

Katarzyna PRZYBYŁA*

MODYFIKACJA ŚRODOWISKA PRACY W HALI MECHANICZNEJ OBRÓBKİ DREWNA

Streszczenie

W opracowaniu przeanalizowano czynniki wpływające na mikroklimat w hali mechanicznej obróbki drewna na przykładzie hali obróbki wstępnej Zielonogórskich Zakładów Mebli ZEFAM w Zielonej Górze. Ustalono roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania hali. Obliczenia wykonano dla różnych wariantów ogrzewania hali. Przeanalizowano koszty związane z eksploatacją urządzeń wentylacyjnych..

Przy mechanicznej obróbce drewna występują duże ilości odpadów w postaci pyłów i trocin. W celu zapewnienia stężenia zapylenia mniejszego od dopuszczalnego, jak również do odprowadzenia odpadów na zewnątrz hali stosuje się instalacje transportu pneumatycznego. Wyciągają one duże ilości powietrza z hali, co powoduje dużą krotność wymian powietrza w hali. Wyciągnięte powietrze musi być zrekompensowane powietrzem nawiewanym. W okresie zimowym powinno być ono ogrzewane. Wszystkie te składniki wpływają na mikroklimat w hali mechanicznej obróbki drewna. Na mikroklimat stanowiska pracy mają wpływ następujące parametry:

- temperatura powietrza,
- temperatura powierzchni przegród otaczających pomieszczenie,
- prędkość przepływu powietrza dostarczanego do stanowiska pracy,
- wilgotność powietrza.

Optymalne wartości w/w parametrów, które zapewniają przyjemne odczuwanie ciepła przez człowieka, w pomieszczeniu zamkniętym, określane pojęciem „komfortu cieplnego” [P. Giećewicz, 1982]. Odczucie komfortu jest odczuciem indywidualnym, w grupie badanych pracowników przebywających w tych samych warunkach znajdują się ludzie, którym będzie za gorąco, inni którym będzie za zimno. Warunki komfortu będą optymalne wówczas, kiedy liczba niezadowolonych pracowników będzie minimalna. Optymalne wartości parametrów przy wykonywaniu pracy ciężkiej powinny wynosić:

- temperatura powietrza 14-17°C,

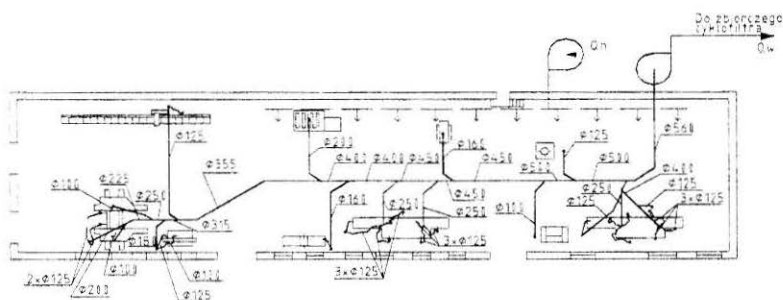
* mgr inż. Katarzyna Przybyła - Zakład Sieci i Instalacji Sanitarnych, Politechnika Zielonogórska

- prędkość ruchu powietrza nie powinna przekraczać 0,15 m/s,
- wilgotność względna 30-70 % (przy wysokich temperaturach wskazane są niższe wilgotności względne powietrza)
- różnica temperatur, pomiędzy temperaturą otaczających powierzchni a temperaturą powietrza, powinna być niewielka [P. Giećewicz, 1982] .

Bezpośredni wpływ na mikroklimat w pomieszczeniu mają następujące warunki:

- parametry klimatu zewnętrznego (temperatura powietrza, prędkość i kierunek wiatru, nasłonecznienie)
- konstrukcja przegród zewnętrznych oraz właściwości zastosowanych materiałów
- rozwiązanie systemów wentylacyjnych i grzewczych
- procesy technologiczne prowadzone w rozpatrywanych pomieszczeniach.

W przemyśle drzewnym stosuje się powszechnie instalacje pneumatycznego odwiórowania, które charakteryzują się dużym zużyciem energii cieplnej i elektrycznej. Instalacje odwiórowania projektuje się przy założeniu, że wszystkie obrabiarki pracują równocześnie. W rzeczywistości równocześnie pracuje ich maksymalnie 50 % [W. Rybarczyk, 1991]. Ze względów oszczędności energii, celowe jest stosowanie w przemyśle meblarskim instalacji odwiórowania dostosowanych do procesów użytkowania obrabiarek, tj. wyposażonych w zasowy odcinające przy niepracujących obrabiarkach, a także w urządzenia automatycznej regulacji służące do uzyskania optymalnych parametrów w instalacji.



