

*Andrzej Myczko, Kamila Kreis-Tomczak, Stefan Pawlak, Wojciech Rzeźnik
IBMER Poznań*

BUDYNEK INWENTARSKI Z DODATNIM BILANSEM ENERGETYCZNYM

Streszczenie

Przeprowadzono badania modeli dachu energetycznego budynku inwentarskiego w okresie od marca do maja 2004. Przedstawione wyniki badań wstępnych potwierdzają celowość zastosowania ogniw fototermicznych w budynkach generujących energię ponad własne zapotrzebowanie.

Słowa kluczowe: energia słoneczna, energia odnawialna, budownictwo inwentarskie

Wstęp

Sektor budownictwa w Unii Europejskiej jest obecnie odpowiedzialny za ponad 40% zużycia energii. W skład tego sektora wchodzi także budownictwo inwentarskie, które charakteryzuje się jednym z najwyższych wskaźników zużycia energii, ponieważ w obiektach tych ma miejsce duża koncentracja procesów produkcyjnych. Istnieją duże możliwości poprawy bilansu energetycznego budynku inwentarskiego poprzez [Myczko 1996]:

- zastosowanie nowoczesnych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych,
- wykorzystanie energii pochodzącej z wielu źródeł, z naciskiem na źródła odnawialne,
- opracowanie standardów typu konstrukcji i użytych materiałów oraz zastosowanych źródeł energii w zależności od przewidywanej lokalizacji obiektu w różnych strefach klimatycznych,
- zastosowanie takiego układu wieloźródłowego, którego sprawność będzie większa od sprawności poszczególnych źródeł,
- opracowanie metod zarządzania energią w budynku inwentarskim pochodzącą z wielu źródeł.

Analiza aktualnego stanu zagadnienia w świetle literatury

Studia nad różnymi scenariuszami zmian w energetyce (np. World Energy Council, Shell, United Nations) przewidują udział odnawialnych źródeł energii na poziomie 20-50% w całej światowej produkcji energii do połowy tego stulecia. Na poziomie europejskim różne scenariusze pokazują, że realnym celem jest udział 15% energii ze źródeł odnawialnych do 2010 roku (Madrid Conference 1994). Technologie pozyskiwania energii z odnawialnych i zastosowanych w rolnictwie źródeł są dziedziną, która ciągle wymaga badań i poszukiwań. Dotyczy to także eko-budynków dla zwierząt, które byłyby w stanie wyprodukować energię na bazie źródeł energii odnawialnej ponad własne zapotrzebowanie energetyczne. Szacuje się, że aktualnie wykorzystywane odnawialne źródła energii w rolnictwie to mniej niż 5 % [Dreszer i inni 2003].

Budynki inwentarskie powinny uwzględniać nie tylko aspekt energetyczny, ale i proekologiczny. Planuje się znaczące ograniczenia ilości emitowanych z tych budynków gazów szkodliwych, między innymi NH_3 , i N_2O , które w 80% emitowane są z rolnictwa, a szczególnie z produkcji drobiarskiej i chowu świń. W 1984 roku w IBMER Poznań rozpoczęto badania instalacji do odzysku ciepła z przym obornikowych, a w 1993 badania nad odzyskiwaniem ciepła pochodzącego z rozkładu biologicznego ściółki i odchodów zwierzęcych [Myczko 1993]. Wyniki te zostały potwierdzone w badaniach wdrożeniowych na obiektach rzeczywistych przez Nawrockiego i Myczko [1998] w odniesieniu do budynków, w których zwierzęta utrzymuje się na ściółce, oraz przez Piotrkowskiego i Myczko [2002] w odniesieniu do budynków z utrzymaniem zwierząt na rusztach. Prowadzono także badania nad ograniczeniem emisji amoniaku w trakcie pozyskiwania i kumulacji ciepła fermentacyjnego [Nawrocki, Myczko 1998, Hesse i współ. 1995]. W pracy Aarninka, Myczko i Karłowskiego [2001] przeprowadzono ocenę potencjalnych możliwości zainstalowania w budynkach dla świń w Polsce i Holandii systemów kumulowania energii przy pomocy pomp ciepła. Uwzględniono wpływy klimatyczne, sporządzono bilans energii oraz oszacowano tempo wdrażania opracowanej technologii. Firma R&R Energy Systems BV [Claesen 1999] jako rozwinięcie tej technologii przedstawiła wyniki prac nad wdrożeniem cieczowych kolektorów słonecznych zintegrowanych z pokryciem dachowym budynku inwentarskiego.

