

Henryk Żelazny<sup>1</sup>

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ TEMPERATURY WYNIKOWEJ W ŁAZIENCE PODCZAS RÓŻNYCH PROCESÓW ZWIĄZANYCH Z JEJ UŻYTKOWANIEM

### Wprowadzenie

Mikrośrodowisko przeznaczone dla ludzi powinno kształtować się tak, by przebywający w nim człowiek mógł je określić bądź jako ani za ciepłe, ani za zimne, bądź jako przyjemnie ciepłe lub przyjemnie chłodne [1]. O stanie termicznym wnętrza decydują cztery podstawowe parametry: temperatura powietrza, temperatura promieniowania obudowy (średnia temperatura powierzchni otaczających), ruch powietrza i wilgotność powietrza w pomieszczeniu [2]. Jak stwierdzono, temperatura powietrza i temperatura powierzchni przegród budowlanych mają w przybliżeniu jednakowy wpływ na proces oddawania ciepła z powierzchni ciała ludzkiego [3]. Temperatura powietrza wpływa na wymianę ciepła przez parowanie i konwekcję [4]. Z kolei temperatura powierzchni przegród ma decydujący wpływ na wymianę ciepła na drodze promieniowania [3]. Według niektórych autorów, wymiana ciepła przez promieniowanie może stanowić w stanie spoczynku aż około 60% całkowitej wymiany ciepła [1], stąd ma ona duże znaczenie i błędnym byłoby ocenianie warunków cieplnych, mierząc tylko temperaturę powietrza w pomieszczeniu. Jednak całościowa ocena warunków mikroklimatycznych, tzn. z uwzględnieniem wszystkich parametrów z zespołu termicznego środowiska fizycznego, jest zadaniem złożonym. Wynika to ze skomplikowanego charakteru oddziaływania mikroklimatu na organizm ludzki i bilans jego wymiany cieplnej. Znanych jest wiele metod sumarycznej oceny warunków mikroklimatu. Dzieli się je na dwie grupy [5]:

- 1) metody oparte na pomiarach parametrów mikroklimatycznych,
- 2) metody oparte na pomiarach fizjologicznych skutków działania parametrów mikroklimatycznych.

---

<sup>1</sup> Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, ul. Willowa 2, 43-300 Bielsko-Biała, e-mail: hzelazny@wp.eu

Do częściej wykorzystywanych metod określania komfortu cieplnego z grupy pierwszej należy temperatura wynikowa Missenarda [3]. Wskaźnik ten wydaje się przydatny do oceny komfortu cieplnego w pomieszczeniach o małych prędkościach ruchu powietrza, takich jak pomieszczenia mieszkalne [1] i odwzorowuje zachowanie organizmu człowieka w zakresie wymiany ciepła przez konwekcję i radiację [4].

Celem pracy była analiza kształtowania się temperatury wynikowej w łazience podczas mycia się w umywalce, kąpieli pod natryskiem lub w wannie, prania w pralce automatycznej i suszenia odzieży.

## 1. Materiał i metody

Do badań wybrano bezokienną i wentylowaną grawitacyjnie łazienkę, wchodzącą w skład jednego z mieszkań wielorodzinnego budynku wykonanego w technologii wielkiej płyty, zrealizowanego na Podbeskidziu. W układach funkcjonalnych tak małych przestrzeni mieszkalnych nie przewiduje się oddzielnej pralni i suszarni, stąd podczas eksploatacji przyjętego pomieszczenia odbywały się różnorodne procesy związane z powstawaniem wewnętrznych strumieni ciepła. Brak okna, które generowałoby dodatkowe straty energii przez przenikanie i na podgrzanie powietrza wentylacyjnego przy jego otwieraniu oraz zyski energii z promieniowania słonecznego, przyczyniał się do względnie stałych warunków cieplnych w łazience pomiędzy okresami jej użytkowania. Łazienka o długości 2,40 m i szerokości 1,80 m ogrzewana była centralnym systemem wodnym z grzejnikiem rurowym, umieszczonym za osłoną wanny. Woda do celów higieniczno-gospodarczych była podgrzewana przepływowym ogrzewaczem gazowym, który podczas poboru wody przekazywał do pomieszczenia dodatkowe zyski ciepła. Do pomiarów miarodajnej temperatury powietrza i temperatury promieniowania na wysokości 1,5 m od podłogi [8] wykorzystano miernik mikroklimatu MM-01 nr 95 z sondami zawieszonymi na statywie. Labilność tych parametrów sprawdzono jednorazowo w okresie zimowym. Uznano, iż dla poznania skali ich odchyłeń nie ma konieczności wykonywania większej liczby serii pomiarowych, ponieważ:

- 1) w okresie ogrzewania wpływ klimatu miejscowego na mikroklimat pomieszczenia jest prawie niezauważalny [6],
- 2) różnica między klimatem wnętrza a klimatem zewnętrznym jest największa wówczas, gdy na parametry środowiska wewnętrznego oddziałują urządzenia grzewcze, wentylacyjne lub klimatyzacyjne pracujące z największą wydajnością [7].

Po przeprowadzeniu kilkudziesięciu oznaczeń badanych parametrów powietrza obliczano ich wartości średnie dla mycia się w umywalce, kąpieli pod natryskiem, napełniania wanny wodą, kąpieli w wannie, prania w pralce automatycznej i suszenia odzieży natychmiast po jej wypraniu. Uznano, że praca pralki automatycznej będzie miała liczący się wpływ na zyski ciepła poprzez rozproszenie na ciepło całej mocy pobranej z sieci elektrycznej [4] oraz z powodu odprowadzania węzłem zużytej ciepłej wody do wanny, a nie bezpośrednio do instalacji kanalizacyjnej. W celu wykazania ewentualnych zmian wartości początkowych temperatury powietrza

i temperatury promieniowania między cyklami badań mierzono je za każdym razem przed określoną czynnością związaną z użytkowaniem łazienki, a następnie pod koniec poszczególnych procesów, z wyjątkiem suszenia odzieży, gdzie po oznaczeniu wartości temperatury powietrza i temperatury promieniowania wykonanym kilkanaście minut po powieszeniu bielizny przeprowadzono dodatkowe pomiary pośrednie po 3,5 i po 5 godz. suszenia oraz pomiar końcowy po całkowitym wyschnięciu odzieży.

Temperaturę wynikową przy wykorzystaniu termometru kulistego o średnicy czaszy 90 mm obliczano z zależności [6]:

$$t_{\text{res}} = 0,47 t_a + 0,53 t_r$$

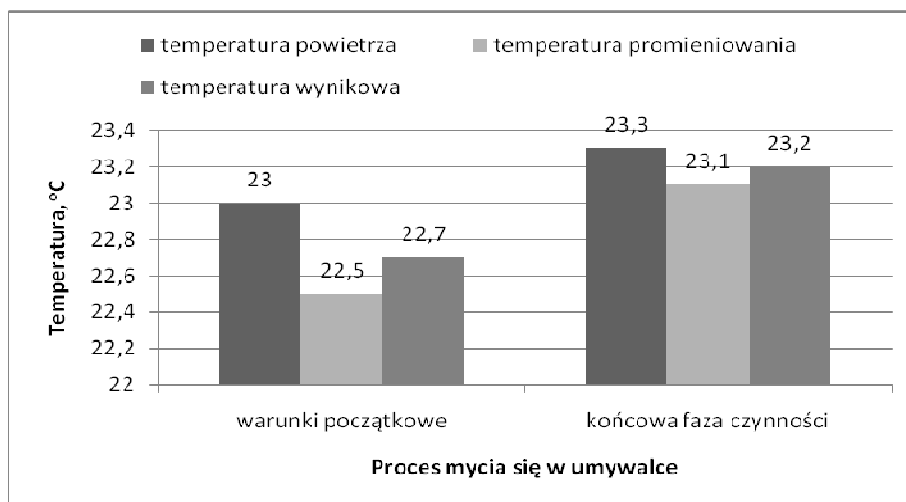
gdzie:

$t_a$  - pomierzona temperatura powietrza [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$t_r$  - pomierzona temperatura promieniowania [ $^{\circ}\text{C}$ ].

