

ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ім. ІРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

На правах рукопису

Лазорик Василь Васильович

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ
РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

05.13.16 - застосування обчислювальної
техніки, математичних методів і матема-
тичного моделювання в наукових дослід-
женнях

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Чернівці - 1992

Робота виконана на кафедрі Математичних проблем управління і кібернетики Чернівецького державного університету ім. Мрія Федьковича.

Науковий керівник - доктор фіз.-мат. наук,
професор Кириченко М. Ф.

Офіційні опоненти - доктор фіз.-мат. наук,
професор Берб'юк В. Е.,
кандидат фіз.-мат. наук,
доцент Мігуца Д. О.

Провідна організація - Київський університет.

Захист дисертації відбудеться "27 листопада" 1992 р.
о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради
К 068.16.05 в Чернівецькому державному університеті за
адресою : 274012, Чернівці- 12, вул. Коцюбинського, 2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ЧДУ
(вул. Лесі Українки, 23).

Автореферат розіслано "26 листопада" 1992 р.

Учений секретар спеціалізованої ради,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

Садов'як А.М.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00816182 (Q)

ЛННБ ім. В. Стефаника
АН УРСР

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ: Ефективність виробництва в будь-якій галузі визначається рівнем автоматизації і можливістю швидкої перебудови технологічних процесів. Ці дві особливості тісно пов'язані з впровадженням робототехнічних комплексів і систем, що є основою гнучких ліній. Оскільки створення таких виробництв вимагає значних фінансових і матеріальних ресурсів, то актуальним є розробка різноманітних технологій моделювання і оптимізації виробничих процесів як у фазі проектування, так і під час експлуатації та переналадки. Одним з таких технологій є математичне моделювання різноманітних процесів гнучких виробництв на персональних комп'ютерах, графічні засоби та швидкодія яких дасть можливість якісно і наглядно дослідити особливості виробництва. Важливою проблемою є також визначення стратегії керування, яка може бути розв'язана за допомогою математичних засобів і їх реалізації на комп'ютерах.

Якщо структурно розглянути роботизований комплекс, то відносно вивчення процесів проектування і керування, геометричних, статичних, кінематичних та динамічних процесів, пов'язаних з роботом, можна зробити висновки, викладені вище.

Дана робота присвячена розробці математичних засобів структурованого моделювання на комп'ютерах робототехнологічних процесів, що підкреслює її актуальність.

МЕТА РОБОТИ :

- структурний опис ланок, маніпуляційних та складних роботів;
- побудова математичних моделей геометричних, статичних, кінематичних та динамічних процесів;
- постановка та класифікація задач геометричних і статичних процесів;
- побудова алгоритмів і аналіз методів розв'язування задач,
- створення системи математичного моделювання геометричних та статичних процесів на персональних комп'ютерах.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ : Основні результати дисертаційної роботи отримані шляхом узагальнення принципів опису маніпуляційних та складних роботів на основі структуризації типів даних, тобто використання принципів об'єктно-орієнтованого програмування, застосування загальної теорії оптимального керування, теоретичної і прикладної механіки, методів оптимізації, варіаційного числення та сучасних числових методів, теорії алгоритмів для розв'язування задач геометричних та статичних процесів.

НАУКОВА НОВИЗНА. В процесі дослідження одержані такі результати :

- введена структуризація типів даних робототехнічних процесів, і в цих термінах побудовані геометричні, статичні, кінематичні та динамічні математичні моделі маніпуляційних та складних роботів;
- приведена постановка та класифікація задач геометричних та статичних процесів;
- побудовані методи та алгоритми розв'язування поставлених задач;

- сформульовано принципи мінімізації роботи маніпуляційного робота на нединамічних траєкторіях з доведенням відповідних теорем;
- побудована нова модифікація методу проєкції градієнта для процедури мінімізації функціоналів.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. Отримані результати та їх програмна реалізація можуть бути використані при побудові математичних моделей робототехнічних процесів, розробці систем автоматичного проєктування та моделювання роботів. Запропоновані методи можуть застосовуватися в інших областях наукових досліджень.