Na podstawie dostępnej literatury można wyróżnić dwa systemy konwersji termicznej: pasywny (bierny) i aktywny (czynny).

W urządzeniach wykorzystujących systemy pasywne nie dostarcza się dodatkowej energii z zewnątrz. W sposobach aktywnych dostarcza się na ogół do instalacji dodatkową energię, zwykle do napędu pompy lub wentylatora przetłaczającego czynnik roboczy.

Dokonany przegląd literatury w obszarze cieczowych kolektorów słonecznych dostarcza niedostatecznej wiedzy o możliwościach zastosowania takich rozwiązań dostosowanych do budownictwa inwentarskiego w warunkach polskich. Celowe będzie więc szczegółowe przeprowadzenie badań rozwiązania technicznego dostępnego na rynku holenderskim i przystosowania go do polskich warunków klimatycznych, a przede wszystkim warunków nasłonecznienia.

Kluczowym elementem zapewniającym dużą sprawność całego układu energetycznego budynku inwentarskiego jest odpowiednio dobrany akumulator energii cieplnej. W zależności od typu kolektora słonecznego (powietrzny lub cieczowy) można zastosować magazynowanie ciepła w złożach kamiennych lub w specjalnych gruntowych (pionowych lub poziomych) magazynach ciepła.

Cel badań

Celem badań jest określenie warunków i granic ekonomicznie uzasadnionej stosowalności paneli wodnych firmy R&R, zastosowanych w dachowych kolektorach fototermicznych. Badania mają pomóc w odpowiedzi na pytanie jak nachylenie połaci dachowej i kombinacje pozostałych parametrów (prędkość przepływu cieczy, rodzaj zastosowanej powłoki malarskiej) wpływają na sprawność cieplną absorbera.

Metodyka badań wstępnych

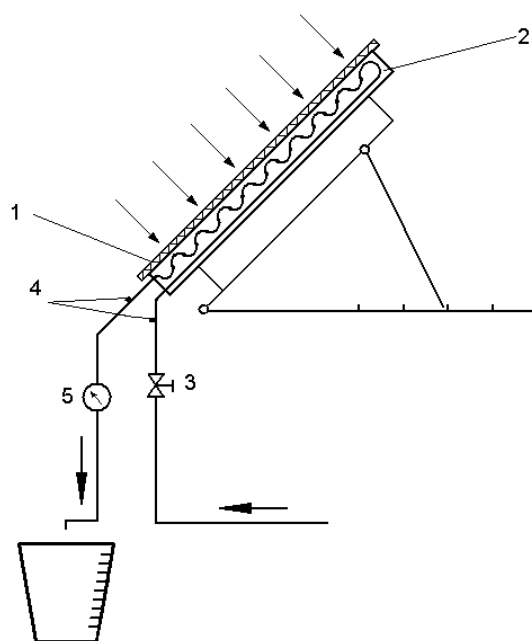
Opis stanowiska

Układ cieczowy wypełniony będzie wodą o temperaturze początkowej 15°C. Obieg cieczy roboczej zapewni zasilanie układu z instalacji wodociągowej. Natężenie przepływu wyniesie odpowiednio: 100, 150 i 200 dm³/h, co pokrywa się z wynikami badań producenta zastosowanych paneli wodnych. Oprzyrządowanie pomiarowe układu stanowić będą termometry kontrolne usytuowane na jego wejściu i wyjściu wraz z miernikiem przepływu cieczy. Wartość strumienia energii docierającej do powierzchni elementów dachowych będzie określana przy pomocy miernika natężenia promieniowania słonecznego.

Energia użyteczna zawarta w podgrzanej cieczy jest mniejsza od energii docierającej do kolektora między innymi o wielkość strat cieplnych do otoczenia, które to straty nie będą określone. Nie przewidziano także analizowania udziału promieniowania odbitego od podłoża absorbera w całkowitym natężeniu promieniowania słonecznego oraz określenia współczynnika przewodzenia ciepła w układzie blacha dachowa – ścianka kolektora wodnego. Brak spoiwa klejowego łączącego zastosowane panele wodne z blachą, przy jednoczesnym zachowaniu bezpośredniej styczności tych elementów, powoduje że sprawność układu transferującego

energię cieplną od blachy do panelu spada o około 5% (wg badań R&R Energy Systems BV). Wszystkie panele wodne elementów dachowych będą łączone z blachą dachową w ten sam sposób.

