МЕХАНИКА
ТВЕРДОГО ТЕЛА
№ 4 • 1982

УДК 531.38

О НАБЛЮДАЕМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРАВИЛЬНОМ ВИРАЖЕ

МОРОЗОВ В. М., МАТАСОВ А. И., ШАКОТЬКО А. Г.

Вопросам коррекции инерциальных навигационных систем посвящена обширная литература. Одним из плодотворных подходов к задачам их коррекции является информационный подход, развитый в работах [1–3], где выяснены возможности, представляемые для коррекции дополнительной скоростной и позиционной информацией и построены соответствующие алгоритмы коррекции. При этом предполагалось, что движение объекта происходит по достаточно «стационарным» траекториям.

В публикуемой работе исследуется вопрос о том, какие дополнительные возможности для позиционной и скоростной коррекции дает выполнение объектом правильного виража.

1. Рассмотрим двухкомпонентную инерциальную навигационную систему с горизонтируемой платформой, свободно ориентируемую в азимуте, в которой информация о высоте и вертикальной скорости доставляется внешними по отношению к инерциальной системе источниками. Ошибки инерциальной навигационной системы характеризуются следующими параметрами [1, 2]: $\boldsymbol{\gamma}=\|\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3\|^T$ — вектором малого поворота модельного трехгранника относительно идеального трехгранника, $\boldsymbol{\alpha}=\|\alpha_1\alpha_2\alpha_3\|^T$ — вектором малого поворота приборного трехгранника относительно идеального трехгранника; $\boldsymbol{\beta}=\|\beta_1\beta_2\beta_3\|^T$ — вектором малого поворота приборного трехгранника относительно модельного трехгранника ($\alpha_j=\beta_j+\gamma_j$, $j=1, 2, 3$). Уравнения ошибок имеют вид

$$\begin{gathered}
d\alpha_1/dt=\delta p_1+\nu_1,\quad d\alpha_2/dt=\delta p_2+\nu_2\\
d\delta p_1/dt=-\omega_0^2(\alpha_1+\varepsilon_2)-\omega_2\nu_3\\
d\delta p_2/dt=-\omega_0^2(\alpha_2-\varepsilon_1)+\omega_1\nu_3\\
d\beta_1/dt=-\omega_2\beta_3+\nu_1,\quad d\beta_2/dt=\omega_1\beta_3+\nu_2\\
d\beta_3/dt=\omega_2\beta_1-\omega_1\beta_2+\nu_3
\end{gathered} \tag{1.1}$$

Здесь $\boldsymbol{\omega}=\|\omega_1\omega_2\omega_3\|^T$ — вектор абсолютной угловой скорости вращения идеального трехгранника ($\omega_3=0$), $\boldsymbol{\omega}=\mathbf{u}+\boldsymbol{\Omega}$, $\mathbf{u}=\|u_1u_2u_3\|^T$ — вектор угловой скорости Земли, $\boldsymbol{\Omega}=\|\Omega_1\Omega_2\Omega_3\|^T$ — вектор относительной угловой скорости; δp_1, δp_2 — величины, характеризующие ошибки $\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2$ в определении абсолютной угловой скорости: $\delta p_1=\Delta\omega_1-\omega_2\alpha_3$, $\delta p_2=\Delta\omega_2+\omega_1\alpha_3$, $\boldsymbol{\nu}=\|\nu_1\nu_2\nu_3\|^T$ — вектор приведенных погрешностей гироплатформы; ε_1, ε_2 — приведенные погрешности ньютонометров; ω_0 — частота Шулера.

Воспользуемся следующими математическими моделями инструментальных погрешностей приборов таких систем [4]:

$$\begin{gathered}
\varepsilon_i=\varepsilon_{i0}+\varepsilon_{i1}f_1+\varepsilon_{i2}f_2+\varepsilon_{i3}f_3 \quad (i=1,2)\\
\nu_j=\nu_{j0}+\sum_{i=1}^{3}\delta_{ji}\omega_i+\sum_{i=1}^{3}\rho_{ji}f_i \quad (j=1,2,3)
\end{gathered} \tag{1.2}$$

Здесь ε_{i0}, ν_{j0} — постоянные смещения, ε_{ii}, δ_{ii} — относительные погрешности масштабов, ε_{ij}, δ_{ij} — относительные погрешности, связанные с перекосом осей чувствительности ньютонометров и гироблоков, ρ_{ji} — относительные погрешности гироблоков, вызванные неидеальностью распределения масс по отношению к осям чувствительности, $\|f_1 f_2 f_3\|^T$ — вектор удельной силы, измеряемой ньютонометрами.

