

Agnieszka GARNYSZ¹
Zbigniew ZAPĄŁOWICZ²

WPŁYW WARUNKÓW OTOCZENIA NA WYBRANE PARAMETRY CIEPLNE BASENU KĄPIELOWEGO Z RUCHOMYM ZADASZENIEM

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów parametrów cieplnych przydomowego basenu kąpielowego z ruchomym zadaszeniem. Ruchoma osłona basenu wykonana jest z wygiętych płyt bezbarwnego przezroczystego poliwęglanu jednokomorowego umocowanych w konstrukcji aluminiowej. Pomiary przeprowadzono w obiekcie znajdującym się na terenie prywatnej posesji, zlokalizowanej w gminie Dobra Szczecińska, w okresie kończącym sezon użytkowania basenu. Zamontowana w obiekcie aparatura badawczo-rejestrująca pozwoliła na zmierzenie wartości charakterystycznych parametrów cieplnych rozpatrywanego basenu związanych z następującymi ośrodkami: woda w basenie, powietrze i powierzchnia płytek pod zadaszeniem, powietrze atmosferyczne, powierzchnia osłony oraz grunt w otoczeniu basenu. Dane były rejestrowane całodobowo, przez okres kolejnych 10 dni. Zarejestrowane dane pozwoliły na określenie zależności ujmujących wpływ warunków pogodowych: natężenia promieniowania słonecznego, temperatury i ciśnienia powietrza atmosferycznego oraz prędkości wiatru panujących w bliskim sąsiedztwie badanego obiektu na temperaturę wody oraz parametry powietrza pod osłoną (temperatura i wilgotność względna). Na podstawie analizy otrzymanych wyników badań stwierdzono, że średnia temperatura wody w basenie zależy przede wszystkim od wartości temperatury powietrza atmosferycznego. Badania doświadczalne wykazały także istotny wpływ temperatury powietrza atmosferycznego i natężenia promieniowania na parametry powietrza znajdującego się pod osłoną. Natomiast nie udało się określić wpływu ciśnienia i prędkości wiatru na parametry cieplne rozpatrywanych ośrodków.

Słowa kluczowe: basen otwarty, zadaszenia basenów, osłona przezroczysta, warunki atmosferyczne

¹ Autor do korespondencji: Agnieszka Garnysz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, tel. 91 449 46 49, e-mail: agnieszka.garnysz@zut.edu.pl

² Zbigniew Zapalowicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, tel. 91 449 46 49, e-mail: zbigniew.zapalowicz@zut.edu.pl

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach w Polsce wzrasta zainteresowanie prywatnymi, przydomowymi basenami zewnętrznymi. Mieszkańcy domów wolnostojących mogą wybierać w coraz szerszej ofercie basenów – od małych przenośnych basenów ogrodowych, poprzez konstrukcje wykonane z blachy aluminiowej lub stalowej, drewna, bądź tworzywa sztucznego, które są posadowione na ziemi, a kończąc na obiektach o rozmaitych kształtach, budowanych jako baseny betonowe, stalowe lub z elementów prefabrykowanych i zagłębionych częściowo lub całkowicie w ziemi. Dodatkowo użytkownicy tych ostatnich rozwiązań decydują się coraz częściej na zakup zadaszeń umieszczanych nad basenem oraz w jego najbliższym otoczeniu. Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami są te, gdzie elementem wsporczym jest konstrukcja z aluminiowych profili, wypełnionych płytami z poliwęglanu komorowego lub litego. Ponadto takie zadaszenie może być zbudowane z kilku segmentów przesuwanych teleskopowo po prowadnicach zamontowanych w pobliżu basenu. Stosowanie ruchomych zadaszeń basenowych ma kilka zalet. Przede wszystkim ich montaż pozwala wydłużyć sezon kąpielowy o kilka miesięcy. Osłona spełnia bowiem dwie funkcje – jest elementem pasywnego ogrzewania wody w basenie oraz zapobiega wymianie ciepła i masy między wodą w basenie a jego otoczeniem. Tego rodzaju rozwiązanie to także większy komfort i bezpieczeństwo. Zadaszenie rozsunięte nad basenem pozwala na korzystanie z kąpeli niezależnie od warunków pogodowych oraz ogranicza ryzyko przypadkowego wypadnięcia do wody, np. dzieci. Ponadto stosując zadaszenie, zmniejsza się koszty eksploatacyjne. Osłona chroni przed zanieczyszczeniami i deszczem, co przekłada się na zmniejszenie wydatków na środki chemiczne potrzebne do uzdatniania i oczyszczania wody w basenie.