НА ЗАХИСТ ВІНОСИТЬСЯ :

1. Структуризація типів даних для опису геометричних, статичних, кінематичних та динамічних математичних моделей маніпуляційних та складних роботів.
2. Постановка та класифікація задач геометричних та статичних процесів.
3. Методи та алгоритми розв'язування поставлених задач.
4. Принципи мінімізації роботи маніпуляційного робота на нединамічних траєкторіях з доведенням відповідних теорем.
5. Діалогова підсистема моделювання геометричних та статичних процесів з графічним відображенням інформації.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні результати і зміст роботи обговорювалися та доповідалися :

- на всеукраїнській науково-технічній конференції з проблем, задач та досвіду застосування технології розробки і впровадження засобів АСУ ТП, м. Чернівці 1990 р.,

- на всесоюзній конференції "Керування в механічних системах", м. Свердловськ, 1990 р.,
- на міжнародному семінарі з методів і програмного забезпечення для дослідження систем автоматичного керування, м. Іркутськ, 1991 р.,
- на республіканському семінарі з математичних проблем керування, м. Чернівці, 1989-1992 рр.,
- на робочих семінарах кафедри математичних проблем управління і кібернетики Чернівецького держуніверситету.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основні результати дисертації опубліковані в 4-х роботах, список яких знаходиться в кінці автореферату.

ОБ'ЄМ І СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЇ. Робота складається з вступу, трьох глав, висновку, списку літератури та додатків. Бібліографія складає 76 найменувань, загальний об'єм дисертації 111 сторінок.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ. У вступі проводиться коротка характеристика досліджень та огляд літератури з питань, які відносяться до теми дисертації. Обґрунтовується актуальність та новизна вибраної теми дисертації, формулюються напрямки досліджень в даній області. Подається короткий аналіз сучасного стану розглянутої проблеми.

В першій главі вводиться поняття геометричних, статичних, кінематичних та динамічних структур ланки, корпусу, маніпуляційного та складного робота. Будуються математичні моделі роботів.

В § 1.1 приведені означення геометричної, статичної, кінематичної та динамічної структур ланки та корпусу :

$$GSL = \{ \vec{b}, C, \Phi(\cdot) \},$$

$$KSL = \{ GSL, \vec{p} \},$$

$$SSL = \{ KSL, G \},$$

$$DSL = \{ SSL, j \}$$

$$GSB = \{ \vec{b}(1), C(1), \vec{b}(2), C(2), \dots,$$

$$\vec{b}(s), C(s), \Phi(\cdot) \},$$

$$KSB = \{ GSB, \vec{p} \},$$

$$SSB = \{ KSB, G \},$$

$$DSB = \{ SSB, j \}.$$

Використовуючи введені структури, в §1.2 вводяться поняття структур маніпуляційних та складних робіт :

$$GSMR = \{ m, GSL(0), \alpha(1), GSL(1), \dots, \alpha(m), GSL(m) \},$$

$$GSCR = \{ GSL(0), GSB, GSCR(1), \dots, GSCR(s) \},$$

$$KSMR = \{ m, GSL(0), \alpha(1), KSL(1), \dots, \alpha(m), KSL(m) \},$$

$$KSCR = \{ GSL(0), KSB, KSCR(1), \dots, KSCR(s) \},$$

$$SSMR = \{ GSL(0), \alpha(1), SSL(1), \dots, \alpha(m), SSL(m) \},$$

$$SSCR = \{ GSL(0), SSB, SSCR(1), \dots, SSCR(s) \},$$

$$DSMR = \{ m, GSL(0), \alpha(1), DSL(1), \dots, \alpha(m), DSL(m) \},$$

$$DSCR = \{ GSL(0), DSB, DSCR(1), \dots, DSCR(s) \}.$$

Для опису геометричних процесів у третьому параграфі будуться два типи геометричних математичних моделей маніпуляційних робіт, які задаються у вигляді рекурентних співвідношень :

$$\alpha(j-1) = C(j-1)[\alpha(j)A_1^T(\theta_j) + (1-\alpha(j))E] \cdot (1)$$

$$\cdot \alpha(j) + \beta(j-1) + (1-\alpha(j)) \cdot C_1(j-1),$$

$$D(j-1) = C(j-1)[\alpha(j)A_1^T(\theta_j) + (1-\alpha(j))E] \cdot D(j), \quad j = \overline{m, 1} \quad (2)$$

$$\alpha(m) = \beta(m), \quad D(m) = C(m), \quad (3)$$

і другого типу

$$O(j) = O(j-1) + X(j-1)[\beta(j-1) + (1-\alpha(j))C_1(j-1)] \quad (4)$$

$$X(j) = X(j-1) \cdot C(j-1)[\alpha(j)A_1^T(\theta_j) + (1-\alpha(j))E], \quad j = \overline{1, m} \quad (5)$$

$$O(0) = 0, \quad X(0) = E \quad (6)$$

та два типи геометричних математичних моделей складних роботів.