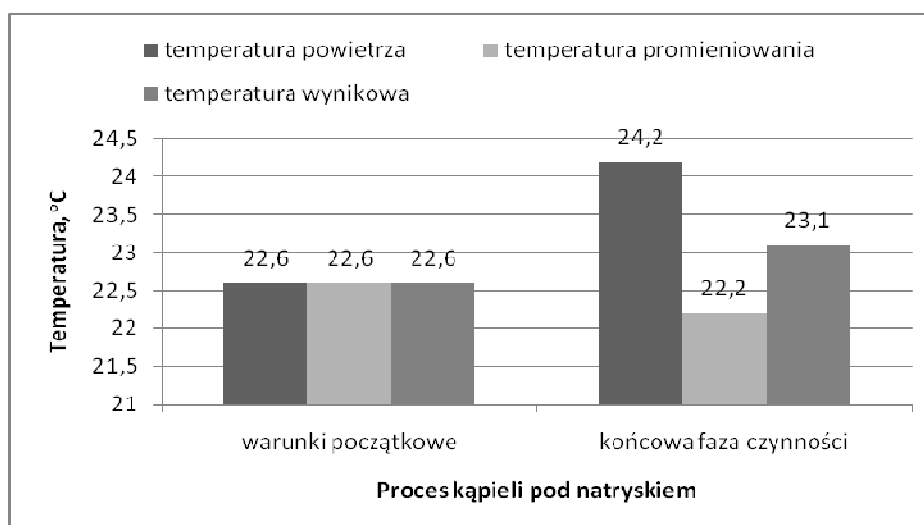
## 2. Wyniki i ich omówienie

Zmianę temperatury wynikowej, wraz z wartościami pomierzonej temperatury powietrza i temperatury promieniowania, po umyciu się w umywalce zobrazowano na rysunku 1. Od warunków początkowych, tzn. od wartości utrzymującej się w pustym pomieszczeniu, wzrosła ona o  $0,5^{\circ}\text{C}$  od poziomu  $23,2^{\circ}\text{C}$ . Zarówno w momencie wejścia do łazienki, jak i w czasie czynności mycia się nie przebywa się w tym wnętrzu bez odzieży i warunki komfortu cieplnego, ocenianego za pomocą temperatury wynikowej, można by uznać za odpowiednie. Analizowany proces związany z użytkowaniem tej przestrzeni higieniczno-sanitarnej nie spowodował powstania niepożądanych odczuć cieplnych osoby myjącej się.



Rys. 1. Kształtowanie się temperatury powietrza, temperatury promieniowania oraz temperatury wynikowej w łazience po czynności związanej z myciem się w umywalce

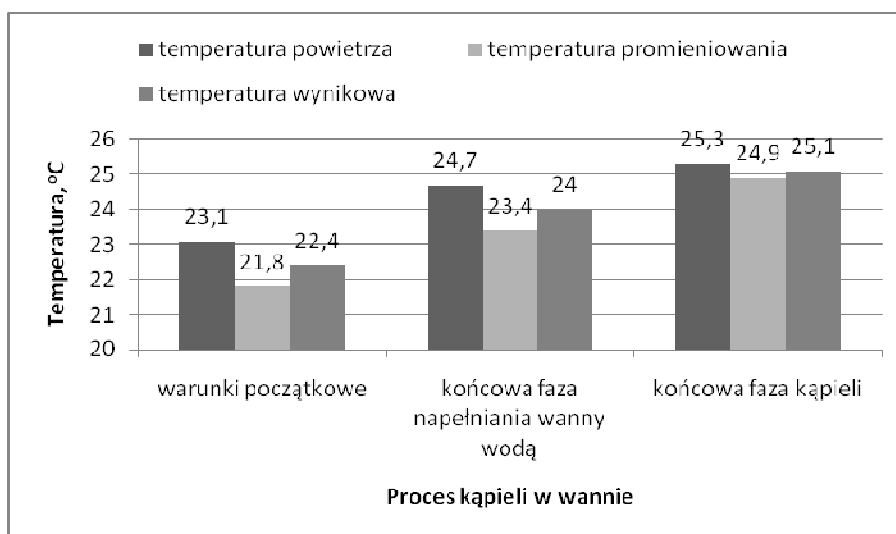
Podczas kąpeli pod natryskiem zyski ciepła z podgrzanej wody oraz z ogrzewacza przepływowego spowodowały wyraźny wzrost temperatury powietrza w łazience. Wzrosła także nieznacznie temperatura promieniowania, na co między innymi miało wpływ dużo większe nagrzanie się obudowy przepływowego ogrzewacza gazowego, spowodowane zapaleniem się płomienia na palniku podczas poboru ciepłej wody. Przełożyło się to na podwyższenie się wartości analizowanego wskaźnika sumarycznej oceny komfortu cieplnego z 22,6 do 23,1°C, co przedstawiono na rysunku 2. Nie jest to jednak wartość niekorzystnie duża, wprost przeciwnie, zbliżyła się ona do wymaganych 24°C dla pomieszczeń, w których człowiek przebywa bez odzieży [9]. Zatem kąpiel pod natryskiem nie przyczyniła się do obniżenia się jakości środowiska termicznego.



