

## Stanisław POŁOSZYK, Leszek RÓŻAŃSKI

INSTYTUT TECHNOLOGII MECHANICZNEJ  
POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ

# Kształtowanie właściwości metrologicznych systemów diagnostyki termograficznej

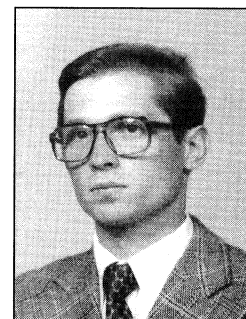
Dr inż. Stanisław POŁOSZYK

Emerytowany docent kontraktowy. Wydział Elektryczny Politechniki Poznańskiej ukończył w 1950 r. Doktoryzował się na tym wydziale w 1973 r. W latach 1974-1990 był zastępcą dyrektora Instytutu Elektroniki Politechniki Poznańskiej. Zajmuje się konstrukcją i technologią elektronicznej aparatury pomiarowej oraz jej aplikacjami ze szczególnym uwzględnieniem termowizji. Jest autorem i współautorem 64 publikacji, twórcą i współtwórcą 10 patentów bądź wzorów użytkowych i około 60 elektronicznych przyrządów pomiarowych.



Dr inż. Leszek RÓŻAŃSKI

Ukończył automatykę i metrologię elektryczną na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej oraz fizykę na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Autor kilkudziesięciu prac naukowych. Zajmuje się teorią i konstrukcją systemów zobrazowania termalnego, diagnostyką termowizyjną oraz zastosowaniami systemów wizyjnych w metrologii wielkości geometrycznych.



### Streszczenie

W pracy przedstawiono problematykę związaną z kształtowaniem właściwości metrologicznych i użytkowych systemów termografii w podczerwieni za pomocą programów typu CAOD (akronim od ang. computer – aided optical designed). Uwagę skoncentrowano na klasie systemów o szeregowej strukturze toru pomiarowego. Opisano podstawowe zasady dotyczące wykorzystywania oprogramowania typu COAD przy projektowaniu urządzeń termograficznych. Przedstawiono doświadczenia własne związane z budową systemów diagnostyki termograficznej.

### Abstract

The general approach of IR thermographic systems designing problems have been described in the paper. The paper shows procedure connected with creation of metrological properties IR thermographic systems with sequence structure measuring line using of CAOD (computer – aided optical designed) type software. Own experience in creation of IR thermographic diagnostics systems have been shown also.

### Wstęp

Rozwiązywanie problemów współczesnej nauki i techniki wiąże się z potrzebą tworzenia przetworników obrazów, które obszarami czułości spektralnej obejmują możliwie szerokie interwały długości fal elektromagnetycznych i sprężystych. Jedno z ważniejszych miejsc wśród tych przetworników zajmują przetworniki obrazów pracujące w podczerwieni. Badania nad tymi przetwornikami prowadzone są w dwóch zasadniczych kierunkach. Jeden z nich obejmuje prace nad aparaturą umożliwiającą widzenie bezpośrednio w podczerwieni bez dokonywania ilościowej analizy termalnej otrzymanych odwzorowań. Jest to klasa systemów typu FLIR (akronim od ang. Forward Looking Infra-Red) stosowanych m. in. w wojsku, policji i służbach ratowniczych. Drugi kierunek badań dotyczy rozwiązywania problemów budowy i zastosowania aparatury umożliwiającej dokonywanie takiej analizy. Jest on określany terminem „termografia w podczerwieni” lub w skrócie „termografia”.

## 1. Kształtowanie właściwości metrologicznych i użytkowych systemów diagnostyki termograficznej

Burzliwy rozwój techniki komputerowej sprawił, że gruntownym przeobrażeniem uległa dziedzina ogólnie rozumianych analiz inżynierskich. Zaistniały potencjalne możliwości przyspieszania

