

KONCEPCJA URZĄDZENIA DO REJESTRACJI TERMOGRAMÓW OPASAJĄCYCH

MIROSLAW DZIEWOŃSKI¹, EWA MAJCHRZAK¹
MICHAŁ BACHORZ², PAWEŁ KOWALSKI²

¹ *Katedra Wytrzymałości Materiałów i Metod Komputerowych Mechaniki, Politechnika Śląska*
e-mail: ewa.majchrzak@polsl.pl, mirosław.dziewonski@polsl.pl

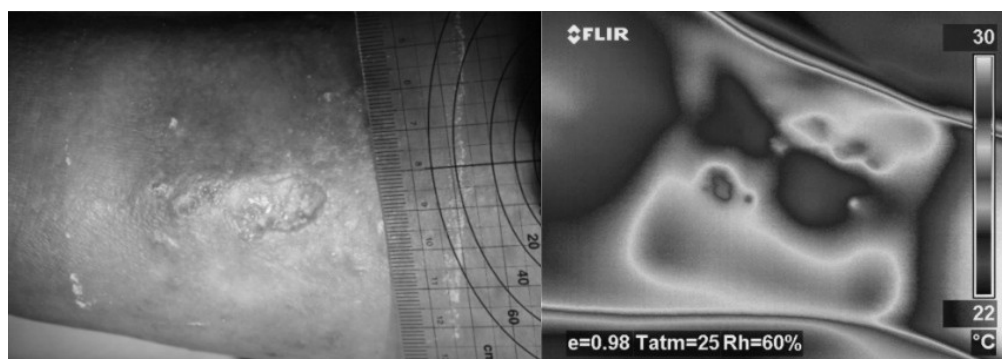
² *Instytut Techniki i Aparatury Medycznej w Zabrze*
e-mail: domel@itam.zabrze.pl, pawel.kowalski@itam.zabrze.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję urządzenia rejestrującego termogramy opasające, które pozwolą na ocenę jakościową oraz pomiar pola powierzchni rozległych obszarów rany. Urządzenie będzie głównym elementem systemu kompleksowo wspomagającego diagnostykę i leczenie ran oparzeniowych oraz przewlekłych wykorzystującego metody obrazowania w paśmie widzialnym i podczerwieni.

1. WSTĘP

Obiektywne określenie postępu leczenia rany oparzeniowej i trudno gojącej się nie jest rzeczą łatwą, gdyż w tego typu ranach ich wygląd pomiędzy poszczególnymi zmianami opatrunku lub zabiegami terapeutycznymi zmienia się nieznacznie lub wcale. Najczęściej ocenę gojenia się rany przeprowadza się na podstawie zdjęć wykonanych w kolejnych etapach leczenia. Aby ocenę uczynić bardziej obiektywną, stosuje się dodatkowo pomiar pola powierzchni obszaru rany wskazanego przez lekarza. Obszar rany w takim przypadku nie może być jednak zbyt rozległy.

Ze względu na to, iż pewnych zmian nie widać na powierzchni rany, celowe jest uzupełnienie zdjęć rany termogramami, które przedstawiają rozkład temperatury na jej powierzchni (rys. 1).