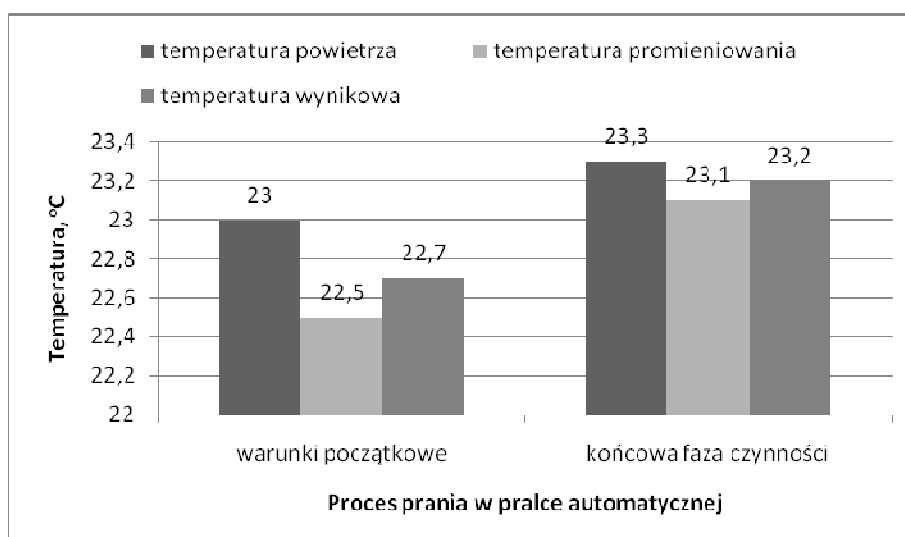
Rys. 2. Kształtowanie się temperatury powietrza, temperatury promieniowania oraz temperatury wynikowej w łazience w procesie kąpeli pod natryskiem

Na skutek napełnienia wanny wodą zwiększyła się temperatura wynikowa ze zbyt niskiej 22,4°C do wartości komfortowej 24,0°C, co obrazuje rysunek 3. Po kąpeli wzrosła ona jeszcze do 25,1°C i w takich warunkach użytkownik łazienki może odczuwać przegrzanie, zwłaszcza inna osoba w ubraniu, korzystająca z łazienki zaraz po skończonym procesie kąpeli.

Na rysunku 4 zamieszczono wykres słupkowy wartości oznaczanych miernikiem, czyli temperatury powietrza i temperatury promieniowania, oraz obliczonej temperatury wynikowej podczas prania bielizny w pralce. Badany wskaźnik kompleksowej oceny warunków termicznych wzrósł o 0,5°C, a więc dokładnie o tyle, jak po umyciu się w umywalce. Temperatura wynikowa na poziomie 23,2°C nie świadczyła o zbytnim nagrzaniu się łazienki od pralki.



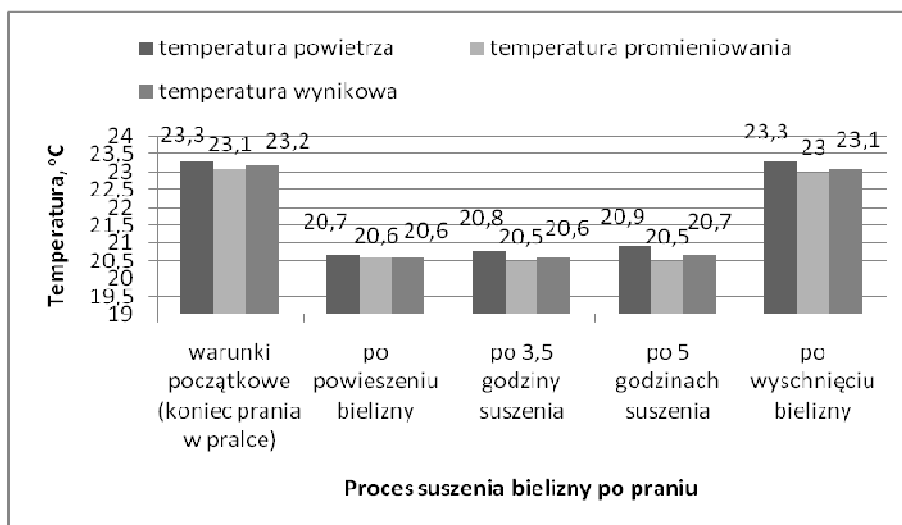
Rys. 3. Kształtowanie się temperatury powietrza, temperatury promieniowania oraz temperatury wynikowej w łazience podczas procesu kąpieli w wannie