Далі вводяться рекурентні співвідношення для опису кінематичних, статичних та динамічних процесів маніпуляційних та складних роботів.

Друга глава присвячена постановкам задач та побудові алгоритмів і методів розв'язування задач геометричних та статичних процесів.

В першому параграфі другої глави, вводиться ряд означень для математичного опису геометричних процесів.

Означення 2.1. Радіус-вектор $\vec{S}(j)$ "виходу" j -ої ланки в абсолютній системі координат – будемо називати вектором положення j -ої ланки MP .

Означення 2.2. Вектором підходу $\vec{K}(j)$ j -ої ланки MP будемо називати вектор $\vec{K}_1(j)$ в абсолютній системі координат.

Означення 2.3. Векторам орієнтації $\vec{F}(j)$ j -ої ланки МР будемо називати вектор $\vec{K}_2(j)$ в абсолютній системі координат.

Означення 2.4. Трійку векторів $(\vec{S}(j), \vec{K}(j), \vec{F}(j))$ будемо називати повним станом j -ої ланки МР в абсолютній системі координат.

Трійку $(\vec{S}(m), \vec{K}(m), \vec{F}(m))$ будемо називати повним станом захвату.

Нижче $(\vec{S}, \vec{K}, \vec{F})$ будемо розуміти як $(\vec{S}(m), \vec{K}(m), \vec{F}(m))$.

В термінах цих означень формулюються основні задачі.

Задача 2.1(Пряма задача про геометричний стан МР).

Задано : $GSMR, \vec{\theta}$.

Знайти : $(\vec{S}, \vec{K}, \vec{F})$.

Задача 2.2(Обернена задача про геометричний стан МР).

Задано : $GSMR, (\vec{S}, \vec{K}, \vec{F})$.

Знайти : $\vec{\theta}$.

Задача 2.3(Про допустимість геометричного стану МР).

Задано : $GSMR, GSE$ - геометрична структура зовнішнього середовища, $(\vec{S}, \vec{K}, \vec{F})$.

Визначити : допустимість геометричного стану МР.

Задача 2.4(Про побудову траєкторії руху з обходом перешкод МР).

Задано : $GSMR, \vec{\theta}[1], \vec{\theta}[2]$, або $(\vec{S}[1], \vec{K}[1], \vec{F}[1]), (\vec{S}[2], \vec{K}[2], \vec{F}[2])$.

Знайти : допустиму траєкторію.

Якщо ввести деякий критерій якості побудови траєкторії

$$J(u) = \int_0^1 F(x(t), u(t)) dt + \Phi(x(1)), \quad (7)$$

то задача 2.4 має вигляд :

Задано : $GSMR, \vec{\theta}[1], \vec{\theta}[2]$, або $(\vec{s}[1], \vec{k}[1], \vec{r}[1])$,
 $(\vec{s}[2], \vec{k}[2], \vec{r}[2])$, критерій якості (7).

Знайти : допустиму траєкторію.

Задача 2.5(Про побудову множин досяжності MP).

Означення 2.10. Повний стан захвата $(\vec{s}, \vec{k}, \vec{r})$ для заданої $GSMR$ називається досяжним, якщо існує $\vec{\theta}$ - розв'язок оберненої задачі про геометричний стан MP для цієї трійки векторів.

Означення 2.10. $\Omega_{(skr)}$ - множина всіх досяжних повних станів захвату для заданої $GSMR$.

Далі вводиться означення інших множин досяжності MP .

Задано : $GSMR, GSE$.

Знайти : $\Omega_{(skr)}$.

Задача 2.6(Про істіровку геометричних параметрів MP).