W literaturze dostępne są informacje dotyczące metodyki obliczeń cieplnych basenów, które ograniczają się do obiektów zamkniętych i otwartych [5-8], a dla wariantu basenu z ruchomym zadaszeniem są one bardzo nieliczne i fragmentaryczne [4]. W związku z tym opracowano własną metodykę obliczeń cieplnych dla basenu, w którym zastosowano dodatkowo osłonę przezroczystą [2, 3]. W celu weryfikacji tej metodyki wykonano badania doświadczalne w obiekcie rzeczywistym. Wstępnie opracowanie wyników pomiarów podano w pracy [1]. Celem niniejszej pracy jest dalsza analiza otrzymanych wyników badań doświadczalnych dla rozpatrywanego basenu.

2. Obiekt i metodyka badań

Obiektem badań jest basen wraz z zadaszeniem znajdujący się na prywatnej posesji, zlokalizowanej na terenie gminy Dobra Szczecińska. W obiekcie tym zamontowane jest ruchome zadaszenie typu UNIVERSE firmy Alutherm [9] o wymiarach podstawy $5\text{ m} \times 9\text{ m}$, wysokości osłony od 0,83 m

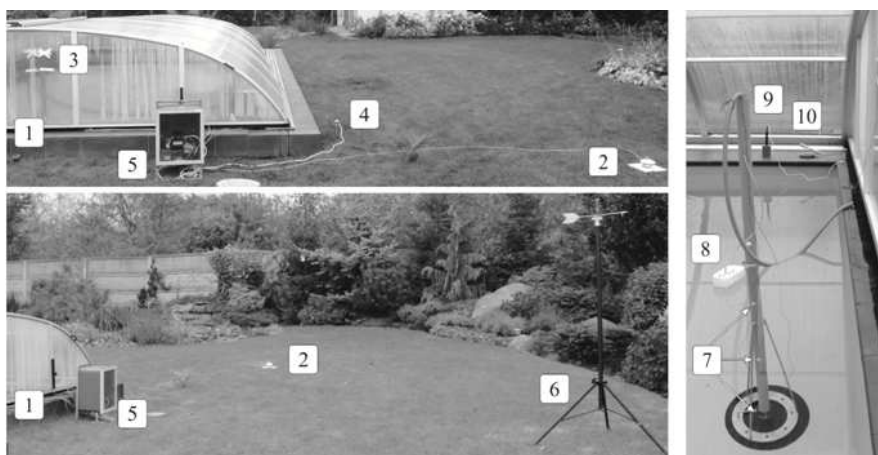
w części tylnej i do 1 m w części frontowej, w którym zastosowano bezbarwny przezroczysty poliwęglan jednokomorowy o grubości 0,010 m oraz profile aluminiowe. Betonowa niecka basenu, zaizolowana folią basenową, ma kształt prostopadłościanu o wymiarach: szerokość 3,95 m; długość 8,9 m; głębokość 1,6 m. Szerszy opis badanego obiektu przedstawiono w pracy [1].

W celu zmierzenia wartości charakterystycznych parametrów cieplnych basenu kąpielowego z ruchomą osłoną przezroczystą, związanych z następującymi ośrodkami: woda w basenie, powietrze i powierzchnia płytek pod zadaszeniem, powietrze atmosferyczne, osłona oraz grunt w otoczeniu basenu, zamontowano w nim aparaturę badawczo-rejestrującą.

