

3. Бармин С.М., Кортов С.В., Севастьянов А.А., Шепатковский О.П. // Измерительная техника. – 1991. – 2. – С. 38–39.
4. Струнский М.Г., Горбов М.М., Бесконтактные емкостные микрометры. – Л., 1986.
5. Брайловский В.В. Жук О.П., Тарко Л.О., Шеляг А.Р. // Измерительная техника. – 1983. – 12. – С. 49–50.
6. Брайловский В.В. Тарко Л.О., Шеляг А.Р. // Физическая электроника. – 1989. – 38. – С. 126–131.
7. Бухгольц В.П., Тисевич Э. Г., Емкостные преобразователи в системах автоматического контроля и управления. – М., 1972. – 464. – С. 78.

УДК 621.856.8

О.В. Бланар, І.П. Вакуєв, Л.І. Громок, О.В. Гусєв, Ю.А. Карпачов,
С.І. Ключас, М.А. Павловський, Г.В. Ракша, Ю.М. Рудик, Л.Р. Слободян
ЗАТ НПП “Авікос-Електрон”, Львів

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНОВОГО САМОХІДНОГО МАНІПУЛЯТОРА

© Бланар О.В., Вакуєв І.П., Громок Л.І., Гусєв О.В., Карпачов Ю.А., Ключас С.І.,
Павловський М.А., Ракша Г.В., Рудик Ю.М., Слободян Л.Р., 2002

O.V. Blanar, I.P. Vakujev, L.I. Gromok, O.V. Gusev, Ju.A. Karpachov,
S.I. Klufas, M.A. Pavlovskii, Raksha G.V., Ju.M. Rudyk, L.R. Slobodian

TECHNICAL VISION SYSTEM FOR REMOTE CONTROLLED SELF- PROPELLED MANIPULATOR

© Blanar O.V., Vakujev I.P., Gromok L.I., Gusev O.V., Karpachov Ju.A., Klufas S.I.,
Pavlovskii M.A., Raksha G.V., Rudyk Ju.M., Slobodian L.R., 2002

Обґрунтовані структура та основні вимоги до технічних характеристик системи технічного зору для дистанційно-керованого самохідного маніпулятора. Наведена структура розробленого експериментального зразка системи, визначені його основні характеристики стереоефекту.

The structure and the main requirements for technical characteristics of technical vision system for distant driving self-propelled manipulator are substantiated. The experimental system model structure is given and the main stereo effect characteristics of system model are obtained.

Вступ. Однією з актуальних задач сьогодення, пов'язаною із безпекою персоналу, що задіяний на роботах в зонах з підвищеним рівнем радіації, хімічної забрудненості і в інших техногенних зонах, є створення дистанційно керованих комплексів (ДКК), в яких оператор дистанційований від активного механізму, що працює в небезпечній зоні, а контроль і керування останнім відбувається шляхом прийомо-передачі радіосигналів через радіоканал. Очевидно, що основною складовою частиною ДКК повинна бути телевізійна система

технічного зору (СТЗ) як найбільш інформативна, що надає оператору можливості просторової орієнтації і прийняття оптимального рішення, що особливо важливо при дистанційній роботі з самохідними активними механізмами-маніпуляторами, а також для забезпечення оператора ДКК інформацією, необхідною для розв'язання технологічних задач при роботі виконавчих механізмів ДКК, відображенням оточуючого простору, самого маніпулятора і робочого інструменту на телевізійному моніторі [1].

Вимоги до параметрів СТЗ. Для забезпечення сприйняття рельєфності предметів, які знаходяться в зоні роботи маніпулятора, віддалі між ними, глибини їх розміщення необхідне застосування стереотелевізійної системи [2].

Оснвою такої СТЗ становить телевізійний канал стереоскопічного огляду (ТКСО) робочої зони ДКК. Стереоскопічність зображення досягається використанням принципу бінокулярного зору для передачі рельєфності і просторовості. Сприйняття рельєфності предметів, віддалі між ними і глибини простору забезпечується, головним чином, наявністю очного базису (відстані між центрами зрачків). Як відомо [3], радіус стереоскопічного зору r_0 прямо пропорційний очному базису b_0 , який для зрачків людини становить в середньому 65 мм, і обернено пропорційний порогу глибинного зору δ , величина якого становить $10'' - 20''$:

$$r_0 = \frac{b_0}{\delta}. \quad (1)$$

При безпосередньому спостереженні маємо

$$r_0 = \frac{65 \text{ мм}}{10''} = \frac{65 \text{ мм}}{10/206000} = 1,34 \text{ км}; \quad (2)$$

для $\delta = 20''$: $r_0 = 0,67 \text{ км}$, тобто в середньому сприйняття рельєфності предметів при безпосередньому спостереженні обмежується відстанню 1 км.