Z uwagi na stochastyczny charakter zjawisk pogodowych, charakterystyki sprawnościowe układu odbierającego ciepło uzupełnione zostaną opisem zewnętrznym warunków atmosferycznych panujących podczas badań, oraz informacjami dotyczącymi m. in. kąta padania promieni na powierzchnię absorbera. W przypadku połaci dachowych występujących w praktyce, w których stosuje się znacznie dłuższe panele wodne, skuteczność pochłaniania energii na różnych poziomach jest zmienna z uwagi na wzrost temperatury czynnika odbierającego ciepło. Wykonanie charakterystyk paneli przy różnych temperaturach początkowych cyrkulującej cieczy (na wejściu) pozwoli na częściowe odwzorowanie także tych warunków.



Rys. 1. Schemat ideowy stanowiska pomiarowego: 1 – blacha wierzchnia elementu dachowego; 2 – panel wodny; 3 – zawór dławiący; 4 – punkty pomiaru temperatury; 5 – przepływomierz cieczy

Fig. 1. The principle diagram of a measurement point: 1 – surface metal sheet of the roof element; 2 – water panel; 3 – suppressing valve; 4 – temperature measurement points; 5 – liquid flow meter

Na stanowisko badawcze składają się:

- model pokrycia dachowego z panelami wodnymi,
- podstawa modułu umożliwiająca uzyskanie różnego kąta padania promieni słonecznych na badane powierzchnie, w zakresie 60° - 90°,
- instalacja wodna z zaworem dławiącym.

Oprzyrządowanie pomiarowe stanowiska:

- czujniki temperatury wody dolotowej i wylotowej,
- przepływomierz cieczy,
- przyrząd do określania kąta padania promieni słonecznych.

Na badane czynniki składają się:

- prędkość przepływu cieczy roboczej,
- kąt nachylenia dachu do kierunku promieniowania,
- temperatura cieczy dolotowej.

Prędkość przepływu zaplanowano na trzech, a pozostałe czynniki na dwóch poziomach.

Do oceny wpływu różnych poziomów badanych parametrów technicznych zastosowana będzie wieloczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami, która pozwala zweryfikować hipotezę, zakładającą, że między średnimi z grup nie ma istotnych różnic (na zakładanym poziomie istotności $\alpha=0,05$). Po przeprowadzeniu analizy wariancji i wykazaniu ewentualnych istotnych różnic w ilości uzyskanych strumieni energii, obliczony zostanie wielokrotny test rozstępu w celu określenia, między którymi grupami te różnice są istotne.

Przebieg wykonania pomiarów:

1. Ustawiono jednocześnie 3 sekcje (jednakowe warunki nasłonecznienia) o różnych kolorach pokryć dachowych (czarny, czerwony, zielony).
2. Za pomocą zaworów dławiących ustalono założony przepływ, po czym wykonano pomiary temperatury wody dolotowej i wylotowej.
3. Po stwierdzeniu ustabilizowania się temperatur, po 15 min. zarejestrowano wskazania czujników temperatury. W oparciu o pomierzone wartości obliczono strumień energii ciepłej wg wzoru:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_w \cdot \Delta T \quad (1)$$

gdzie: $\dot{Q}$ - strumień energii [J/s, W],

- $\dot{m}$ - strumień cieczy [kg/s],
 c_w - ciepło właściwe cieczy [J/(kg · K)],
 ΔT - przyrost temperatury [K].

4. Zarejestrowano uzyskane wyniki w formularzu wyników (tabela 1).
5. Wykonano pomiary przy natężeniu przepływu cieczy w zakresie: 100, 150 i 200 dm³/h.

Wyniki badań i ich analiza

W okresie od marca do maja przeprowadzono wstępne badania elementów dachu energetycznego. Wyniki tych badań zawiera tabela 1.