Предположим, что для коррекции системы используется дополнительная информация о путевой скорости объекта и его местоположении. В таком случае уравнения измерений [2] имеют вид:

$$\begin{aligned} \sigma_1{}^C &= \delta p_1 + u_3\alpha_2 + u_2\beta_3 - u_3\beta_2 + w_1{}^C \\ \sigma_2{}^C &= \delta p_2 - u_3\alpha_1 + u_3\beta_1 - u_1\beta_3 + w_2{}^C \end{aligned} \tag{1.3}$$

$$\sigma_1{}^M = \alpha_1 - \beta_1 + w_1{}^M, \quad \sigma_2{}^M = \alpha_2 - \beta_2 + w_2{}^M \tag{1.4}$$

где $w_i{}^C$, $w_i{}^M$ $(i=1, 2)$ — приведенные погрешности измерения скорости и координат соответственно.

В комплекснозначных величинах

$$\begin{aligned} &\alpha_+ = \alpha_1 + i\alpha_2, \quad \beta_+ = \beta_1 + i\beta_2, \quad \delta p_+ = \delta p_1 + i\delta p_2 \\ &\omega_+ = \omega_2 - i\omega_1, \quad \Omega_+ = \Omega_2 - i\Omega_1, \quad u_+ = u_2 - iu_1 \\ &\nu_+ = \nu_1 + i\nu_2, \quad \varepsilon_+ = \varepsilon_2 - i\varepsilon_1, \quad i^2 = -1 \end{aligned} \tag{1.5}$$

уравнения ошибок системы (1.1) и уравнения измерений (1.3), (1.4) имеют вид

$$\begin{aligned} &d\alpha_+/dt = \delta p_+ + \nu_+, \quad d\delta p_+/dt = -(\alpha_+ + \varepsilon_+)\omega_0{}^2 - \omega_+\nu_3 \\ &d\beta_+/dt = \nu_+ - \omega_+\beta_3, \quad d\beta_3/dt = \nu_3 + \mathrm{Re}\,(\overline{\omega}_+\beta_+) \end{aligned} \tag{1.6}$$

$$\begin{aligned} \sigma_+{}^C &= \delta p_+ - iu_3(\alpha_+ - \beta_+) + u_+\beta_3 + w_+{}^C \\ w_+{}^C &= w_1{}^C + iw_2{}^C \end{aligned} \tag{1.7}$$

$$\sigma_+{}^M = \alpha_+ - \beta_+ + w_+{}^M, \quad w_+{}^M = w_1{}^M + iw_2{}^M \tag{1.8}$$

где $\mathrm{Re}\,(z)$ — вещественная часть z, $\bar{z}$ — величина, комплексно-сопряженная с z.

В работах [2, 3] проведен анализ наблюдаемости уравнений (1.1) по измерениям (1.3) и (1.4) в предположении, что объект движется по достаточно «стационарным» траекториям:

$$[(d\omega_1/dt)^2 + (d\omega_2/dt)^2]^{1/2} < \max\,(\omega_1{}^2 + \omega_2{}^2)$$

Заметим, что в [2, 3] вычисления производились в действительной форме. Использование комплексной формы записи уравнений ошибок и уравнений измерений позволяет существенно сократить вычисления, компактно представить результаты анализа наблюдаемости.

Поскольку не все навигационные параметры могут быть определены по измерениям (1.3) или (1.4) на стационарных траекториях, представляет интерес вопрос о том, какие дополнительные возможности для определения навигационных параметров появляются при движении объекта по нестационарным траекториям.