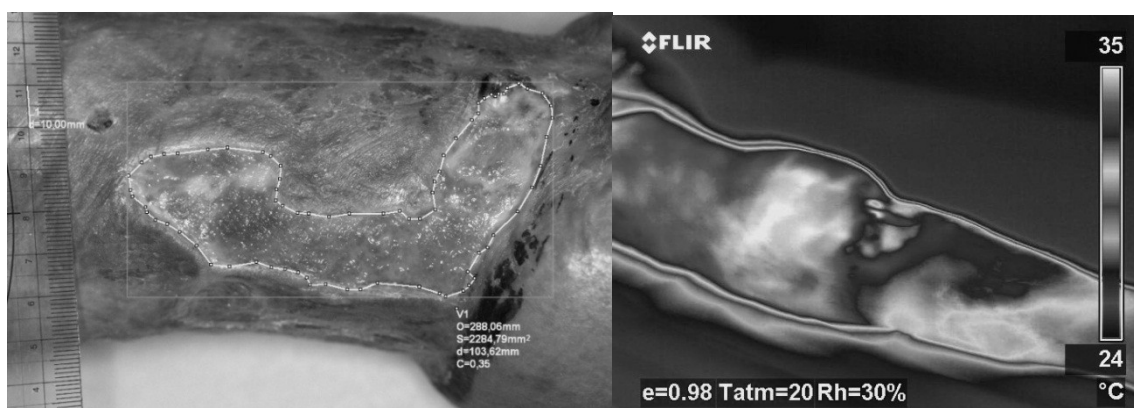


Rys.1. Zdjęcie rany oraz jej obraz termowizyjny

Analiza termogramów umożliwia np. wskazanie obszarów martwiczych lub objętych stanem zapalnym, ponieważ temperatura tkanki jest ściśle związana z jej ukrwieniem, a stopień ukrwienia świadczy o stanie tkanki i zmianach patologicznych w jej obrębie [1]. Poza termografią, np.[1, 2, 3, 4], stosowana jest również metoda diagnostyczna oparta na zjawisku Dopplera, lecz nie pozwala ona na dokładną diagnostykę urazu i śledzenie dynamiki zmian zachodzących w obrębie rany (sygnał dopplerowski nie pozwala na odróżnienie zmian zapalnych od neoangiogenezy).

W Polsce metody termografii są istotnie rozwijane. Można tu wymienić wiodące w tym zakresie ośrodki politechniczne w Gdańsku (zespół prof. dr hab. inż. Antoniego Nowakowskiego, Katedra Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Gdańska) [2] oraz w Łodzi (zespół prof. dr hab. inż. Andrzeja Napieralskiego, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych, Politechnika Łódzka), gdzie metody te wykorzystuje się między innymi do identyfikacji nowotworów i innych obiektów podpowierzchniowych albo monitorowania skuteczności zabiegów kardiochirurgicznych. W ośrodkach medycznych zajmujących się leczeniem oparzeń termografia wykorzystywana jest do określenia stopnia oparzenia i obszarów uszkodzonej tkanki. Rejestrowane są termogramy płaskie, a uzyskane pomiary wykorzystywane są głównie do ocen jakościowych.

Ocena ilościowa, związana na przykład z pomiarem pola powierzchni, w przypadku klasycznych termogramów jest bardzo utrudniona, a dla większych ran wręcz niemożliwa (rys. 2).



Rys.2. Zdjęcie rany z pomiarem powierzchni oraz odpowiadający mu termogram

W ramach prac nad systemem diagnostycznym zaprojektowano urządzenie rejestrujące termogramy opasające, które pozwalają na znaczne polepszenie oceny jakościowej oraz dokładną ocenę ilościową.

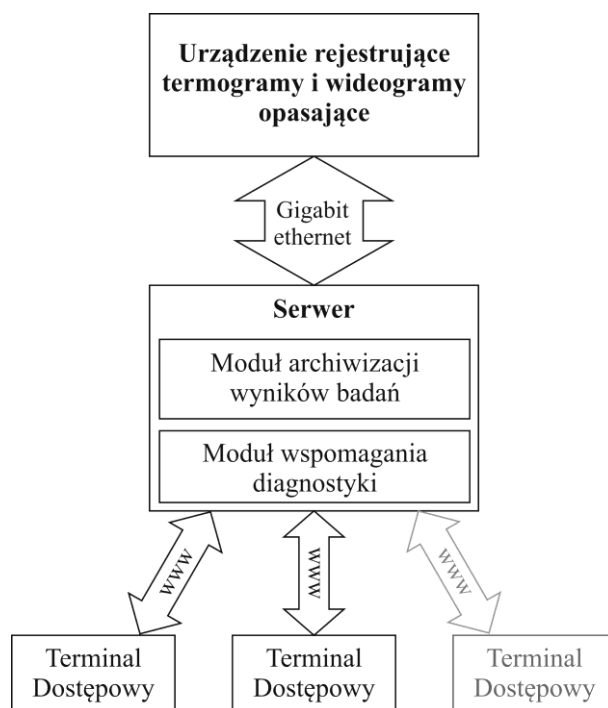
W konsultacji z Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich (CLO) wytypowano etapy leczenia, w których system wspomagać będzie inne metody diagnostyczne i umożliwi:

- klasyfikację oparzenia,
- monitorowanie przebiegu zakażenia rany,
- diagnostykę „przyjęcia” przeszczepów skóry,
- określenie stopnia gojenia się ran oparzeniowych i trudno gojących się,
- określenie stopnia gojenia się ran poddanych leczeniu tlenemhiperbarycznym.