Rys. 4. Kształtowanie się temperatury powietrza, temperatury promieniowania oraz temperatury wynikowej w łazience przed i po praniu w pralce automatycznej

Rysunek 5 ilustruje kształtowanie się warunków termicznych w badanym pomieszczeniu podczas suszenia odzieży od momentu zakończenia prania. W procesie tym zaobserwowano dość duży spadek temperatury wynikowej - z 23,2°C do wartości 20,6°C, która dla osób rozpoczynających kąpiel w takich warunkach będzie zbyt niska. W ocenie analizowanego procesu zaobserwować można

pewną prawidłowość, tzn. wzrost temperatury wynikowej po całkowitym wyschnięciu bielizny do wartości, która ustaliła się przed suszeniem ubrań.



Rys. 5. Kształtowanie się temperatury powietrza, temperatury promieniowania oraz temperatury wynikowej w łazience podczas suszenia bielizny

Próba porównania uzyskanych w badaniach wyników z doniesieniami innych autorów stanowi pewną trudność. Przeprowadzone pomiary instrumentalne w łazience, pozwalające ocenić kształtowanie się temperatury wynikowej podczas różnych czynności użytkowych, są dość specyficzne. W literaturze naukowo-technicznej dla tego typu pomieszczenia lub całego budynku podaje się na przykład wyniki pomiarów przepływu powietrza wentylacyjnego w odniesieniu do zużycia energii [10, 11]. Analizowane są także straty ciepła z łazienki i innych pomieszczeń przy różnych technologiach wykonania przegród budowlanych [12], autorowi nie są jednak znane opisy badań bezpośrednio związanych z wpływem czynności lub procesów związanych z higieną osobistą na odczucia ciepłne mieszkańców.

### Stwierdzenia i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące:

#### A. Stwierdzenia:

- Po czynnościach związanych z higieną osobistą mieszkańców temperatura wynikowa wynosiła: 23,2°C w procesie mycia się w umywalce, 23,1°C po kąpieli pod natryskiem i 25,1°C po kąpieli w wannie.
- Po wypraniu odzieży w pralce temperatura wynikowa była równa 23,2°C, a suszenie ubrań spowodowało jej obniżenie się do poziomu 20,6°C.

**B. Wnioski:**

1. Procesy przeprowadzane w łazience, podczas których użytkownicy przebywają w niej w odzieży, nie wpłynęły na znaczne podwyższenie się temperatury wynikowej, a co za tym idzie, nie spowodowały niepożądanego zmiany jakości środowiska termicznego w tego typu przestrzeni.
2. Suszenie bielizny na skutek pobierania energii do odparowania wody przyczyniło się do spadku ocenianego wskaźnika komfortu cieplnego do wartości nieakceptowalnej dla osób kąpiących się w krótkim czasie po rozwieszeniu odzieży.
3. Czynności związane z kąpielą w pomieszczeniu higieniczno-sanitarnym powodowały korzystny wzrost temperatury wynikowej do wartości komfortowej dla osób przebywających we wnętrzu bez odzieży, co, jak się wydaje, można było zawdzięczać zyskom ciepła od gazowego ogrzewacza przepływowego i od podgrzanej wody.
4. Trudno jest uogólnić wyniki przeprowadzonych badań ze względu na możliwość odmiennego kształtowania się temperatury wynikowej w różnych łazienkach jeszcze przed rozpoczęciem analizowanych procesów i należałoby przeprowadzić podobne badania w pomieszczeniu o stałej wartości początkowej tego wskaźnika sumarycznego, równej 24°C.