procesów syntezy systemów podlegających optycznemu formalizmowi opisu (do grup tych urządzeń należą termografy). W konsekwencji wzrosło zapotrzebowanie na oprogramowanie służące do wspomaganie projektowania, co z kolei spowodowało szybki rozwój metod CAOD. Obecnie można już tworzyć zintegrowane systemy projektowania a więc systemy zawierające w swej strukturze procedury optymalizacyjne, procedury graficzne, procedury informatycznej obsługi baz danych itd. Cechy metrologiczne tych urządzeń były i są kształtowane z uwzględnieniem różnorodnych właściwości oraz parametrów potencjalnych obiektów badań, atmosfery, optyki, struktur detekcyjnych, układów elektronicznych i indykacyjnych [1], [2], [3], [4], [5]. Zdobyte doświadczenie było punktem wyjścia do opracowania procedur kształtowania właściwości metrologicznych oraz użytkowych systemów termograficznych (w skrócie ST). Przeprowadzone analizy pokazały, że kształtowanie cech metrologicznych ST o szeregowej strukturze toru pomiarowego (ze skanerem optyczno-mechanicznym) różni się zasadniczo od kształtowania właściwości systemów o strukturze równoległa – szeregowej z matrycowymi strukturami detekcyjnymi. Warto nadmienić, że z uwagi na szereg zalet, systemy o strukturze szeregowej (a więc systemy starszej generacji) są jeszcze ciągle produkowane przez wiele firm (m.in. JENOPTIK, NEC, COMPIX, VIGO).

W problematyce dokonywania syntezy ST można wyróżnić dwa zagadnienia. Pierwsze z nich – tzw. zagadnienie proste – sprowadza się do wyznaczania parametrów ST w pełni zdefiniowanego w sensie elektrooptycznym. Zagadnienie to jest zawsze jednoznacznie rozwiązywalne. Drugie z wymienionych zagadnień – tzw. zagadnienie odwrotne – polega na poszukiwaniu parametrów charakteryzujących poszczególne węzły ST na podstawie zadanych parametrów i charakterystyk całego systemu. W ogólności nie posiada ono jednoznacznego rozwiązania w sensie matematycznym, zaś wyniki otrzymane metodami przybliżonymi może cechować brak stabilności. Sprawia to, że zagadnienie odwrotne zastępowane jest najczęściej ciągiem zagadnień prostych z elementami krytycznej oceny wyników kolejnych rozwiązań. Możliwe jest wtedy otrzymanie rozwiązania realizowalnego technicznie i spełniającego narzucone wymagania konstrukcyjne [6]. Właśnie takie podejście stało się punktem wyjścia do opracowania programu TERMOPTv2 przeznaczonego do modelowania właściwości poszczególnych węzłów ST i analizowania właściwości całego systemu [2]. Wersja 2 programu TERMOPT zawiera procedury pozwalające modelować właściwości detekcyjne i filtracyjne detektorów typu SPRITE (chodzi tutaj o filtrację widmową, czasową oraz przestrzenną związaną z drogą dyfuzji nośników nadmiarowych i długością strefy odczytowej detektora). Za pomocą programu TERMOPTv2 można modelować m.in. filtrację spektralną i przestrzenną układu optycznego, filtrację przestrzenną, spektralną i częstotliwościową fotonowych detek-

torów podczerwieni (PV, PC, SPRITE), właściwości filtracyjne toru elektronicznego i indykatora a także właściwości emisyjne obiektu oraz tłumienność atmosferyczną. Dla zadanych parametrów cechujących poszczególne węzły ST można m. in. wyznaczyć charakterystykę termometryczną i funkcje LSF, MTF oraz określić rozdzielczość termiczną i geometryczną systemu.

W przypadku systemów o szeregowej strukturze toru pomiarowego możliwe jest określenie parametru pełniącego rolę globalnego wyznacznika właściwości metrologicznych i użytkowych termografu – inwarianty systemu IS. Dokonywane tutaj łączenie parametrów metrologicznych z funkcjami użytkowymi wynika z faktu, że ST z układami optycznymi o dużych rozmiarach potencjalnie mogą cechować się lepszymi parametrami rozdzielczościowymi niż systemy podobne strukturalnie ale wyposażone w mniejsze układy optyczne (przy jednakowych wartościach liczb otworowych optyki obu systemów) [1]. Tak więc parametr IS musi zawierać czynnik niosący informację o rozmiarach toru optycznego (np. rozmiary te mogą być reprezentowane przez średnicę źrenicy wejściowej  $D$  układu optycznego kamery). Inwariantę ST o szeregowej strukturze toru pomiarowego można określić wzorami:

$$IS = \frac{(n_k \cdot N_l \cdot N_p)^{\frac{1}{2}}}{\Delta T \cdot \Delta G \cdot D} \quad (1)$$

gdzie:  $n_k$  – liczba obrazów tworzonych w ciągu jednej sekundy,

$N_l$  – liczba linii w obrazie,

$N_p$  – liczba punktów w linii,

$\Delta T$  – rozdzielczość termiczna,

$\Delta G$  – rozdzielczość geometryczna,

$D$  – średnica źrenicy wejściowej układu optycznego termografu.

Parametr IS określono tak, by z jednej strony łączył wielkości opisujące właściwości rozdzielczościowe termografu, szybkość tworzenia odwzorowania termalnego i (pośrednio) gabaryty kamery, a z drugiej strony, aby możliwe było wyrażenie tego parametru przez wielkości charakteryzujące konstrukcję układu analizy obrazu termografu. Parametr IS związany jest z wielkościami charakteryzującymi konstrukcję kamery termografu zależnością:

$$IS = \frac{(k_v \cdot k_H)^{\frac{1}{2}} \cdot I}{2\pi^{1/2} \cdot \xi} \quad (2)$$

gdzie:

$$I = \int_0^{\infty} \tau(\lambda) \cdot D^*(\lambda) \cdot \frac{\partial m(\lambda, T)}{\partial T} d\lambda \quad (3)$$

przy czym:

$k_v, k_H$  – współczynniki wykorzystania rastru odpowiednio w kierunku wertykalnym i horyzontalnym,

$\lambda$  – długość fali,

$\tau(\lambda)$  – widmowy współczynnik przepuszczalności układu optycznego,

$D^*(\lambda)$  – wykrywalność widmowa systemu,

$T$  – temperatura bezwzględna,

$m(\lambda, T)$  – emitancja ciała czarnego,

$\xi$  – współczynnik charakteryzujący właściwości aberracyjne układu optycznego.

Korzystając ze wzoru (1) można dokonywać ocen „jakości” konstrukcji sprzętu termograficznego dostępnego na rynku. Wzory (2) i (3) pozwalają określić kierunek działań zmierzających do optymalizowania właściwości metrologiczno – użytkowych ST. Mogą być one także punktem wyjścia do opracowania algorytmu procesu projektowania ST o zadanych wymaganiach technicznych, który w znaczący sposób może usprawnić prace prowadzone za pomocą programu TERMOPTv2 [2].

Wydaje się, iż w przypadku ST o równoległo – szeregowej strukturze toru pomiarowego nie można znaleźć jednego uniwersalnego

salnego kryterium globalnie wiążącego wszystkie istotne parametry ST, które by mogło być adekwatnie odniesione do wszystkich typów urządzeń termograficznych. Brak takiej możliwości nie jest związany jedynie z różnorodnością struktur i złożonością tych urządzeń, ale wynika także z dużej „dynamiki” zmian jakim podlegają uwarunkowania wejściowe. Chodzi tutaj o ciągły postęp technologii wytwarzania matrycowych struktur detekcyjnych (struktur IRFPA) – bolometrycznych, fotonowych (m.in. InSb, Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te typu QWIP), pyroelektrycznych; postęp związany z doskonaleniem układów korekcji szumu przestrzennego struktur IRFPA; postęp dotyczący materiałów optycznych przeznaczonych do wykonywania elementów refrakcyjnych (np. kolejne typy IR-TRAN-ów). Wszystko to sprawia, że nie daje się stworzyć stabilnego i uniwersalnego kryterium odnoszącego się do wszystkich typów termografów tej klasy, które by mogło być punktem wyjścia do algorytmizacji procesu projektowania tych urządzeń.