Задано : $GSMR^i, \vec{\theta}[i], (\vec{s}[i], \vec{k}[i], \vec{r}[i])$, $i = \overline{1, N}$.

Знайти : $GSMR$.

Задача 2.7(Оптимізація геометричної структури маніпуляційних роботів).

Задано : $GSMR^i, SET = \{GSL(0), \dots, GSL(N)\}$. $\Omega_{sev} = \{(\vec{s}[1], \vec{k}[1], \vec{r}[1]), \dots, (\vec{s}[M], \vec{k}[M], \vec{r}[M])\}$, критерій

якості.

Знайти : $GSMR$.

Аналогічно формулюється задачі 2.8-2.13 для моделювання геометричних процесів складного робота.

В другому параграфі формулюються задачі математичного моделювання статичних процесів для маніпуляційних та складних робіт.

Задача 2.14 (Пряма задача про статичне положення МР).

Задано : $SSMR, \vec{R}(m+1), \vec{Q}(m+1)$.

Знайти : $u(i), i = \overline{1, m}$.

Задача 2.15 (Обернена задача про статичне положення МР).

Задано : $SSMR, u(i), i = \overline{1, m}$.

Знайти : $\vec{R}(i), \vec{Q}(i), i = \overline{1, m+1}$.

Задача 2.16 (Про силово-моментну взаємодію МР у положенні статичної рівноваги).

Задано : $SSMR, U = \{u(i) : u_{\min} \leq u(i) \leq u_{\max}\}$.

Знайти : $\vec{e}_1^T R(m+1) + \vec{e}_2^T Q(m+1) \rightarrow \text{extmum}$
 $u \in U$.

Задача 2.17 (Про оптимальну статичну конфігурацію МР).

Задано : $SSMR, (\vec{s}, \vec{K}, \vec{\Gamma})$, критерій якості.

Знайти : оптимальне положення МР.

Задача 2.18 (Побудова оптимальної траєкторії руху МР з статичним критерієм якості).

Задано : $SSMR, \vec{\theta}[0], \vec{\theta}[1]$, критерій якості.

Знайти : оптимальну траєкторію МР.

Задача 2.19 (Про встановку статичних параметрів МР).

Задано : $SSMR, \vec{\theta}[i], \vec{R}(i, j), \vec{Q}(i, j), u(i, j), j = \overline{1, m},$
 $\vec{R}(i, m+1), Q(i, m+1), i = \overline{1, N}$.

Знайти : SSMR.

Задача 2.20 (Оптимізація структури МР за статичними параметрами).

Задано : SSMR^p, критерій якості.

Знайти : SSMR.

Далі формулюються задачі 2.21-2.27 математичного моделювання статичних процесів складних робіт.

В третьому та четвертому параграфі формулюються алгоритми та методи розв'язування поставлених задач. При побудові алгоритмів використовуються теореми.

Теорема 2.1. Якщо матриці $K(i), i=\overline{1, m}$ визначаються рекурентними співвідношеннями (5)-(6), то при $\ell > j$

$\text{grad}_{\theta_e} K(j) = 0$ - нульова (3x3) матриця,

якщо $\ell < j$ то

$$\text{grad}_{\theta_e} K(j) = K(\ell) D K(\ell)^T K(j),$$

де

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Теорема 2.2. Нехай x, b, d -вектори розмірності $n \times 1$,

X, A, C - матриці розмірностей $n \times n$, тоді :

$$\text{grad}_x x^T x = 2x,$$

$$\text{grad}_x (x-b)^T(x-b) = 2(x-b),$$

$$\text{grad}_x (b-x)^T(b-x) = -2(b-x),$$

$$\text{grad}_x (Ax)^T(Ax) = 2AA^T x,$$

$$\text{grad}_x x^T(Ax) = (A+A^T)x,$$

$$\text{grad}_x (Ax)^T b = A^T b,$$

$$\text{grad}_x (Xb)^T(Xb) = 2^T X b b^T,$$

$$\begin{aligned} \text{grad}_X (XB)^T d &= dB^T, \\ \text{grad}_X (AXB)^T d &= (dB^T) \cdot A, \\ \text{grad}_X (XAB)^T d &= A(dB^T), \\ \text{grad}_X (AXCB)^T d &= C(dB^T) \cdot A, \\ \text{grad}_X \text{tr}(AXC) &= C^T A, \\ \text{grad}_X \text{tr}(XX^T A) &= 2XA, \\ \text{grad}_X \text{tr}(AXX^T C) &= 2CXA. \end{aligned}$$