Warunki pogodowe panujące w otoczeniu obiektu badano za pomocą zamontowanego na statywie przyrządu wielofunkcyjnego. Przyrząd umożliwiał pomiary: prędkości wiatru, temperatury, wilgotności względnej i ciśnienia powietrza atmosferycznego. Natężenie promieniowania słonecznego mierzono za pomocą pyranometru. Natomiast do pomiaru temperatury gruntu w otoczeniu obiektu zastosowano sondę głowicową z czujnikiem rezystancyjnym typu Pt-100, wbity pionowo na głębokość 1 m, w bliskim sąsiedztwie ściany niecki basenowej. Do pomiaru temperatury wody w niecce basenowej na różnych głębokościach (przy samym dnie oraz na wysokościach 0,5 m i 1 m od posadzki basenu) zastosowano specjalną sondę zbudowaną z kablowych czujników rezystancyjnych typu Pt-100 z osłoną prostą. Temperaturę powierzchni płytek otaczających basen i jednocześnie znajdujących się pod zadaszeniem mierzono sondą powierzchniową wyposażoną w termoparę typu K. Sondę ustawiono pod osłoną na ceramicznych płytkach pomiędzy brzegiem niecki basenowej a bokiem osłony. Obok niej postawiono termohigrometr służący do pomiaru temperatury i wilgotności względnej powietrza pod zadaszeniem. Do pomiaru temperatury osłony użyto sond perełkowych z termoparami typu K, przymocowanych do poliwęglanowej części osłony po wewnętrznej i zewnętrznej stronie zadaszenia. Zestaw aparatury służący do pomiaru natężenia promieniowania słonecznego oraz czujniki temperatur połączono przewodami elektrycznymi z dwoma rejestratorami danych. Natomiast wskazania termohigrometru oraz przyrządu wielofunkcyjnego były rejestrowane bezpośrednio w pamięci wewnętrznej tych przyrządów. Rozmieszczenie omówionych przyrządów pomiarowych w badanym obiekcie przedstawiono na rys. 1. Niepewności pomiarowe przyrządów pomiarowych oraz błędy przetwarzania sygnału przez rejestrator danych podano w pracy [1].

Badania przeprowadzono w okresie kończącym sezon użytkowania basenu, tj. w dniach od 7 do 17 października 2013 r. W tym czasie basen nie był użytkowany przez właścicieli (brak kąpieli w basenie), ale 14 października wystąpił około dwugodzinny proces mieszania wody w basenie, spowodowany uruchomieniem systemu oczyszczania przez właścicieli. Ponadto w celu zbadania jaki jest wpływ otwarcia osłony na parametry cieplne, dwukrotnie, tj. raz wieczorem

14 października oraz 15 października w ciągu dnia, rozsunięto zadaszenie na dłuższy czas.



Rys. 1. Stanowisko badawcze: 1 - badany obiekt; 2 - czujnik promieniowania słonecznego; 3 - czujniki temperatury osłony; 4 - czujnik temperatury gruntu; 5 - rejestratory; 6 - statyw z przyrządem wielofunkcyjnym; 7 - czujniki temperatury wody; 8 - czujnik temperatury powierzchni płytek pod zadaszeniem; 9 - czujnik temperatury powierzchni płytek pod zadaszeniem; 10 - czujnik termohigrometru

Fig. 1. Test stand: 1 - studied object; 2 - solar irradiance sensor; 3 - enclosure surface temperature sensor; 4 - soil temperature sensor; 5 - data loggers; 6 - tripod with multi-function instrument; 7 - water temperature sensors; 8 - water surface temperature sensor; 9 - temperature sensor of tile surface under the enclosure; 10 - thermo-hygrometer sensor

W trakcie pomiarów, parametry mierzone za pomocą czujników podłączonych do zewnętrznego zbieracza danych, były rejestrowane co minutę. Natomiast ze względu na mniejszą pamięć wewnętrzną rejestratorów termohigrometru oraz przyrządu wielofunkcyjnego, interwał czasu rejestracji parametrów dla tych urządzeń wynosił 5 minut.

