розподілу нестабільності МХ за заданий час за групою ЗВТ АРТС. Доведено, що початковий розподіл нестабільності МХ ЗВТ АРТС підкоряється нормальному закону. Представлена залежність щільності розподілу нестабільності МХ ЗВТ АРТС у довільній точці діапазону вимірювань.

Список літератури

1. Hayes I. Technical memorandum № 63-106 "Factors affecting measurement reliability" // U.S. Naval Ordnance Laboratory, Corona, CA, October 1955.

2. Schumaher R. Recalibration cycles and goals at Rockwell international document X 86-935/101, June 1986.

3. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений // Измерительная техника. – 1991. – № 1.1 – С. 3-10.

4. Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И. Метрологическая надежность измерительных средств. – М.: Машиностроение, 2001. – 96 с.

5. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Избыточная модель надежной эксплуатации средств измерительной техники // Украинский метрологический журнал. – 2004. – № 2. – С. 57-60.

6. Яковлев М.Ю. Метрологическая надёжность средств измерительной техники // Зб. наук. пр. НТУ "ХПІ".– Х.: НТУ "ХПІ", 2005. – Вип. 37. – С. 187-191.

7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1973. – 831 с.

8. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 464 с.

9. Исаев Л.К., Механников А.И. Изменение погрешностей измерительных приборов во времени // Труды метрологических институтов СССР. Вып. 130(190) "Общие вопросы метрологии". – М.-Л.: Изд-во стандартов, 1972. – С. 109- 118.

Надійшла до редколегії 14.09.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.