В § 2.4. розглядається задача знаходження мінімального значення функціоналу :

$$J(u) = \int_{t_0}^T |G(x(t), u(t), t)| dt \rightarrow \min \quad (8)$$

при умовах

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t), u(t), t), \quad t \in [t_0, T] \quad (9)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad (10)$$

$$u(t) \in V, \quad t \in [t_0, T] \quad (11)$$

де керування $u = u(\cdot)$, кусково-неперервне на $[t_0, T]$; $u(t) = u(t+0), t \in [t_0, T], u(T) = u(T-0)$; моменти t_0, T і точка x_0 - задані; V - задана множина з $R^m: x = (x_1, \dots, x_n)$, $f = \{f^1, \dots, f^n\}$, $u = (u_1, \dots, u_m)$. Будемо допускати, що функції $G(x, u, t)$, $f(x, u, t)$ мають часткові похідні

$$G_x = \{G_{x_1}, \dots, G_{x_n}\}, \quad f_x = \{f_{x_i}^j, i, j = \overline{1, n}\}$$

по змінних (x_1, \dots, x_n) , і неперервні разом з цими похідними за сукупністю своїх аргументів при $x \in R^n, u \in V, t \in [t_0, T]$.

Крім цього функція $G(x(t), u(t), t) R^n \times R^m \times R^1 \rightarrow R^1$ задовільняє наступним умовам:

1. Функція $G(x(t), u(t), t)$ при заданій парі $(x(t), u(t))$ на $t \in [t_0, T]$ змінює знак скінченне число разів.

2. Функція $G(x(t), u(t), t)$ при заданій парі $(x(t), u(t))$ в точці зміни знаку t^* має повну похідну, відмінну від нуля, більше того будемо вважати, що існує таке $\epsilon > 0$, при якому

$$\left| \frac{d G(x(t), u(t), t)}{dt} \right|_{t=t^*} > \epsilon > 0.$$

Теорема 2.4. Нехай $(x(t), u(t)), t \in [t_0, T]$, - розв'язок задачі (8)-(11), причому $G(x, u, t)$ задовільняє умовам 1, 2. Тоді

$$\sup_{u \in V} H(x(t), u, t, p(t)) = H(x(t), u(t), t, p(t)), t \in [t_0, T]$$

де

$$H(x(t), u(t), t, p(t)) = - \text{sign}(G(x(t), u(t), t)) \cdot G(x(t), u(t), t) + p(t)^T f(x(t), u(t), t), t \in [t_0, T]$$

а функція $p(t) = p(u, t), t \in [t_0, T]$, є розв'язком спряженої задачі :

$$\begin{aligned} \frac{dp(t)}{dt} &= - \text{grad}_x H(x, u, t, p(t)) \Big|_{\substack{x=x(t) \\ u=u(t)}} = \\ &= \text{sign}(G(x(t), u(t), t)) \cdot \text{grad}_x G(x(t), u(t), t) - \\ &- \text{grad}_x f(x(t), u(t), t)^T p(t), t \in [t_0, T] \\ p(T) &= 0. \end{aligned}$$

При розв'язуванні задачі про мінімізацію роботи на нединамічних траєкторіях, будується нова модифікація методу проєкції градієнта для процедури мінімізації функціоналів, яка дозволяє зберегти незмінним положення правого кінця траєкторії.

Третя глава присвячена розробці програмного забезпечення системи математичного моделювання робототехнічних процесів. В першому параграфі вводяться абстракції для структур даних, які записані у вигляді специфікацій. В параграфі § 3.2 коротко подається структурна схема програмного продукту та характеристика основних блоків.

У висновку приведений короткий аналіз роботи.

Додаток складається з двох частин : у першій - приводяться деякі класичні результати, які використовуються при доведенні теорем, у другій - лістинги програм підсистеми моделювання геометричних і статичних процесів, розробленої дисертантом.

