



# Termowizyjny pomiar temperatury wstęgi w procesie produkcji papieru

## Thermographic measurement of web temperature in the paper production process

PAWEŁ PEŁCZYŃSKI, WŁODZIMIERZ SZEWCZYK

DOI: 10.15199/54.2018.12.3

*W artykule przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania kamery termowizyjnej do pomiaru temperatury wstęgi papierowej w celu kontroli procesu jej konsolidacji. Zidentyfikowano problemy, jakie należy rozwiązać w celu zapewnienia dokładności pomiaru oraz wyprowadzono zależności pozwalające na wyznaczenie rzeczywistej temperatury powierzchni papieru i prawidłowe mapowanie współrzędnych obrazowych na metryczne współrzędne powierzchni wstęgi. Opracowano technikę identyfikacji właściwości radiometrycznych papieru w zakresie promieniowania termicznego, którą zweryfikowano pomiarami temperatury wstęgi na cylindrze suszącym maszyny produkującej papiery higieniczne.*

**Słowa kluczowe:** termowizja, temperatura papieru, emisyjność, transmisyjność

*The analysis of the possibilities of using a thermovision camera to measure the temperature of a paper web in order to control the process of its consolidation is presented in the article. Problems, which should be solved in order to ensure the accuracy of the measurement have been identified, and the dependencies allowing to determine the actual paper surface temperature and proper mapping of image coordinates to the metric coordinates of the web surface have been derived. A technique for identifying radiometric properties of the paper in the range of thermal radiation was developed, which was verified by measuring the temperature of the web on the drying cylinder of a machine producing hygiene papers.*

**Keywords:** thermovision, paper temperature, emissivity, transmissivity

Dr inż. **P. Pełczyński** (pawel.pelczynski@p.lodz.pl), dr hab. inż. **W. Szewczyk**, prof. PŁ (wlodzimierz.szewczyk@p.lodz.pl), Instytut Papiernictwa i Poligrafii, Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 223, 90-924 Łódź

### Wprowadzenie

Przemysłowe kamery termowizyjne znajdują obecnie zastosowanie m.in. do zdalnego pomiaru temperatury powierzchni maszyn i urządzeń oraz wytwarzanych produktów. Jednym z potencjalnych zastosowań termowizji jest pomiar temperatury wstęgi papierowej w procesie jej konsolidacji w maszynie papierniczej. Zastosowanie kamery termowizyjnej daje szansę na znakomite zwiększenie rozdzielczości i szybkości pomiaru w stosunku do tradycyjnych technik pomiarowych bazujących na skanowaniu przemieszczającej się wstęgi, dzięki obrazowaniu całej jej szerokości i rejestracji obrazów z dużą częstotliwością. Użycie kamery pozwala na wyznaczenie profilu poprzecznego temperatury wstęgi z jednego obrazu, z wysoką rozdzielczością, zależną od typu przetwornika obrazowego [4] i jej zmienności w czasie, z rozdzielczością zależną od częstości przechwytywania obrazów.

Niewątpliwie zalety termowizji, polegające na szybkim pomiarze rozkładu temperatury na powierzchni wytwarzanego papieru, są związane z wieloma problemami wynikającymi zarówno z samej zasady pomiaru [7], jak i braku możliwości dogodnego usytuowania kamery względem odcinka wstęgi poddawanej badaniu. Do pierwszej grupy trudności należy zaliczyć transmisyjność papieru w obszarze długości fal promieniowania termicznego, szczególnie papieru higienicznego o małej gramaturze i grubości. Taki papier staje się częściowo przezroczysty dla promieniowania termicznego, co utrudnia pomiar jego temperatury na tle otoczenia o temperaturze znacząco obiegającej od temperatury wstęgi, albo ulegającej częstym zmianom. Druga grupa utrudnień wynika z braku możliwości swobodnego mocowania kamery w dowolnym miejscu maszyny i konieczności jej ustawiania tak, że kierunek osi optycznej kamery jest znacznie odchylony od normalnej do powierzchni wstęgi. Wówczas obraz powierzchni papieru jest zniekształcony przez rzutowanie perspektywiczne na przetwornik kamery. W celu wyznaczenia profilu poprzecznego temperatury w funkcji odległości od wybranego