Пусть объект совершает правильный вираж, т. е. движется на постоянной высоте с постоянной по величине скоростью и постоянным углом крена. Тогда имеют место соотношения

$$\begin{aligned} &\Omega_+ = (V/(a+h))\exp\,[i(\omega_p t + \varphi)] \\ &d\omega_+/dt = i\omega_p\Omega_+ + i\omega_+ u_3, \quad \omega_+ = \Omega_+ + u_+ \end{aligned} \tag{1.9}$$

где V — величина относительной линейной скорости виража, a — длина большой полуоси земного эллипсоида, h — расстояние от объекта до поверхности земного эллипсоида, ω_p — угловая скорость виража, φ — фаза виража. На вираже, учитывая соотношения (1.2), (1.9), величины ε_i и ν_j можно представить в виде

$$\varepsilon_+=\varepsilon_{+0}+E_1,\quad \nu_+=\nu_{+0}+n_1,\quad \nu_3=\nu_{30}+n_{31}$$

$$\varepsilon_{+0}=\varepsilon_{20}-i\varepsilon_{10},\quad \nu_{+0}=\nu_{10}+i\nu_{20}$$

$$E_1=b_{11}\cos\omega_pt+b_{12}\sin\omega_pt+i(b_{21}\cos\omega_pt+b_{22}\sin\omega_pt)$$

$$n_1=c_{11}\cos\omega_pt+c_{12}\sin\omega_pt+i(c_{21}\cos\omega_pt+c_{22}\sin\omega_pt)$$

$$n_{31}=c_{31}\cos\omega_pt+c_{32}\sin\omega_pt$$

b_{ij}, c_{ij} — некоторые постоянные.

Прежде чем переходить к анализу наблюдаемости, введем безразмерные переменные

$$\alpha_+=\alpha^*\alpha_+',\ \beta_+=\beta^*\beta_+',\ \delta p_+=\delta p^*\delta p_+',\ \omega_+=\omega^*\omega_+',\ \Omega_+=\Omega^*\Omega_+',\ u_+=u^*u_+',$$

$$\nu_+=\nu^*\nu_+',\quad \varepsilon_+=\varepsilon^*\varepsilon_+',\quad \beta_3=\beta_3^*\beta_3',\quad u_3=u_3^*u_3',\quad \nu_3=\nu_3^*\nu_3',$$

$$w_+^{\text{м}}=w^{\text{м}*}w_+^{\text{м}\prime},\ w_+^{c}=w^{c*}w_+^{c\prime},\ t=T^*\tau,\ T^*=(\omega_p)^{-1}$$

Звездочкой обозначены характерные (вещественные) масштабы соответствующих величин на интервале наблюдения. Во многих реальных ситуациях между введенными характерными масштабами имеют место следующие соотношения: $\beta^*=\beta_3^*=\mu^{-1}\alpha^*$, $\delta p^*=\omega_0\alpha^*$, $\varepsilon^*=\alpha^*=w^{\text{м}*}$, $\nu^*=\nu_3^*=$ $=w^{c*}=\omega_0\alpha^*$, $u^*=u_3^*=\omega^*=\Omega^*=\mu\omega_0$, $\mu=\max(\omega_1^2+\omega_2^2)^{1/2}/\omega_0$.

Уравнения ошибок (1.6), уравнения измерений (1.7), (1.8) в новых переменных имеют вид

$$\begin{gathered}\alpha_+'^{\cdot}=\varkappa(\delta p_+'+\nu_{+0}'+n_1'),\quad \beta_+'^{\cdot}=\mu\varkappa(\nu_{+0}'+n_1'-\omega_+'\beta_3')\\ \delta p_+'^{\cdot}=-\varkappa(\alpha_+'+\varepsilon_{+0}'+E_1')-\mu\varkappa\omega_+'(\nu_{30}'+n_{31}')\\ \beta_3'^{\cdot}=\mu\varkappa[\nu_{30}'+n_{31}'+\operatorname{Re}(\overline{\omega}_+'\beta_+')]\\ n_1'^{\cdot}=in_2',\ n_2'^{\cdot}=in_1',\ n_{31}'^{\cdot}=n_{32}',\ n_{32}'^{\cdot}=-n_{31}',\ E_1'^{\cdot}=iE_2',\ E_2'^{\cdot}=iE_1'\end{gathered}\tag{1.10}$$

$$\sigma_+^{\text{м}\prime}=\mu\alpha_+'-\beta_+'+\mu w_+^{\text{м}\prime}\tag{1.11}$$

$$\sigma_+^{c\prime}=\delta p_+'-iu_3'(\mu\alpha_+'-\beta_+')+u_+'\beta_3'+w_+^{c\prime}\tag{1.12}$$

где $\varkappa=\omega_0/\omega_p$; n_2', n_{32}', E_2' — промежуточные переменные.