2. STRUKTURA SYSTEMU DIAGNOSTYCZNEGO

Projektowany system diagnostyczny składać się będzie z dwóch zasadniczych części (rys. 3):

- urządzenia do akwizycji termogramów i wideogramów opasających,
- systemu komputerowego archiwizującego wyniki badań oraz wspomagającego diagnostykę i proces leczenia ran.



Rys.3. Struktura systemu diagnostycznego

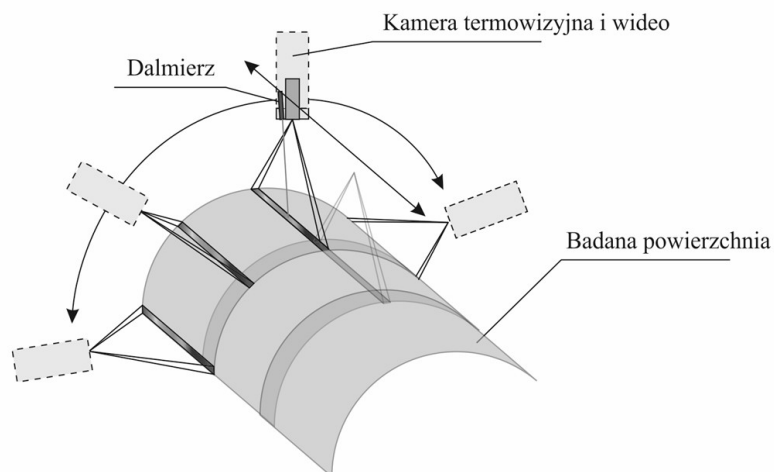
Urządzenie do akwizycji danych będzie sterowane lokalnie za pomocą systemu komputerowego, który jednocześnie, w czasie badania, przesyłać będzie zarejestrowane termogramy i wideogramy do głównej bazy danych udostępniającej je użytkownikom w celach wspomagania diagnostyki. Z tego względu system będzie wielodostępny i pozwoli użytkownikowi na interaktywną obsługę dostępnych aplikacji diagnostycznych z poziomu stacji roboczych i terminali dostępowych.

W ramach projektu planowane jest również wzbogacenie systemu w dodatkowe moduły numerycznej symulacji procesu oparzeń i udostępniania danych dla celów konsultacji medycznych i edukacji.

3. URZĄDZENIE REJESTRUJĄCE TERMOGRAMY OPASAJĄCE

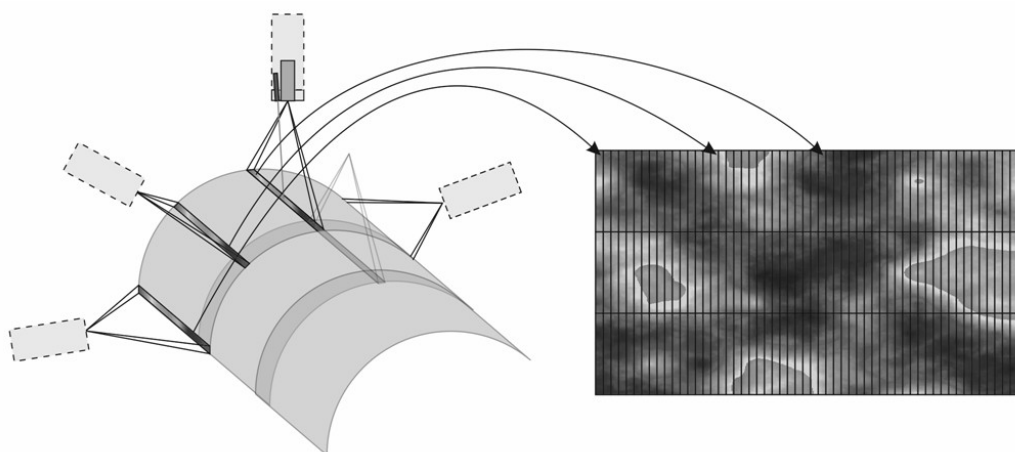
Głównymi elementami systemu rejestrującego będą kamery termowizyjna i wideo zamontowane na prototypowym urządzeniu pozwalającym rejestrować termogramy opasające.