### Doświadczenia własne w budowie systemów diagnostyki termograficznej

Barierą ograniczającą rozwój techniki termograficznej w Polsce były (i w pewnym stopniu są nadal) wysokie ceny urządzeń termograficznych produkowanych głównie przez zaawansowane technologicznie państwa zachodnie. Próbie przełamania tych ograniczeń podjęto na Politechnice Poznańskiej tworząc szereg systemów termograficznych przeznaczonych do wykorzystania w medycynie, dydaktyce, diagnostyce technicznej, ekologii, energetyce itd. Powstało szereg udanych modeli termografów o szeregowej strukturze toru pomiarowego z refrakcyjnymi układami optycznymi i punktowymi detektorami podczerwieni. Były to systemy pracujące w realnej skali czasu. Poza zestawami podstawowymi (kamera, monitor) systemy te zawierały w swej strukturze wzorce temperatury, termograficzne adaptory profilowe, adaptory stroboskopowe, stroboskopowe adaptory profilowe, „impulsowe” wzorce temperatury, zestawy do wzorcowania i justowania termografów, automatyczne przystawki fotograficzne itd. Prowadzone prace osadzone są w nurcie zagadnień związanych z konstruowaniem systemów teledetekcji termalnej, kształtowaniem ich cech metrologiczno – użytkowych oraz wykorzystywaniem tych systemów w diagnostyce termalnej [7], [8], [9]. Przy rozwiązywaniu problematyki związanej z budową systemów termograficznych należało uwzględniać uwarunkowania związane z krajową bazą materiałową i technologiczną, która kilkanaście lat temu w obszarze techniki podczerwieni jeszcze nie istniała, bądź była w początkowej fazie rozwoju. Przyjmowane koncepcje budowy systemów termograficznych implikowały potrzebę rozwiązywania szeregu podstawowych problemów związanych z budową układu analizy obrazu, którego parametry decydują o cechach metrologicznych całego systemu termograficznego.

Można tu m. in. wymienić:

- optymalizację charakterystyki spektralnej dielektrycznych powłok antyrefleksyjnych elementów refrakcyjnych, aby przy określonych cechach detektora oraz badanego obiektu uzyskać możliwie najmniejszą wartość termicznej zdolności rozdzielczej (rozumianej w sensie NETD) [10];
- określenie dopuszczalnej różnicy transmisji wywołującej pomijalnie małą zmianę sygnału w stosunku do termicznej zdolności rozdzielczej, par płaszczyzn wielościanów obrotowych układu skanowania kamery [11];
- określenie dopuszczalnej zmiany wykrywalności detektora chłodzonego ciekłym azotem spowodowanej fluktuacjami ciśnienia atmosferycznego otoczenia [12];
- określenie ograniczeń parametrów metrologicznych kamery termograficznej (pracującej z przysłonami o dużych wartościach liczb otworowych) powodowanych dyfrakcją promieniowania podczerwonego [13];

- opracowanie układów statycznej i dynamicznej kompensacji temperaturowej toru pomiarowego systemu termograficznego;
- optymalizację szumową układu detektor – przedwzmacniacz dla różnych typów detektorów (PC, PV);
- wyznaczenie wymaganych parametrów stabilizacji układu analizy obrazu oraz synchronizacji i stabilizacji układu syntezy obrazu,
- opracowanie procedur kształtowania właściwości metrologicznych i użytkowych systemów termograficznych.