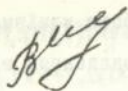
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ :

1. Введена структуризація типів даних для опису робототехнічних процесів ("ланка", "корпус", "маніпуляційний робот", "складний робот").
2. Побудовано математичні моделі геометричних, статичних, кінематичних та динамічних процесів.
3. Приведена постановка та класифікація задач геометричних та статичних процесів.
4. Побудовані методи та алгоритми розв'язування поставлених задач.
5. Сформульовано принцип мінімізації роботи маніпуляційного робота на нединамічних траєкторіях з доведенням відповідних теорем.
6. Реалізовано програмне забезпечення для моделювання геометричних та статичних процесів МР.
7. Результати можуть використовуватися при побудові математичних моделей робототехнічних процесів, розробці систем ав-

томатичного проектування та моделювання роботів.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в наступних роботах :

1. Сопронюк Ф.А., Лазорик В.В. Подсистема автоматизированного проектирования геометрических структур манипуляционных роботов. // Седьмая всесоюзная научно-техническая конференция "Проблемы, задачи и опыт применения технологии разработки и внедрения средств АСУ ТП". Тез. докл. Всесоюз. конференции. Черновцы: АН УССР, 1990 г. с 26.
2. Кириченко Н.Ф., Сопронюк Ф.А., Лазорик В.В. Оптимизация в системах проектирования робототехнологических операций. // Седьмая всесоюзная конференция "Управление в механических системах". Тез. докл. Всесоюз. конференции. Свердловск: АН СССР, 1990 г. с 52.
3. Кириченко Н.Ф., Сопронюк Ф.А., Лазорик В.В. Математические структуры САПР мехатронных систем управления. // Международный семинар по методам и программному обеспечению для исследования систем автоматического управления. Тез. докл. междунар. сем. Иркутск: АН СССР, 1991 г. с 83.
4. Сопронюк Ф.А., Лазорик В.В. Системный подход к моделированию геометрических и статических процессов мехатронных систем. // Деп. в УкрИНТЭИ № 1329-Ук92, Черновцы, 1992. 46 с.



АНБ им. С. Стефанова
АН УРСР

В основу разработки положены работы Черновицкого государственного университета в следующих работах:

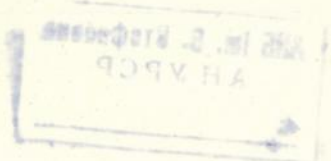
1. Соприкань Ф.В., Азарнас В.В. Подсистема контроля и управления проектной работой в системе автоматизации проектирования многоэтапных работ // Сельская экономика Украины. Киев: Издательство "Проблемы, методы и опыт экономического строительства Украины и внедрения средств АСУ ЭС". Тираж 100. Бесплатно. Черновцы: АН УССР, 1987 - с. 15.
2. Карпенко В.В., Соприкань Ф.В., Азарнас В.В. Автоматизация систем контроля работоспособности машин // Сельская экономика Украины. Киев: Издательство "Проблемы, методы и опыт экономического строительства Украины и внедрения средств АСУ ЭС". Тираж 100. Бесплатно. Черновцы: АН УССР, 1988 - с. 10.
3. Карпенко В.В., Соприкань Ф.В. Автоматизация систем контроля работоспособности машин // Сельская экономика Украины. Киев: Издательство "Проблемы, методы и опыт экономического строительства Украины и внедрения средств АСУ ЭС". Тираж 100. Бесплатно. Черновцы: АН УССР, 1988 - с. 10.
4. Соприкань Ф.В., Азарнас В.В. Автоматизация систем контроля работоспособности машин // Сельская экономика Украины. Киев: Издательство "Проблемы, методы и опыт экономического строительства Украины и внедрения средств АСУ ЭС". Тираж 100. Бесплатно. Черновцы: АН УССР, 1988 - с. 10.

Подписано к печати 26.10.92.
 Формат 60x84/16. Бумага писчая № 1.
 Офсетная печать. Усл.печ. листов I,0.
 Уч.-изд.листов I,1. Заказ 332.
 Тираж 100. Бесплатно

Лаборатория копировально-множительной печати

Черновицкого государственного университета

г.Черновцы, ул.Кощубинского,2



467354

AB 25.767

✓

SECRET/IA 110
AB 25.767
SECRET/IA 110
AB 25.767
SECRET/IA 110
AB 25.767

✓