Urządzenie będzie rejestrowało półautomatycznie termogramy zarówno promieniowo jak i wzdłuż badanego obiektu, co pozwoli zarejestrować pole temperatury na dużych obszarach ciała, ze znacznym wzrostem dokładności pomiaru w stosunku do „klasycznych” płaskich termogramów (rys. 4).



Rys.4. Schemat działania rejestratora termogramów opasających

Jednoczesna pasmowa rejestracja termogramu i wideogramu wraz z pomiarem odległości od badanego obszaru pozwala z dużą dokładnością odwzorować zarejestrowany obraz na płaszczyźnie, a następnie wyznaczyć powierzchnię rany (rys. 5).



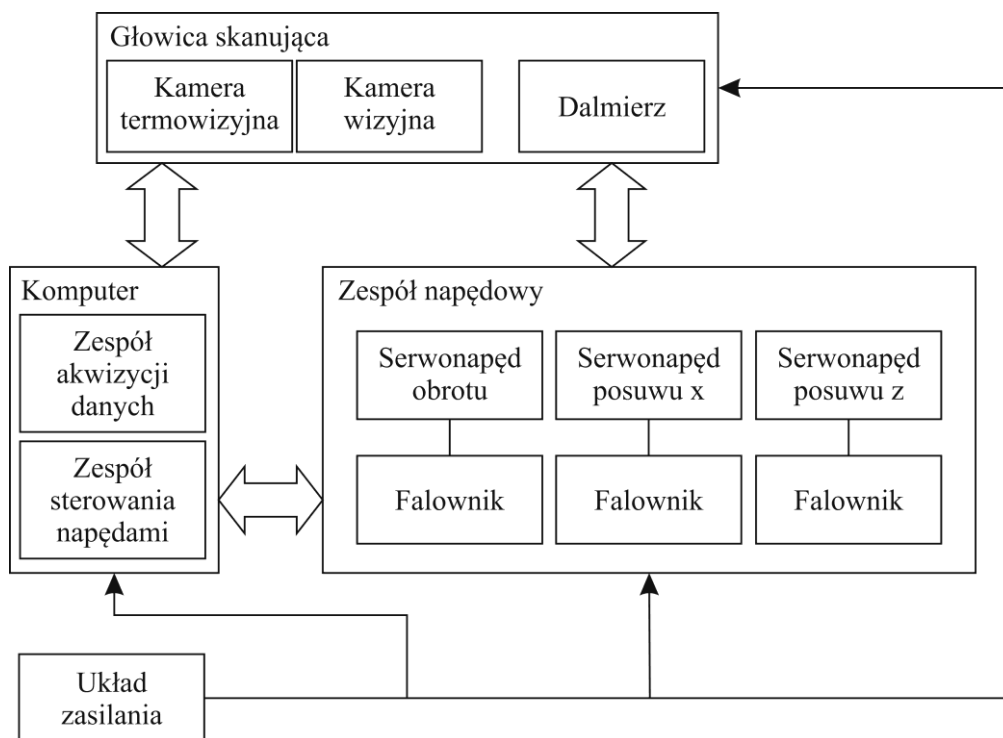
Rys.5. Idea tworzenia termogramów i wideogramów opasających

Podczas tworzenia modelu urządzenia założono, że kamera będzie rejestrowała temperaturę punktów powierzchni ciała w pasie o szerokości kilkunastu pikseli i zadanej długości. Rejestracja będzie prowadzona w sposób ciągły z określoną częstotliwością, podczas gdy kamera będzie się poruszała się po torze kołowym ze stałą prędkością kątową. Po zarejestrowaniu pasa o wcześniej ustalonej długości następuje przemieszczenie liniowe kamery o ten sam odcinek (z uwzględnieniem niezbędnej zakładki) i ponowna rejestracja następnego pasa ciała.

Złożenie tak uzyskanych danych w obraz termograficzny nastąpi w systemie komputerowym. Zarówno kąt łuku pracy kamery jak i sumaryczna długość przemieszczeń liniowych będą parametrami nastawialnymi.