Будем предполагать, что величины μ и $\varkappa$ малы по сравнению с единицей. Это предположение справедливо для движения объекта со скоростями, характерными для самолетов.

2. Проведем анализ наблюдаемости системы (1.10) по измерению (1.11).

Заметим, что среди переменных, входящих в систему (1.10), имеются «медленные» переменные, изменяющиеся с частотами $\varkappa$ и $\mu\varkappa$, и «быстрые» переменные, изменяющиеся с частотами, равными 1 и 2 соответственно. Введем в соответствии с этим следующие переменные:

$$y_1=\mu\alpha_+'-\beta_+'+\mu w_+^{\text{м}\prime},\quad y_2=\delta p_+'+u_+'\beta_3'$$

$$y_3=\alpha_+'+\varepsilon_{+0}'-\mu u_+'[iu_3'\beta_3'+\operatorname{Re}(\overline{u}_+'\beta_+')]$$

$$y_4=\delta p_+'+\nu_{+0}',\quad y_5=u_+'[\nu_{30}'+iu_3'\beta_3'+\operatorname{Re}(\overline{u}_+'\beta_+')]$$

$$z_1=\Omega_+'\beta_3',\quad z_2=E_1'+\mu[\Omega_+'\nu_{30}-u_+'\operatorname{Re}(\overline{\Omega}_+'\beta_+')]$$

$$z_3=n_1,\quad z_4=E_1'+\mu(\Omega_+'\nu_{30}'+u_+'n_{31}')$$

$$
\begin{gathered}
z_5=\Omega_+'[\nu_{30}'+\mathrm{Re}\,(\bar{u}_+'\beta_+')] \\
z_6=E_2'+\mu[\Omega_+'\nu_{30}'+iu_+'\,\mathrm{Im}\,(\bar{\Omega}_+'\beta_+')] \\
z_7=E_2'+\mu[\Omega_+'\nu_{30}'-iu_+'n_{32}],\quad z_8=n_2 \\
v_1=\Omega_+'n_{31},\quad v_2=\Omega_+'n_{32}',\quad v_3=\Omega_+'\,\mathrm{Re}\,(\bar{\Omega}_+'\beta_+'),\quad v_4=\Omega_+'\,\mathrm{Im}\,(\Omega_+'\beta_+')
\end{gathered} \tag{2.1}
$$

В соотношениях (2.1) y_j — медленные переменные, z_k — переменные, изменяющиеся с частотой равной 1, v_m — переменные, изменяющиеся с частотой, равной 2.

Формальной процедуре выделения наблюдаемых переменных соответствует следующая замена:

$$
\begin{gathered}
x_1=y_1,\quad x_2=y_2+z_1,\quad x_3=iz_1-\varkappa(y_3+z_2) \\
x_4=y_3+z_2-z_6+i\varkappa(y_4+z_3)+\mu(z_5+v_1-v_3-iv_4) \\
x_5=z_6-z_2-i\varkappa(y_4+z_3-z_8)+\mu[z_5+v_1-iv_2+2(v_3-iv_4)] \\
x_6=y_4+i\mu\varkappa^{-1}[2z_5+3(v_1-iv_2)+6(v_3-iv_4)]-i\varkappa z_7 \\
x_7=2[z_5+3(v_1-iv_2)+6(v_3-iv_4)] \\
x_8=6[(v_1-iv_2)+2(v_3-iv_4)]
\end{gathered} \tag{2.2}
$$

Переменные x_i удовлетворяют (с точностью до членов порядка $\mu\varkappa^2$) уравнениям

$$
\begin{gathered}
x_1^{\cdot}=\mu\varkappa x_2,\quad x_2^{\cdot}=x_3,\quad x_3^{\cdot}=ix_3+i\varkappa x_4,\quad x_4^{\cdot}=ix_5 \\
x_5^{\cdot}=-ix_5+\varkappa x_6,\quad x_6^{\cdot}=-\varkappa(x_4+x_5)-\mu\varkappa^{-1}x_7 \\
x_7^{\cdot}=ix_7+ix_8,\quad x_8^{\cdot}=2ix_8,\quad \sigma_M'=x_1
\end{gathered} \tag{2.3}
$$