Телевізійна бінокулярність досягається, в першому наближенні, двома передавальними відеокамерами, базис передачі яких буде визначатись відстанню між оптичними осями об'єктивів. Збільшуючи цю віддаль, можна підвищувати стереоефект системи або дальність стереоспостереження.

Підвищення стереоефекту телевізійної системи характеризується величиною повної пластики системи Π , яка характеризує ступінь рельєфності зображення природи порівняно з її спостереженням неозброєним оком:

$$\Pi = k \frac{b \cdot f_1}{b_0 \cdot f_2}, \quad (3)$$

де k – лінійне збільшення телевізійної системи (відношення сторони кадру зображення на приймальному екрані до відповідної сторони кадру на фотокатоді відеокамери); b – базис передачі; b/b_0 – питома пластика системи; f_2/f_1 – збільшення телескопічної системи, складеної з лінз передавача та приймача.

Отже, пластика телевізійної системи тим більша, чим більші базис передачі і кутове збільшення системи.

Для об'ємного відтворення телевізійних зображень необхідні дві умови:

- 1) одночасна передача двох зображень, що утворюють стереопару і фіксуються з деяким базисом зйомки;
- 2) роздільна дія на праве і ліве око відповідними кадрами відтвореної стереопари.

Реальна телевізійна система вносить спотворення у відтворення зображення об'єктів, що передаються. Крім того, відтворення об'ємних телевізійних зображень має специфічні особливості, які необхідно враховувати при проектуванні і розробці телевізійних систем технічного зору [4, 5]. До таких належать вибір базису передачі, вибір оптики і типу відеокамер, розташування оптичних осей відеокамер, спосіб передачі зображення, спосіб одночасного приймання і відтворення двох зображень на моніторах, вибір окулярної оптики тощо. Це накладає свої вимоги при пошуку і реалізації оптимального схемотехнічного і конструктивного рішення СТЗ.

Структура експериментального зразка СТЗ. Метою цієї роботи є створення експериментального зразка СТЗ, який призначений:

- для забезпечення оператора самохідного дистанційно-керованого маніпулятора МП711М інформацією, необхідною для розв'язання навігаційної задачі при його переміщенні в дистанційно-керованому режимі, відображенням оточуючого простору на панорамному моніторі пульта управління;

- для забезпечення оператора самохідного маніпулятора інформацією, необхідною для розв'язання технологічних задач при роботі виконавчих механізмів, відображенням оточуючого простору, маніпулятора і робочого інструменту на стереоскопічному моніторі пульта управління;

- для відображення на панорамному моніторі пульта управління інформації про параметри силового агрегату і виконавчих органів маніпулятора, а також розташування поздовжньої осі поворотної платформи СДКК щодо його шасі;

- для відтворення акустичного фону в зоні роботи маніпулятора.

Зважаючи на цільове призначення СТЗ і враховуючи вищенаведені вимоги, до її складу повинні входити:

- канал стереоскопічного огляду робочої зони інструменту;

- канал панорамного огляду оточуючого простору, суміщений з каналом телеметрії параметрів стану силового агрегату і виконавчих органів.

Блок-схема СТЗ наведена на рисунку.

Для забезпечення технічних вимог до складу каналу стереоскопічного огляду робочої зони інструменту входять:

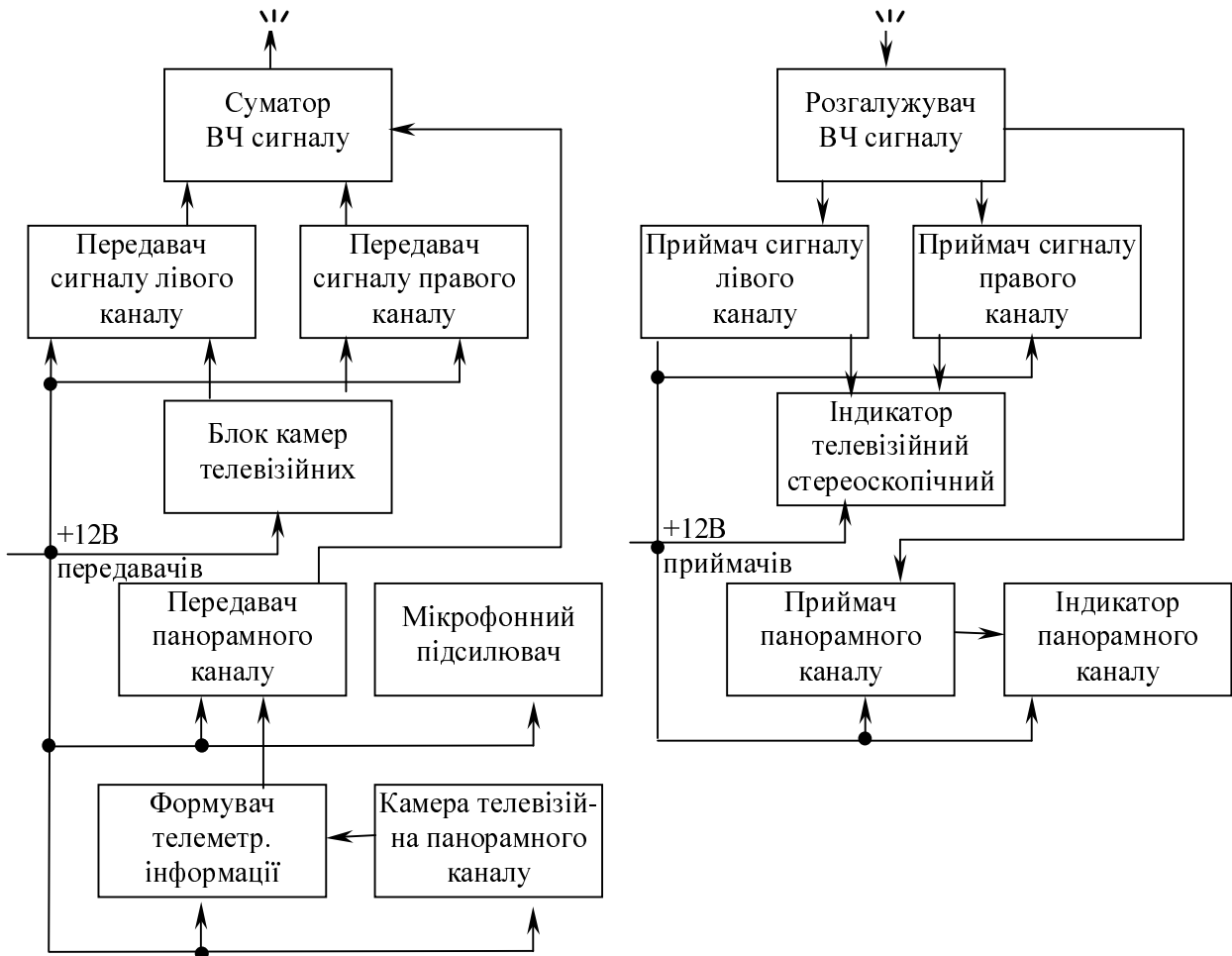
- блок телевізійних камер;
- радіопередавальний пристрій;
- передавальні антени;
- радіоприймальний пристрій;
- приймальні антени;
- блок відеооглядових пристроїв;
- кабелі з'єднань.

До складу каналу панорамного огляду оточуючого простору входять:

- телевізійна камера;
- радіопередавальний пристрій з антеною;
- радіоприймальний пристрій з антеною;
- відеомонітор;
- канал передачі телеметричної інформації, до складу якого входять:

- цифро-аналогові перетворювачі;
- апаратні засоби збору, обробки та замішування телеметричної інформації у відеосигнал;

• апаратні засоби візуалізації та реєстрації телеметричної інформації на екрані монітору.