Ponieważ zastosowane kamery nie posiadają płynnej regulacji głębi ostrości, konieczne będzie ciągle śledzenie i zmienianie położenia kamery tak, aby zapewnić jej stałą odległość (np. 250 mm) od ciała pacjenta. Śledzenie odległości kamery od pacjenta realizowane będzie

przy użyciu dalmierzy zapewniających bezstykowy pomiar tej odległości. Ponadto zastosowanie dalmierzy pozwala uniknąć kolizji kamery z ciałem badanego pacjenta.



Rys.6. Schemat budowy rejestratora termogramów opasających

Z punktu widzenia spójności systemu najlepiej będzie, jeśli czynności związane z pozycjonowaniem kamery oraz przetwarzaniem obrazu zostaną realizowane w ramach jednej platformy sprzętowej (komputera PC). Pozwoli to na pełną synchronizację rejestrowanych obrazów z odczytami z dalmierzy i sterowanie trajektorią ruchu kamery w czasie rzeczywistym. Schemat budowy urządzenia rejestrującego przedstawiono na rys. 6.

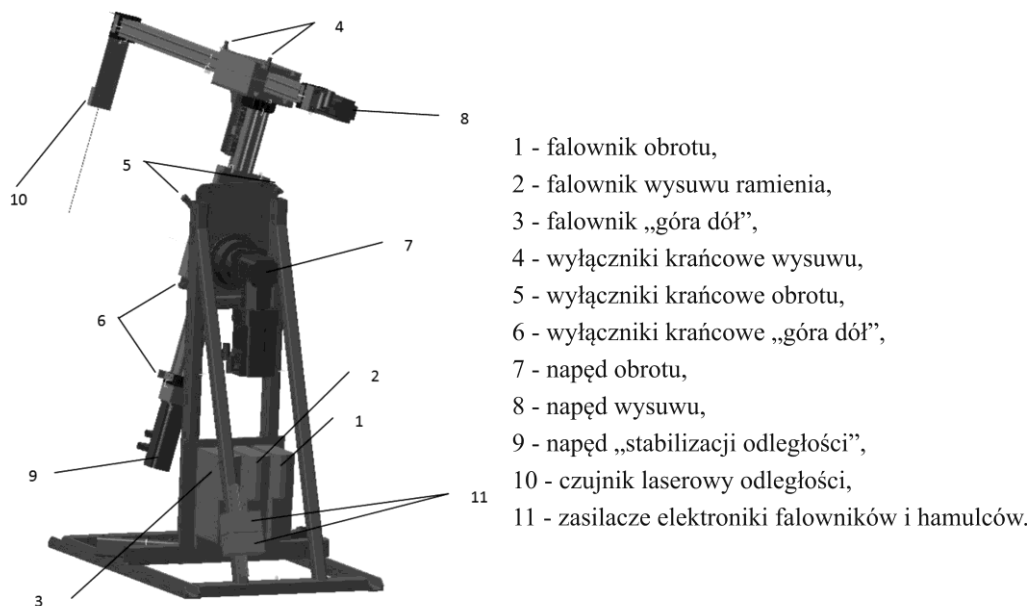
Kluczowym elementem systemu będzie zatem stacja robocza zawierająca dwie karty rozszerzeń. Pierwsza z nich, na podstawie danych z dalmierzy, sterować będzie serwonapędami realizującymi ruch kamery. Druga karta, w celu generacji termo- i wideogramów opasających przekazywać będzie strumień danych z kamery termowizyjnej i wizyjnej.

4. DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Zgodnie z omówionymi w rozdziale 3 założeniami opracowano model urządzenia, który przedstawiono na rys. 7 i na tej podstawie zbudowano prototypowe urządzenie pokazane na rys. 8.