Rys. 1 Schemat hali obróbki wstępnej wraz z rozmieszczeniem obrabiarek i instalacji wywiewnej Q_W i nawiewnej Q_N

Straty ciepła w okresie zimowym, spowodowane przez instalację odwiórowania mają wpływ na mikroklimat w hali oraz na koszty związane z jej ogrzewaniem.

Do analizy wybrano halę obróbki wstępnej w Zielonogórskich Zakładach Meblowych ZEFAM. Schemat instalacji wraz z rozmieszczeniem obrabiarek przedstawiono na rys.

1. Dane ogólne hali są następujące:

- powierzchnia 400 m²,
- kubatura 1820 m³,
- objętość powietrza wentylacyjnego 7,8 m³/s,
- krotkość wymian 15,5 na godzinę.

Powietrze uzupełniające, nawiewane do hali jest nie podgrzane. Straty ciepła zwiększone są przez nieszczelne i często otwierane bramy. Istniejące okna mają pojedyncze szyby, świetlik stanowi ok. 1/3 powierzchni dachu.

Temperatura powietrza w hali przy pracy instalacji w okresie zimowym obniża się. Obniżanie się temperatury jest tym gwałtowniejsze, im temperatura zewnętrzna jest niższa. W omawianej hali w trzech różnych miejscach dokonano kilku pomiarów temperatury i wilgotności za pomocą psychrometru Assmanna, wyniki uśredniono (Tab. 1). Przy temperaturze zewnętrznej równej -1,5 °C temperatura w hali obniżyła się do 13,5 °C.

Parametry mikroklimatu zmieniają się wyraźnie w ciągu pierwszej godziny pracy instalacji, a następnie ustalają się na określonym poziomie. Wilgotność powietrza dąży do wartości, jaka panuje na zewnątrz hali i ustala się również po określonym czasie na jednakowym poziomie [W. Rybarczyk, 1991].

Wyciąganie z hali powietrza przez instalację odwiórowania powoduje dużą krotkość wymian powietrza i straty ciepła w okresie zimowym. Wskutek tego dla zachowania właściwego mikroklimatu w hali przemysłu drzewnego należy dodatkowo wprowadzić nawiew powietrza, a w okresie zimowym zapewnić dostateczne doprowadzenie ciepła.

TABELA 1

Wartości temperatur zewnętrznych i wewnętrznych zmierzonych w hali mechanicznej obróbki wstępnej.

Temperatura zewnętrzna	Temperatura wewnętrzna	Wilgotność
°C	°C	%
1,0	16,0	33,2
-1,0	14,6	36,0
-1,5	13,5	36,5

Celem obliczeń jest ustalenie rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania przedstawionego obiektu (rys. 1), oraz ustalenie zmian jakie zachodzą w każdym miesiącu sezonu grzewczego. Założono, że sezon grzewczy obejmuje miesiące od października do kwietnia włącznie. Chwilowe zapotrzebowanie na ciepło obliczono przy założeniu, że obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego wynosi 16 °C, a

powietrza zewnętrznego $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obliczenia wykonano w oparciu o PN-94/B-03406 ze wzoru

$$Q = Q_p (1 + d_1 + d_2) + Q_w \quad [\text{W}] \quad (1)$$

w którym:

Q_p - straty ciepła przez przenikanie, W,

Q_w - straty ciepła na wentylację, W,

d_1 - dodatek do strat ciepła przez przenikanie dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni chłodzących pomieszczenia,

d_2 - dodatek do strat ciepła przez przenikanie uwzględniający skutki nasłonecznienia przegród i pomieszczeń,

Łączne zapotrzebowanie chwilowe na ciepło do ogrzewania wynosi

$Q = 434,6\text{ kW}$, z czego $Q_p = 90,9\text{ kW}$ to ciepło potrzebne na pokrycie strat przez przenikanie, a $Q_w = 343,7\text{ kW}$ to ciepło potrzebne na pokrycie strat spowodowanych przez instalację odwiórowania.

Miesięczne zużycie ciepła obliczono uwzględniając stopniodni okresu ogrzewania, ustalone na podstawie średnich wartości temperatury powietrza zewnętrznego dla Zielonej Góry z 15 lat (1982-1997) udostępnionych przez Miejski Zakład Energetyki Ciepłej w Zielonej Górze. Liczbę stopniodni dla miasta Zielonej Góry ustalono według zależności:

$$S_d = Z(t_i - t_{es}) \quad (2)$$

gdzie:

Z - liczba dni w miesiącu,

t_i - obliczeniowa temperatura w pomieszczeniu, $^{\circ}\text{C}$,

t_{es} - średnia wartość temperatury powietrza zewnętrznego dla danego miesiąca, $^{\circ}\text{C}$.