**Literatura**

- [1] Śliwowski L., *Mikroklimat wnętrz*, [w:] P. Klemm (red.). *Budownictwo ogólne, Tom 2 Fizyka budowli*, Arkady, Warszawa 2005.
- [2] Dylla A., *Fizyka ciepła budowli w praktyce*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2015.
- [3] Bratek T., *Badania urządzeń ogrzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych*, [w:] *Pomiary cieplne, Cz. II, Badania cieplne maszyn i urządzeń*, Praca zbiorowa, WNT, Warszawa 1995.
- [4] Jones W.P., *Klimatyzacja*, Arkady, Warszawa 2001.
- [5] Wesołowski K., *Mikroklimat na stanowisku pracy*, [w:] J. Lewandowski (red.), *Ergonomia. Materiały do ćwiczeń i projektowania*, Wydawnictwo „Marcus” S.C., Łódź 1995.
- [6] Śliwowski L., *Mikroklimat w mieszkaniu*, COIB, Warszawa 1996.
- [7] Andjulovici A., Georgesku S., *Komfort cieplny w budynkach*, Arkady, Warszawa 1971.
- [8] Pabis J., *Podstawy techniki cieplnej w rolnictwie*, PWRiL, Warszawa 1983.
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami).
- [10] Baranowski A., Ferdyn-Grygierek J., *Wpływ wymiany powietrza na zużycie ciepła w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej*, *Rynek Energii* 2013, 4, 85-89.
- [11] Koruba D., Telejko M., *Wpływ różnych rozwiązań nawiewu powietrza na mikroklimat i czystość mikrobiologiczną pomieszczeń*, *Logistyka* 2015, 4, 9212-9221.
- [12] Mojkowska W., Gładyszewska-Fiedoruk K., *Analiza strat ciepła domu jednorodzinnego wykonanego w dwóch technologiach*, *Budownictwo i Inżynieria Środowiska* 2010, 1, 229-233.

**Streszczenie**

Temperatura wynikowa odwzorowuje zachowanie organizmu człowieka w zakresie wymiany ciepła przez konwekcję i radiację. Celem pracy była analiza kształtowania się temperatury wynikowej w ła-

zience żelbetowego budynku prefabrykowanego podczas mycia się w umywalce, kąpieli pod natryskiem lub w wannie, prania w pralce automatycznej i suszenia odzieży. Ten sumaryczny wskaźnik komfortu cieplnego oceniano za pomocą miernika mikroklimatu MM-01 z sondami zawieszonymi na statywie na wysokości 1,5 m od podłogi. Temperatura powietrza wahała się w czasie tych różnych procesów związanych z użytkowaniem pomieszczenia od 20,7 do 25,3°C, a temperatura promieniowania przyjmowała wartości w zakresie od 20,5 do 24,9°C. Obliczona na podstawie pomierzonych parametrów powietrza temperatura wynikowa nie odbiegała więcej niż o dopuszczalne 1,5°C w czasie przebywania ludzi w łazience bez odzieży, kiedy można przyjąć spełnienie komfortu cieplnego przy 24°C. Podczas schnięcia bielizny temperatura wynikowa była zbliżona do 20°C, czyli charakteryzowała się zbyt małą wartością jak dla tego typu pomieszczenia higieniczno-sanitarnego. Mycie się i pranie w pralce automatycznej nie miały większego wpływu na zmianę warunków termicznych w łazience.

**Słowa kluczowe:** temperatura wynikowa, komfort cieplny, łazienka

### **The resulting temperature formation in the bathroom during various processes associated with its use**

#### **Abstract**

The resulting temperature reproduces the behavior of the human body in terms of heat exchange by convection and radiation. The aim of this study was to analyze the resulting temperature formation in the bathroom in the reinforced concrete prefabricated building during washing in the washbasin, a bath under the shower or in the bathtub, washing in the washing machine and drying clothes. Thermal comfort index was evaluated using meter microclimate MM-01 with probes suspended on a tripod at a height 1.5 meters from the floor. The air temperature fluctuated during various processes related to the use of the room from 20.7°C to 24.9°C and radiation temperature accepted values from 20.5°C to 24.9°C. The resulting temperature calculated on the basis of the parameters of air does not change by more than the permissible 1.5°C when people without clothes are in the bathroom. Fulfillment the thermal comfort in that situation takes place at 24°C. The resulting temperature during underwear drying was almost 20°C so characterized itself too small value for this kind of room. Washing, washing in the washing machine had little impact on the change in thermal conditions in the bathroom.

**Keywords:** result temperature, thermal comfort, bathroom