Tabela 1. Średnie miesięczne wartości pozyskanego strumienia ciepła z 1 m²
 Table 1. Average monthly values of the heat stream obtained from 1 m²

Miesiące	Badane parametry		Kolor dachu		
			czarny	czerwony	zielony
	Przepływ cieczy [dm ³ /h]	Temperatura wejściowa [°C]	Strumień ciepła [W]	Strumień ciepła [W]	Strumień ciepła [W]
MARZEC	100	15	290,97	267,69	279,33
	100	20	209,5	174,58	174,58
	150	15	261,88	209,5	209,5
	150	20	244,417	192,04	209,5
	200	15	232,78	209,5	186,22
	200	20	186,22	162,94	186,22
KWIECIEŃ	100	15	372,44	360,81	360,81
	100	20	302,61	279,33	290,97
	150	15	349,17	314,25	331,71
	150	20	314,25	296,79	296,79
	200	15	349,17	325,89	325,89
	200	20	395,72	349,17	372,44
MAJ	100	15	407,31	384,08	395,72
	100	20	325,89	302,61	290,97
	150	15	453,92	436,46	436,46
	150	20	384,08	366,63	366,63
	200	15	419	372,44	395,72
	200	20	325,89	302,61	302,61

W celu określenia wpływu koloru dachu oraz prędkości przepływu cieczy roboczej w układzie na ilość uzyskanego strumienia ciepła wykonano analizę wariancji (tab. 2).

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji

Table 2. Analysis of variance results

Źródło wariancji	SS	df	MS	F	Wartość-p	Test F
Przepływ cieczy	114,2321	1	114,2321	34,53502	0,027756	18,51276
Kolor dachu	707,5633	2	353,7816	106,9565	0,009263	19,00003
Błąd		2	3,307717			
Razem	828,4108	5				

W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji dla całej populacji wyników stwierdzono, że na ilość uzyskanego strumienia ciepła istotny wpływ ma jedna zmienna niezależna, tzn. prędkość przepływu. Dowodzą tego zaobserwowane wartości współczynnika ryzyka błędu „Wartość p”. Wartość tego współczynnika, dla wymienionej zmiennej niezależnej jest mniejsza od 0,05, czyli można stwierdzić z prawdopodobieństwem 95%, że zmienna ta ma statystycznie istotny wpływ na zmienną zależną, czyli na ilość uzyskanego strumienia ciepła.

Analizując zaobserwowane wartości współczynnika F można wnioskować, że czynnikiem mającym najbardziej istotny wpływ na zmienną zależną jest prędkość przepływu cieczy. Można więc stwierdzić, że wolniejszy przepływ ($100 \text{ dm}^3/\text{h}$) powodował statystycznie istotną, mniejszą ilość pozyskanego strumienia ciepła z dachu energetycznego.

Kolor dachu nie wpływał istotnie na ilość uzyskanego strumienia ciepła (na poziomie istotności $\alpha=0,05$), ponieważ wartości współczynnika ryzyka błędu „Wartość p” była większa niż 0,05.

Wnioski

Po przeprowadzeniu wstępnych badań elementów dachu energetycznego można stwierdzić, że:

1. Na ilość pozyskanego strumienia ciepła miała wpływ prędkość przepływu. Ilość odebranego ciepła była najwyższa dla prędkości przepływu $200 \text{ dm}^3/\text{h}$.
2. Kolor dachu energetycznego nie wpływał istotnie na różnice w pozyskanym strumieniu ciepła.
3. Badane elementy dachu energetycznego mogą być wykorzystane do wyposażenia budynku inwentarskiego, który będzie mógł produkować energię na własne zapotrzebowanie.

Bibliografia

Claesen R. 1990 Yield calculation for an energy roof under development at R&R Energy Systems BV, The Netherlands

Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003 Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. PTIR Warszawa

Hesse D. 1994. Comparision of different old and new fattening pig husbandrys with focus on enviroment and animal welfare. In: Proc. XII World Congress on Agricultural Engineering, 29.08-01.09.1994, Umweltbelastung, Behandlug, Verwertung. Hrsg: Strauch. Ulmer, Stuttgart, 1997, p. 48-54

Myczko A. 1993.: Kojce zbiorowe z podłożem egzotermicznym w chowie trzody chlewnej. Problemy Inżynierii Rolniczej, Instytut Budownictwa, Mechanizacji I Elektryfikacji Rolnictwa, Komitet Techniki Rolniczej PAN, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Warszawa

Myczko A. 1996. Nowoczesne rozwiązania techniczne i technologiczne w budownictwie inwentarskim. ODR Ostrołęka. S.124

Nawrocki L., Myczko A. 1998 Odzysk ciepła z podłoża tuczarni. Problemy Inżynierii Rolniczej Nr 4/98, s. 125-130, IBMER, Warszawa

FARM BUILDING WITH A POSITIVE ENERGY BALANCE

Summary

The research was conducted regarding the energetic roof models of a farm building from March to May 2004. The presented results of preliminary research conform the usefulness of applying photothermal cells in buildings generating energy in excess of their own needs.

Key words: solar energy, renewable energy, farm building