Modelowy układ zasilania i sterowania zbudowano na podstawie falowników, których część wykonawcza zasilana jest napięciem zmiennym $\sim 230V$, natomiast karty pomiarowe oraz część cyfrowa napięciem stałym $24V$. Dwa z członów (ruch obrotowy oraz ruch „górną dół”) zabezpieczone są hamulcami elektromagnetycznymi zabudowanymi na wale silnika. Trzeci człon nie posiada wbudowanego hamulca, gdyż nie działają na niego siły grawitacji w kierunku jego normalnego ruchu, a samohamowność przekładni jest wystarczająca do zablokowania ruchu w przypadku wyłączenia urządzenia. Hamulce sterowane są z poziomu falownika za pośrednictwem specjalnych modułów I/O. Ze względów konstrukcyjnych oraz

zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa sterowanie hamulców zasilano z osobnego napięcia 24V.



Rys.7. Model rejestratora termogramów opasających



Rys.8. Prototypowe urządzenie

Zakresy ruchów wszystkich par kinematycznych ograniczone są dwoma indukcyjnymi wyłącznikami krańcowymi, co daje pewność i bezpieczeństwo działania urządzenia pomimo możliwych błędów programowych i nieprzewidzianych sytuacji, które mogą się wydarzyć na etapie badania modelu.

Wyłączniki krańcowe zasilane są napięciem 24V, a sygnały z nich podawane są na wejścia cyfrowe rozszerzającej karty I/O. Ze względów bezpieczeństwa wybrano wyłączniki normalnie zamknięte, czyli dające na wyjściu stan wysoki, jeśli pozycja członu jest w zakresie dopuszczalnego zakresu ruchu. Taka logika zabezpiecza system przed ewentualnością uszkodzonego przewodu krańcówki, która spowoduje, że ruch w kierunku uszkodzonego modułu zostanie zablokowany. W przypadku zastosowania odwrotnej logiki uszkodzenie objawiłoby się dopiero po wystąpieniu sytuacji kolizyjnej członów ruchomych i mogłoby doprowadzić do zniszczenia części urządzenia.

Komunikacja z falownikami oraz programowanie (program POSITool dostarczany przez producenta) oparte jest na interfejsie RS232 przy użyciu specjalnie wykonanego kabla transmisji. Falowniki sterujące obrotem oraz wysuwem poziomym ramienia skonfigurowane są w trybie umożliwiającym sterowanie zewnętrzne, poprzez wyżej wymieniony port. Zakłada się, że ruchy zadawane z tego poziomu nie posiadają znamion ruchów krytycznych czasowo i opóźnienie związane z komunikacją z PC nie wpływa na bezpieczeństwo i funkcjonalność urządzenia. Zupełnie inaczej jest w przypadku falownika sterującego ruchem „stabilizacji odległości” ustawiającego odległość ramienia od pacjenta na stałą wartość z taką dokładnością, by niedokładność regulacji mieściła się w granicy błędu dopuszczalnego, który nie powoduje rozmywania obrazu uzyskanego na kamerze. Zamykanie pętli sprzężenia zwrotnego przez komputer PC generowałoby dodatkowe opóźnienie prowadzące do pogorszenia parametrów stabilizacji, a nawet do niestabilności układu regulacji. Aby zapewnić jak najlepsze parametry stabilizacji położenia, zdecydowano się zamknąć pętle sprzężenia zwrotnego lokalnie przez falownik.

Do pomiaru odległości wykorzystano dalmierz laserowy (wyjście analogowe 0÷20mA), który podłączono na wejście analogowe karty rozszerzeń falownika. Falownik za pomocą wewnętrznego programu przetwarza sygnał i w zależności od jego poziomu odpowiednio steruje prędkością silnika, stabilizując położenie ramienia urządzenia na zadanej wartości.