Матрица системы (2.3) имеет квазитреугольную структуру, что дает возможность использовать понятие меры наблюдаемости [5]. На интервале наблюдения (0,1) (на времени одного виража) переменные $x_2,\ldots,x_8$ наблюдаются слабо (с мерой, не превышающей величины $\mu\varkappa$). Поэтому такого времени наблюдения недостаточно для получения удовлетворительных оценок указанных переменных, что согласуется с очевидными механическими представлениями. Если же интервал наблюдения достаточно велик ($\sim\varkappa^{-1}$), то анализ свойств решений системы (2.3) показывает, что на этом интервале можно получить удовлетворительные оценки переменных $x_1,\ldots,x_5$.

Из наблюдаемости переменных $x_1,\ldots,x_8$ следует наблюдаемость величин y_1, y_2+z_1, y_3, y_4, $z_1+i\varkappa z_2$, z_2-z_6, z_5, $v_1-iv_2+2(v_3-iv_4)$.

Таким образом, кроме наблюдаемых при движении объекта по стационарным траекториям переменных y_1, y_2+z_1, y_3, y_4 [2], наблюдаются также следующие, представляющие интерес комбинации исходных переменных:

$$
\begin{gathered}
z_1+i\varkappa z_2=\Omega_+'\beta_3'+i\varkappa E_1'+i\varkappa\mu[\Omega_+'\nu_{30}'-u_+'\,\mathrm{Re}\,(\bar{\Omega}_+'\beta_+')] \\
z_1+i\varkappa z_6=\Omega_+'\beta_3'+i\varkappa E_2'+i\varkappa\mu[\Omega_+'\nu_{30}'+iu_+'\,\mathrm{Im}\,(\bar{\Omega}_+'\beta_+')]
\end{gathered} \tag{2.4}
$$

Следует отметить, что для получения удовлетворительных оценок при движении объекта по стационарным траекториям требуется такой же интервал наблюдения ($\sim\varkappa^{-1}$).

Величина β_3 в работе [2] определялась из комбинаций y_2+z_1, y_4 с ошибкой, не меньшей ν^*/ω^*, т. е. с ошибкой, порядка самой величины β_3. Здесь из соотношений (2.4) величина β_3 определяется с ошибкой, порядка $\varkappa$.

3. Проведем теперь анализ наблюдаемости системы (1.10) по измерению (1.12). Примем следующую модель систематических погрешностей

датчиков скоростной информации на вираже:

$$w_+^{c\prime}=w_{+0}' \exp(i\tau), \quad w_+^{c\prime\bullet}=iw_+^{c\prime} \tag{3.1}$$

Здесь $w_{+0}'=w_{10}'+iw_{20}'$, $w_{10}'=\text{const}$, $w_{20}'=\text{const}$ — погрешности доплеровского измерителя скорости в системе координат, жестко связанной с объектом.

Как и выше, введем медленные и быстрые переменные:

$$\begin{gathered}
y_1=\delta p_+'+iu_3'\beta_+'-i\mu u_3'\alpha_+'+u_+'\beta_3' \\
y_2=\alpha_+'+\varepsilon_{+0}'+\mu[iu_3'\delta p_+'-u_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+')] \\
y_3=\delta p_+'+\nu_{+0}', \quad y_4=iu_3'\nu_{+0}'+u_+'\nu_{30}'+u_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+')] \\
z_1=w_+^{c\prime}, \quad z_2=E_1'+\mu[\Omega_+'\nu_{30}'-\Omega_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+')] \\
z_3=n_1', \quad z_4=u_+'n_{31}'+\Omega_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+') \\
z_5=E_2'+\mu[\Omega_+'\nu_{30}'-\Omega_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+')], \quad z_6=n_2' \\
z_7=\Omega_+' \operatorname{Re}(\bar{u}_+'\beta_+')-iu_+'n_{32}, \quad v_1=\Omega_+'n_{31}, \quad v_2=\Omega_+'n_{32}
\end{gathered} \tag{3.2}$$