### 3. Opracowane systemy termograficzne

Opracowano szereg modeli termografów począwszy od termografu medycznego TM-01, poprzez termografy TP-02 [14], TP-03, termograf diagnostyczny TD-88 aż do najbardziej dojrzałej konstrukcji jaką jest termograf TE-93 [15] (tabela 1, rys. 1). W najwcześniejszym opracowanym systemie termograficznym TM-01 funkcje syntezy i obróbki obrazu termalnego realizowano w technice analogowej przy znacznym udziale elementów dyskretnych. Modele TP-02 i TP-03 dzięki wprowadzeniu miniaturyzacji i układów scalonych charakteryzowały się doskonalszymi cechami użytkowymi. Skokowa zmiana jakości i szybkości obróbki obrazu została uzyskana po opracowaniu wspomagane komputerowo Systemu Cyfrowej Analizy Obrazu SCA-82. Istotny postęp w budowie aparatury termograficznej osiągnięto tworząc System Termograficzny TD-88 przewidziany do diagnostyki medycznej. Zawierał on w swej strukturze mikrokomputer do obróbki obrazu z ekspozycją czarno-białą bądź kolorową oraz układ przeznaczony do rejestracji obrazów na dyskietce. W celu zobiektywizowania i uproszczenia procesu diagnozowania wyposażony został w specjalistyczne oprogramowanie [16]. Model TP-89 stanowił etap przejściowy do budowy przenośnego, przeznaczonego do pracy w warunkach terenowych, systemu termograficznego TE-93. System TE-93 składa się z kamery o konstrukcji modułowej, monitora cyfrowego, zasilacza sieciowego i akumulatorowego. Monitor termografu TE-93 zawiera w swej strukturze specjalizowany mikrokomputer, który steruje pracą całego systemu. Na ekranie tego urządzenia mogą być m. in. odtwarzane (w realnej skali czasu) obrazy termalne aktualnie wizowane przez kamerę, bądź też obrazy poddane wstępnej obróbce, względnie obrazy wcześniej zarejestrowane na dyskietce. Zarejestrowane termogramy mogą być przenoszone do komputera klasy IBM PC za pomocą dyskietki albo łączem szeregowym. Wszystkie budowane systemy termograficzne poddawane były szczegółowym badaniom zarówno na etapie ich wytwarzania jak i podczas indywidualnego wzorcowania. Badano stabilność pracy toru pomiarowego, mierzono parametry i funkcje opisujące właściwości metrologiczne tych systemów. Stworzono specjalne stanowisko do badania właściwości metrologicznych i wzorcowania ST.

### 4. Stanowisko do badania właściwości metrologicznych systemów termograficznych (ST)

Wyróżnia się dwie podstawowe kategorie badań właściwości metrologicznych systemów ST. Pierwsza z nich to badania związane z kształtowaniem właściwości urządzeń w trakcie ich wytwarzania. Podlegają im wszystkie nowo wytwarzane urządzenia. Druga kategoria badań – to badania przeprowadzane w związku z okresowym wzorcowaniem (kalibracją) tych urządzeń. Opracowano skomputeryzowane stanowisko pomiarowe, które przeznaczone jest do przeprowadzania obu wymienionych kategorii badań [2]. Projektując zestaw kierowano się zasadą, że musi być wykonany w taki sposób, by cechował się otwartością zarówno sprzętowo jak i programową, tak aby możliwe było łatwe przystosowanie go do wykonywania zadań pomiarowych z ST różnych typów. W rezultacie stworzony zestaw pomiarowy może być wykorzystany do:
 

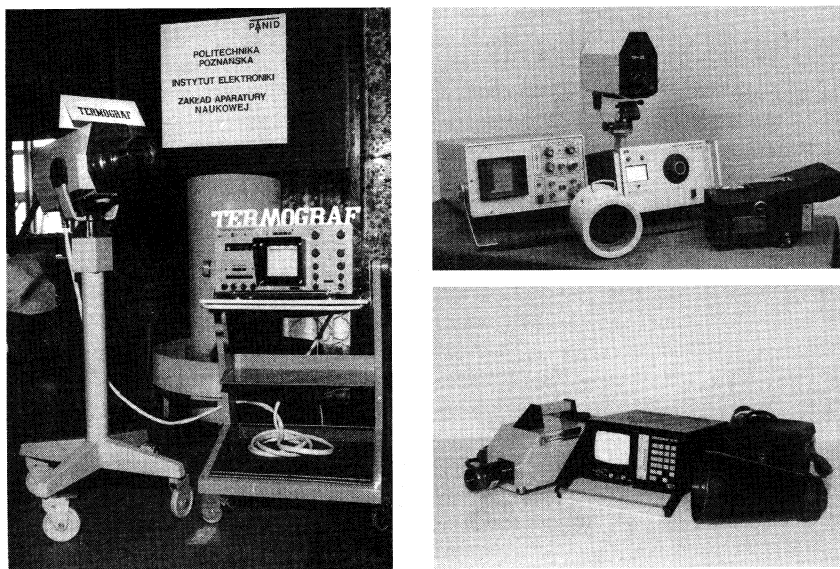
- automatycznego wzorcowania termografu,

**Tablica 1**

Podstawowe cechy metrologiczne – użytkowe systemów termograficznych opracowanych i wykonanych na Politechnice Poznańskiej