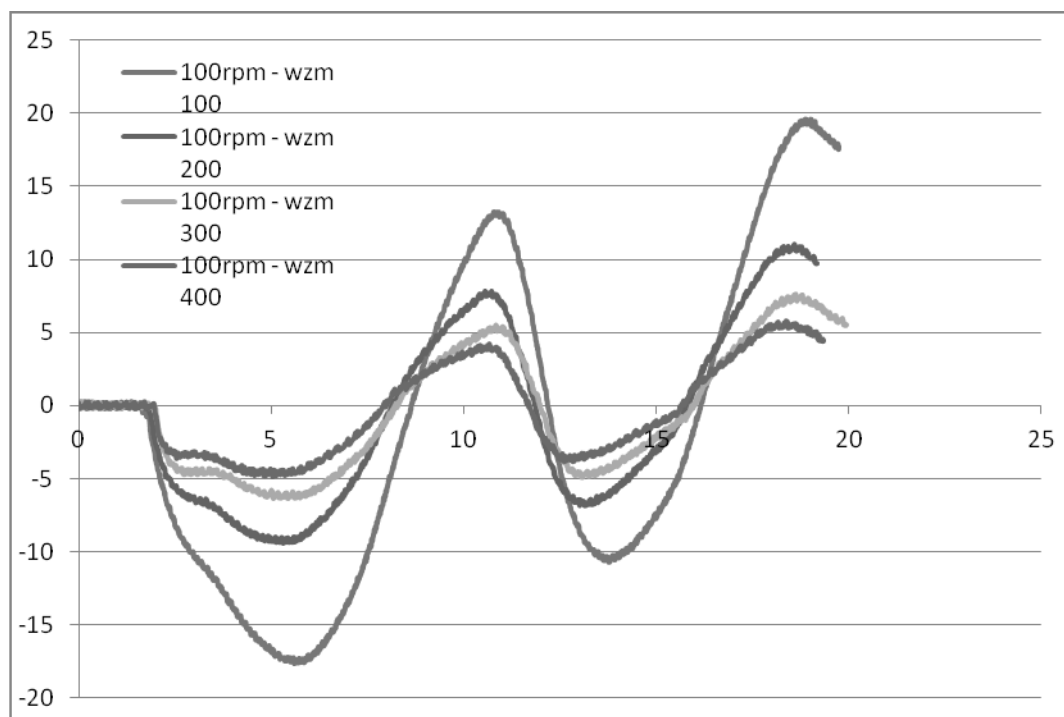
Na tak zestawionej strukturze układu regulacji przeprowadzono wstępne badania jakości regulacji, wykonując przejazd kątowy wokół najbardziej zmiennej części geometrycznej manekina (klatka piersiowa). Rys. 9 przedstawia wykres z uzyskanymi wartościami dokładności stabilizacji odległości realizowanej przez urządzenie. Najlepszą charakterystykę stabilizacji (+/- 5mm) uzyskano dla prędkości obrotowej 100 rpm silnika realizującego ruch obrotowy konstrukcji przy maksymalnej nastawie wzmocnienia 400 dla członu proporcjonalnego regulatora sterującego stabilizacją położenia.

5. PODSUMOWANIE

Tworzony przez autorów system diagnostyczny składa się z prototypowego urządzenia rejestrującego termogramy i wideogramy opasające oraz systemu komputerowego. Stanowić on będzie zupełnie nowe narzędzie wspomagające diagnostykę i proces leczenia ran oparzeniowych i przewlekłych.

Urządzenie zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym po numerem P.397895.

Publikacja i badania zostały wykonane w ramach projektu rozwojowego NR13-0124-10/2010 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.



Rys. 9. Dokładność stabilizacji odległości (mm) realizowanej przez urządzenie dla stałej prędkości obrotowej silnika i różnych wartości wzmocnienia

LITERATURA

1. Więcek B., De Mey G.: Termowizja w podczerwieni: podstawy i zastosowania. Warszawa: Wydawnictwo PAK, 2010.
2. Nowakowski A. (ed.): Postępy termografii: aplikacje medyczne. Gdańsk: Wyd. Gdańskie, 2001.
3. Awrejcewicz J., Zagrodny B.: Wpływ symetrii ćwiczeń na rozkład temperatury górnej części ciała. „Inżynieria Biomedyczna” 2011, Vol. 17, Nr 3, s. 189-190.
4. Dziewoński M.: Wspomaganie oceny postępu gojenia się ran trudno gojących się oparzeniowych na podstawie analizy zdjęć i termogramów. W: XVIII krajowa konferencja „Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna”, Gliwice/Tarnowskie Góry, 11-14.2011, CD ROM Proceedings ss.6.

CONCEPT OF DEVICE REGISTERING THE ENCIRCLING THERMOGRAPHS

Summary. The article will discuss the concept of a device registering encircling thermograms which will allow one the quality assessment of both the wound area as well as the surface area of extended burns.

The device will be the main component of a system used for comprehensive support of diagnostics and treatment of burn wounds and chronic wounds using imaging methods in visible band and in infrared band.