Формальной процедуре выделения наблюдаемых переменных соответствует следующая замена:

$$\begin{gathered}
x_1=y_1+z_1, \quad x_2=iz_1-\varkappa(y_2+z_2) \\
x_3=y_2+z_2-z_5+i\varkappa(y_3+z_3)+i\mu v_2 \\
x_4=z_5-z_2-i\varkappa(y_3+z_3-z_6)-\mu(v_1-iv_2) \\
x_5=y_3-3i\mu\varkappa^{-1}(v_1-iv_2) \\
x_6=6\mu\varkappa^{-1}(v_1-iv_2)-\varkappa z_5, \quad x_7=z_5, \quad x_8=z_2
\end{gathered} \tag{3.3}$$

Переменные x_j удовлетворяют уравнениям

$$\begin{gathered}
x_1^\bullet=x_2, \quad x_2^\bullet=ix_2+i\varkappa x_3, \quad x_3^\bullet=ix_4, \quad x_4^\bullet=-ix_4+\varkappa x_5 \\
x_5^\bullet=-\varkappa x_3+x_6, \quad x_6^\bullet=i\varkappa x_4+2ix_6+i\varkappa x_7 \\
x_7^\bullet=ix_8, \quad x_8^\bullet=ix_7, \quad \sigma^{c\prime}=x_1
\end{gathered} \tag{3.4}$$

Система (3.4) так же, как система (2.3), имеет квазитреугольную структуру. На интервале (0,1) переменные x_1 и x_2 наблюдаются хорошо, переменные x_3 и x_4 имеют меру наблюдаемости $\varkappa$, остальные переменные имеют меньшую меру наблюдаемости. Таким образом, на интервале (0,1) возможно получить удовлетворительные оценки переменных x_1, x_2 и следовательно, величин y_1 и z_1, т. е. ошибок в определении скорости и систематических погрешностей датчиков скоростной информации. На достаточно длительном интервале наблюдения можно получить удовлетворительные оценки переменных x_1, x_2, x_3, x_4.

Из наблюдаемости переменных $x_1, \ldots, x_8$ следует наблюдаемость величин y_1, y_3, z_1, z_2, z_5, z_3-z_6, v_1-iv_2, $y_2+i\varkappa z_6+i\mu v_2$.

Таким образом, кроме наблюдаемых при движении объекта по стационарным траекториям переменных y_1+z_1, y_2, y_3 [2] наблюдаются представляющие интерес величины $z_1=w_+^{c\prime}$, $y_1=\delta p_+'+iu_3'(\beta_+'-\mu\alpha_+')+u_+'\beta_3'$, причем y_1 — основная составляющая ошибки в вычислении скорости объекта.

Результаты проведенного анализа наблюдаемости используются при построении конкретных алгоритмов коррекции инерциальных навигационных систем. Математическое моделирование таких алгоритмов подтверждает выводы, полученные выше при анализе наблюдаемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Парусников Н. А.* Задачи коррекции в инерциальной навигации.— Научн. тр. Ин-та механики МГУ, 1973, № 29, с. 42—70.
2. *Парусников Н. А., Каленова В. И., Парусникова О. И., Шакотько А. Г.* Задача наблюдаемости при коррекции инерциальных навигационных систем.— Научн. тр. Ин-та механики МГУ, 1974, № 33, с. 11—21.
3. *Морозов В. М., Каленова В. И., Парусников Н. А., Шакотько А. Г.* О коррекции инерциальных навигационных систем с помощью совместной скоростной и позиционной дополнительной информации.— Изв. АН СССР. МТТ, 1981, № 5, с. 12—19.
4. Самолетные навигационные системы: Перев. с англ. / Под ред. В. Ю. Поляка. М.: Воениздат, 1973. 462 с.
5. *Парусников Н. А., Каленова В. И., Морозов В. М., Шакотько А. Г.* О мере наблюдаемости.— В кн.: Некоторые вопросы навигации и управления. М.: Изд-во МГУ, 1980, с. 29—37.

Москва

Поступила в редакцию
12.XI.1980