Блок-схема системи технічного зору

Аналіз параметрів стереоефекту. Для визначення основних характеристик стереоефекту СТЗ використовуємо її основні параметри:

ПЕРЕДАЧА	ПРИЙОМ
b – базис передачі телевізійної системи (ТС) = 60 мм	b_0 – “очний” базис (бінокулярність зору) = 65 мм
l – відстань від камери до активного механізму: $l_{\min} = 1,5$ м; $l_{\max} = 6$ м	l' – відстань від стереоскопу до кінескопів
f_1 – фокусна відстань об'єктива = 8 мм	f_2, f_2' – фокусні відстані лінз стереоскопу: $f_2 = 22$ мм, $f_2' = 8$ мм
A – відстань між фотокатодами: конструктивно може змінюватися від 50 мм до 130 мм	A_k – відстань між центрами кінескопів при спостереженні через стереоскоп
$a \times b$ – розміри зображення ТС = 3,6 × 4,8 мм	$a' \times b'$ – розміри растру кінескопа = (36 × 48) мм

1. Визначення лінійного паралаксу передачі ($p_{\text{пер}}$):

$$p_{\text{пер}} = A - b; \quad (4)$$

Згідно з [3]:

$$\frac{b}{A} = \frac{1}{1+f_1}; \quad l = \frac{b \cdot f_1}{A-b} = \frac{b \cdot f_1}{p_{\text{пер}}}; \quad (5)$$

$$p_{\text{пер}} = b \cdot \frac{f_1}{1} = 60 \cdot \frac{8}{1,5 \cdot 10^3} = 0,32 \text{ (мм)} - \text{максимальний}; \quad (6)$$

$$p_{\text{пер}} = b \cdot \frac{f_1}{1} = 60 \cdot \frac{8}{6,0 \cdot 10^3} = 0,08 \text{ (мм)} - \text{мінімальний}. \quad (7)$$

2. Визначення збільшення ТС (q):

$$q = a/a' = b/b' = 10. \quad (8)$$

3. Визначення лінійного паралаксу прийому:

$$p_{\text{пр}} = q \cdot p_{\text{пер}} = 10 \cdot 0,32 \text{ (мм)} = 3,2 \text{ мм} - \text{максимальний}; \quad (9)$$

$$p_{\text{пр}} = q \cdot p_{\text{пер}} = 10 \cdot 0,08 \text{ (мм)} = 0,8 \text{ мм} - \text{мінімальний}. \quad (10)$$

4. Визначення пластики стереосистеми (П):

$$П = q \cdot \frac{b}{b_0} \cdot \frac{f_2}{f_2'} = 10 \cdot \frac{60}{65} \cdot \frac{22}{8} = 25,4. \quad (11)$$

При визначених f_2, f_2' пластика ТС може бути вища:

- 1) з ростом збільшення ТС – q;
- 2) при збільшенні базису передачі – b.

Висновки. Організована таким чином система технічного зору забезпечує такі основні параметри, необхідні для ефективного дистанційного керування самохідними маніпуляторами:

- дальність дії системи управління – 500 м;
- поле зору ТК – $27^\circ \times 36^\circ$;
- кут зору панорамного огляду по вертикалі 90 град, по горизонталі – 120 град;
- контроль 13 параметрів, що характеризують стан силового агрегату та розташування інструменту відносно платформи у цифровому вигляді та у вигляді мнемонічних образів, зручних для сприйняття оператором;
- передачу звукового фону з району проведення робіт;
- якісне стереоскопічне відображення оточуючого простору, маніпулятора і робочого інструменту на стереоскопічному моніторі пульта управління.

1. *Справочник по промышленной робототехнике: В 2 кн. Кн. 1 / Под ред. Ш. Нофа; Пер. с англ. – М., 1989.*

2. *Webb J.A. and Ross B. Real-Time Parallel Stereo Vision. CMU Robotics Institute, 1994 (<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/user/webb/html/psv.html>).*

3. *Телевидение / Под. ред. П.В.Шмакова. – М., 1979.*

4. *Kang S.B. and Szeliski R. 3-D scene recovery using omni directional multibaseline stereo // Proc. Intern. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. San Francisco, 1996. – P. 364–370 (<http://www.research.digital.com/CRL/personal/sbk/publication/cvpr96-stereo.ps.Z>).*

5. *Kumar R., Anandan P. and Hanna K. Shape recovery from multiple views: a parallax based approach // Proc. ARPA Image Understanding Workshop, Monterey, CA, 1994 (<ftp://vis-ftp.cs.umass.edu/Text/kumar/kumar-iuw94.ps.Z>).*