Stopniodni obliczono dla temperatury wewnętrznej równej $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2).

Miesięczne zużycie ciepła Q_m , kWh do ogrzania budynku obliczono ze wzoru (3).

$$Q_m = S_d \frac{Q}{(t_i - t_e)} 24 \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

gdzie:

S_d - jak we wzorze (2),

Q - jak we wzorze (1),

t_i - obliczeniowa temperatura w pomieszczeniu, $^{\circ}\text{C}$,

t_e - obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$.

Obliczenia wykonano dla trzech wariantów ogrzewania hali. W wariantcie pierwszym powietrze nawiewane do hali ma temperaturę powietrza zewnętrznego, a zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania pokrywane jest w całości przez centralne ogrzewanie.

TABELA 2

Stopniodni dla miasta Zielonej Góry

Miesiąc	Liczba dni w miesiącu	Liczba dni roboczych	Stopniodni $t_i = 16^\circ \text{C}$	Stopniodni rob. $t_i = 16^\circ \text{C}$	Stopniodni $t_i = 4^\circ \text{C}$	Stopniodni rob. $t_i = 4^\circ \text{C}$
	Z	Z_p	S_d	S_{dp}	S_d	S_{dp}
X	31	23	229,40	170,20	0,00	0,00
XI	30	21	323,00	275,10	38,00	23,10
XII	31	20	457,25	295,00	85,25	55,00
I	31	21	527,00	357,00	155,00	105,00
II	28	20	439,60	314,00	103,60	74,00
III	31	23	396,80	294,40	24,80	18,40
IV	30	22	228,00	167,20	0,00	0,00

Podczas pracy instalacji odwirowania (7,5 godz.) temperatura w hali wynosi 16°C , a w pozostałym okresie czasu jest wyższa. W wariantcie drugim do hali nawiewane jest ciepłe powietrze ogrzewane przez nagrzewnicę, straty ciepła przez przenikanie pokryte są przez centralne ogrzewanie. Temperatura w hali wynosi 16°C w czasie pracy instalacji odwirowania i w czasie jej postoju. W wariantcie trzecim ogrzewanie hali realizowane jest w ten sam sposób jak w wariantcie drugim. Natomiast w czasie postoju temperatura w hali obniżana jest do temperatury 4°C . Realizację tego wariantu umożliwia zainstalowanie programatora czasowego sprzężonego z czujnikami temperatury powietrza zewnętrznego i wewnątrz hali. Obliczenia zestawiono (Tab. 3) i przedstawiono na rys. 2.

Dla wszystkich wariantów maksymalne zużycie energii cieplnej przypada na miesiąc styczeń, najniższe na miesiące październik i kwiecień. Wariant trzeci uznać można za najbardziej energooszczędny. Zużycie ciepła przy takim rozwiązaniu doprowadzenia ciepła spada o około 1/3 w stosunku do wariantu pierwszego, wymaga ono jednak sprawnie działającego układu pomiarowego temperatur sprzężonego z pracą instalacji CO

Przy zachowaniu właściwego mikroklimatu, koszty eksploatacyjne hali obejmują następujące składniki:

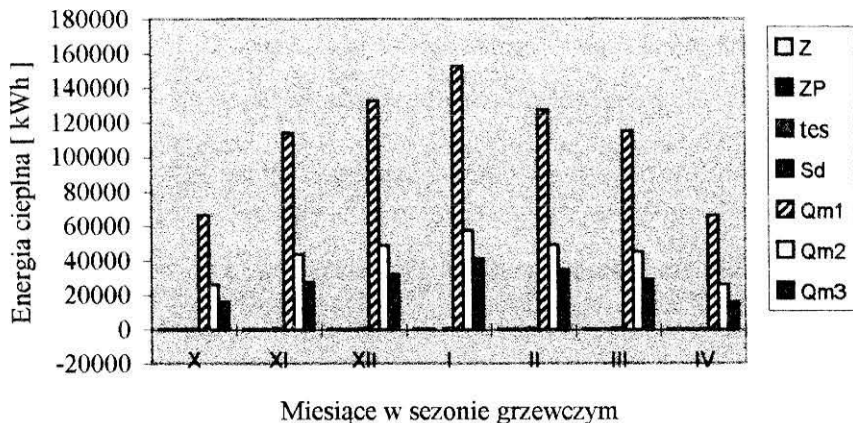
- koszty utrzymania mikroklimatu K_M , w skład których wchodzi koszty energii elektrycznej zużytej przez silniki wentylatorów do instalacji wywiewnej i nawiewnej, koszty energii cieplnej potrzebnej na pokrycie strat przez przenikanie i podgrzanie nawiewu,
- koszty utrzymania pracowników K_P ,

- koszty energii elektrycznej zużytej przez obrabiarki K_{ob} .