SYSTEM TERMOGRAFICZNY		TM-01	TP-02	TP-03	TD-88	TP-89	TE-93
<b>KAMERA</b>							
Wyposażona w optykę refrakcyjną		*	*	*	*	*	*
Skaner z pryzmatami refrakcyjnymi		*	*	*	*	*	*
Detektor punktowy PV z chłodzeniem LN <sub>2</sub>		*	*	*	*	*	*
Obiektów 10 <sup>0</sup> x 10 <sup>0</sup>		*					
Obiektów 25 <sup>0</sup> x 25 <sup>0</sup>			*	*	*	*	*
Obiektów 12.5 <sup>0</sup> x 12.5 <sup>0</sup>			*	*	*	*	*
Obiektów 7 <sup>0</sup> x 7 <sup>0</sup>						*	*
Obiektów 3.5 <sup>0</sup> x 3.5 <sup>0</sup>							*
Pierścienie pośredniczące		*	*	*	*	*	*
Przesłony			*	*		*	*
Filtry interferencyjne							*
<b>MONITOR</b>							
Lampa obrazowa	czarno-biała	*	*	*		*	*
	kolorowa				*		
Obróbka sygnału	analogowa	*	*	*			
	cyfrowa				*	*	*
Oprogramowanie podstawowe i specjalistyczne					*	*	*
Współpraca z PC					*	*	*
Rejestracja obrazu	fotograficzna	*	*	*			
	na dysk				*	*	*
System cyfrowej analizy obrazu					*		
Przystawka rejestracji fotograficznej		*	*	*			
Adapter profilowy		*	*	*			
Adapter stroboskopowy		*	*	*			
Referencyjne wzorce temperatury		*	*	*	*	*	*
Zakres czułości spektralnej 3-5µm		*	*	*	*	*	*
Zasilanie	sieciowe	*	*	*	*	*	*
	akumulatorowe					*	*
Rozdzielczość termiczna	0.30 K	*	*	*	*		
	0.15 K					*	*

- wyznaczania funkcji rozmycia linii i funkcji przenoszenia kontrastu ST,
- wspomaganie interaktywnych procedur justowania kamer termograficznych,
- badania zniekształceń geometrycznych występujących w odwzorowaniu termalnym,



Rys. 1. Systemy termograficzne TM-01, TP-02 i TE-93 opracowane i wykonane na Politechnice Poznańskiej

- mierzenie rozdzielczości termicznej i geometrycznej ST.
- W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:
- mikroprocesorowy blok kontrolno – pomiarowy (BKP),
- zestaw technicznych modeli ciała czarnego,
- szczelinowy wzorec temperatury (o nastawianej szerokości szczeliny),
- wysokotemperaturowy impulsowy wzorec temperatury,
- siatka termiczna,
- stroboskopowy adapter profilowy,
- kolimator z ławą optyczną,
- siłownik mechaniczny,
- komputer klasy IBM PC, drukarka, ploter XY.

W zależności od rodzaju realizowanych zadań pomiarowych konfiguruje się odpowiednie zestawy pomiarowe. Np. do wyznaczenia funkcji MTF kamery termografu wykorzystuje się: wysokotemperaturowy impulsowy wzorec temperatury, kolimator, BKP, ławę optyczną, stroboskopowy adapter profilowy, komputer klasy IBM PC, drukarkę, ploter XY. Pomiar wykonywane są pod kontrolą programu JUSTMTF. Funkcja MTF wyznaczana jest w wyniku realizacji procedury obliczenia całkowitego przekształcenia Fouriera z funkcji LSF, będącej odpowiedzią toru pomiarowego ST na wymuszenie impulsowe. Źródłem generującym to wymuszenie jest wzorec impulsowy z tak usytuowaną liniową powierzchnią radiacji, by była ona prostopadła do kierunku w jakim układ analizy obrazu termografu skanuje linię oraz by była odwzorowywana w tej części płaszczyzny obrazowej, dla której zachowana jest inwariantność przestrzenna odwzorowania.

Stanowisko do wzorcowania termografu składa się z zestawu wnekowych wzorców temperatury, siłownika mechanicznego, BKP, komputera, drukarki.