TABELA 3

Miesięczne zużycie ciepła

Miesiąc	Zużycie ciepła wariant 1	Zużycie ciepła wariant 2	Zużycie ciepła wariant 3
	Q_{m1}	Q_{m2}	Q_{m3}
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
X	66476,13	26099,98	16057,97
XI	113884,57	43533,48	27501,81
XII	132503,10	48855,12	31939,80
I	152715,44	57524,86	41030,81
II	127388,44	49145,13	34445,81
III	114985,74	45145,90	28913,58
IV	66070,44	25800,25	15774,93



Rys. 2 Średnie miesięczne zużycie energii cieplnej w zależności od sposobu ogrzewania obiektu

Powyższe koszty obliczono dla każdego miesiąca sezonu grzewczego. Do obliczeń kosztów energii cieplnej wykorzystano drugi wariant ogrzewania hali. Wyniki zestawiono w tabeli 4 i przedstawiono w formie wykresu kołowego na rys. nr 3..

TABELA 4

Koszty eksploatacyjne w hali maszynowej obróbki drewna

Miesiąc	Koszty utrzymania mikroklimatu	Koszty utrzymania pracowników	Koszt energii elektr. zużytej przez obrabiaarki
	K_M	K_P	K_{Ob}
X	8845,75 zł	20544,00 zł	2967,86 zł
XI	10313,71 zł	20544,00 zł	2709,79 zł
XII	10662,21 zł	20544,00 zł	2580,75 zł
I	11902,35 zł	20544,00 zł	2709,79 zł
II	10695,14 zł	20544,00 zł	2580,75 zł
III	11008,30 zł	20544,00 zł	2967,86 zł
IV	8655,96 zł	20544,00 zł	2838,83 zł
Razem	72083,42 zł	143808,00 zł	19355,63 zł



Rys. 3 Rozkład kosztów eksploatacyjnych w hali maszynowej obróbki drewna

Przy powyższym rozkładzie największą część stanowią koszty związane z utrzymaniem pracowników 61%, najmniejszą koszty energii elektrycznej zużytej przez obrabiarki 8 %. Koszty utrzymania mikroklimatu stanowią 31 %. Chcąc zmniejszyć tę wielkość należałoby poprawić izolacyjność budynku oraz ograniczyć do minimum straty spowodowane przez nieszczelną stolarkę okienną, drzwiową, świetliki przez często otwierane bramy. Koszty te można również obniżyć przez stosowanie zasuw

odcinających przy niepracujących obrabiarkach, oraz przez stosowanie energooszczędnych instalacji odwiórowania dostosowanych do procesów pracy [W. Rybarczyk, 1991]. Dzięki takim rozwiązaniom można zmniejszyć ilość odciganego powietrza, co znacznie obniża straty ciepła spowodowane pracą instalacji pneumatycznego odwiórowania.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki pomiarów i analiz wskazują, że wdrażanie rozwiązań energooszczędnych ma nie tylko wpływ na dodatnie efekty ekonomiczne przedsiębiorstwa, ale również na optymalizację mikroklimatu badanego pomieszczenia.

LITERATURA

- [1] CHMIELOWSKI Andrzej: *Mikroklimat stanowiska pracy*. Polski Instalator nr 1/96.
- [2] GIECIEWICZ Przemysław, Krzysztofik Włodzimierz i inni : *Ergonomia i ochrona pracy w przemyśle drzewnym*. Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne. Warszawa 1982
- [3] KOCZYK Halina, Antoniewicz Bronisława: - *Bilans energetyczny budynku modelowego w porównawczym sezonie grzewczym miasta Poznania*. C. O. W. nr 10/94
- [4] PN - 91/B-02020.
- [5] PN - 94/B-03406
- [6] RYBARCZYK Witold, Uździcki Waldemar: *Zastosowanie energooszczędnych instalacji odwiórowania dostosowanych do procesów pracy w meblarstwie*. Przemysł Drzewny nr 8/91.