Procedury wyznaczania funkcji MTF i wzorcowania termografu „obsługiwane” są przez programy typu user friendly o nazwach odpowiednio JUSTMTF i WZORTERM [2].

## 5. Uwagi końcowe

W kraju dominujący nurt związany z tematyką termograficzną leży w obszarze problemów związanych z rozwiązywaniem zagadnień aplikacyjnych. Wiele krajowych zespołów dysponujących aparaturą głównie produkcji zachodniej poszczycić się może znaczącymi wynikami w wielu dyscyplinach techniki i nauki. Uwieńczone powodzeniem prace z zakresu budowy systemów termogra-

ficznych, których wyniki w postaci przyrządów eksploatowanych od wielu lat, mogą świadczyć że w tej dziedzinie osiągnięcia krajowe są pozytywne i zauważalne.

## Literatura

- [1] Seyrafi K.: Performance-Cost Analysis of Electrooptical Systems, *Proceedings of the IEEE*, vol. 63, No1, January, 1975
- [2] Różański L.: Komputerowe wspomaganie procesów syntezy systemów termografii w podczerwieni i badania ich cech metrologicznych. *Krajowy Kongres Metrologii*, Warszawa 24-25.06. 2001, s. 163-166
- [3] Poloszyk S., Różański L.: Doświadczenia własne w budowie aparatury termowizyjnej i jej wykorzystaniu w diagnostyce termalnej. *Kongres Diagnostyki Technicznej*, tom III, Gdańsk 1996, s. 163-168
- [4] Poloszyk S., Różański L. Contemporary Thermovision Equipment and its Role in Thermal Diagnostics. *Workshop on Supervising and Diagnostics of Machining Systems*, Karpacz III 1996VII, s. 1-10
- [5] Poloszyk S., Różański L.: Algorithmization of Designing Process for Thermovision Systems with Sequence Structure of Measuring Line. *8-th DAAAM International Symposium*, University of Zagreb, ICCU Dubrovnik, 23-25th October 1997
- [6] Woźnicki J.: Analiza i projektowanie konwerterów i wzmacniaczy obrazów. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1988
- [7] Poloszyk S., Różański L.: Termowizyjna diagnostyka maszyn technologicznych, *PAK*, nr 1, 2000, str. 15-18
- [8] Poloszyk S., Różański L.: Thermographic diagnosis of machine. *Proceedings of the 7th International DAAAM Symposium*, Vienna, 1996
- [9] Różański L.: Wykorzystanie radiacyjnych metod pomiaru temperatury w diagnostyce termicznej obiektów i urządzeń energetycznych. *Konferencja naukowo-techniczna MANUFACTURING'01*. Poznań 8-9.11.2001, t2, s. 229-235
- [10] Poloszyk S., Różański L.: Wpływ parametrów układu analizy obrazu termograficznego na jego rozdzielczość termiczną. *Współczesne kierunki rozwoju metrologii. Sympozjum „Metrologia 80”*. Politechnika Warszawska 1981 s. 217-227
- [11] Poloszyk S.: Zum Problem der Oberflächenvergütung Optischer Elemente von Thermografen. *Temperatur'86 KDT Suhl* 1986, s. 150-155.
- [12] Poloszyk S., Różański L.: Effect of Atmospheric Pressure and Parameters of Converter for Thermographic Image. *IV Termogrammetrical Szimpozjum, Budapest*, 1983. s. 81-83
- [13] Poloszyk S., Różański L.: Influence of Radiation Diffraction i Image Converter of the Thermograph upon its Metrological Parameters. *Quantitative Infrared Thermography QIRT'98 Eurotherm 50*, Universitaet Stuttgart, 1996
- [14] Poloszyk S., Różański L.: Termowizyjny System Diagnostyczny TP-02. *IX Konferencja Naukowo- Techniczna Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej*. Poznań 1984. s. 239-244
- [15] Poloszyk S., Różański L.: Termograf TE-93, budowa, parametry, oprogramowanie. *Druga Krajowa Konferencja TTP'94*. Kozubnik-Porąbka 1994. s. 41-45.
- [16] Poloszyk S., Ustasiak J.: Wspomaganie komputerowe termograficznej diagnostyki medycznej. *A. N. D. nr 4*, 1990. s. 16-24.