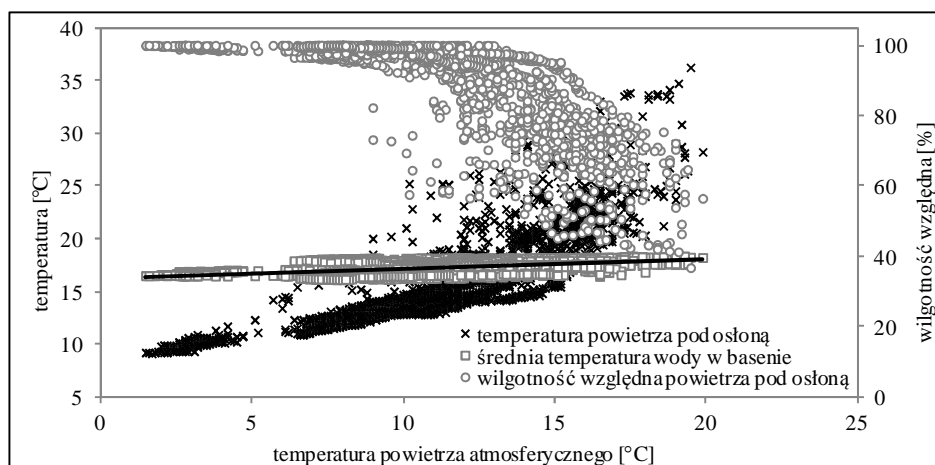
3. Wyniki badań i ich analiza

Podane w pracy [1] wstępnie opracowane wyniki badań miały na celu przedstawienie zmian: temperatury wody w basenie na różnej głębokości, temperatury gruntu, temperatury i wilgotności powietrza pod zadaszeniem oraz temperatury osłony i powierzchni płytek pod zadaszeniem w funkcji czasu. Oczywiście parametry te były uzależnione od temperatury powietrza atmosferycznego, natężenia promieniowania słonecznego oraz prędkości wiatru.

Z punktu widzenia użytkownika basenu najistotniejsze są informacje dotyczące temperatury wody oraz parametrów powietrza pod osłoną, tj. jego tempe-

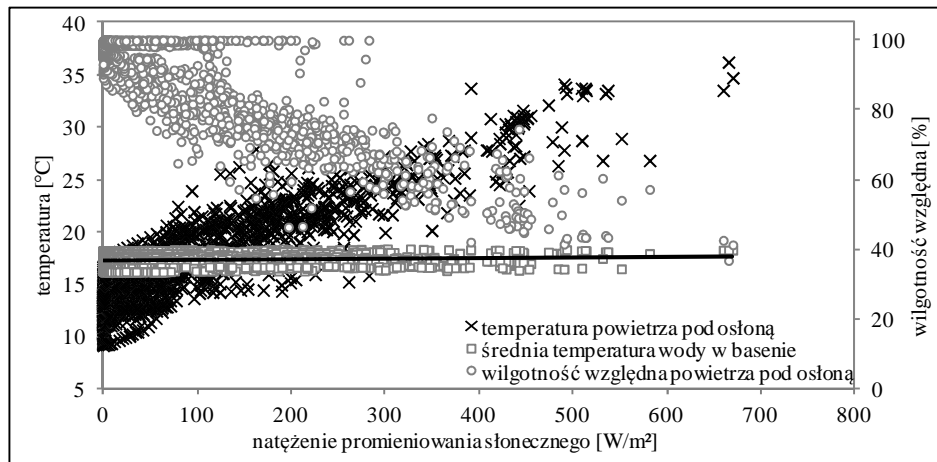
ratury i wilgotności względnej. W związku z tym w niniejszym artykule analizowany jest wpływ warunków pogodowych na te parametry. Ze względu na różne interwały rejestracji parametrów zdecydowano się na analizę danych w odstępach co 5 minut. Ponadto z rozważań wykluczono dane pochodzące z okresów testowego rozsunięcia osłony, bowiem w tym czasie przyrządy przeznaczone do pomiarów parametrów powietrza pod zadaszeniem, dokonywały rejestracji parametrów powietrza atmosferycznego. W przypadku temperatury wody w basenie do sporządzenia wykresów przyjęto średnią temperaturę dla trzech mierzonych głębokości. Założenie to jest możliwe do przyjęcia ze względu na fakt, że odchylenie standardowe dla tej wielkości wynosi maksymalnie $0,2^{\circ}\text{C}$. Opracowane wyniki badań eksperymentalnych przedstawiono na rys. 2-4. Z analizy danych wynika, że istnieje liniowa zależność między średnią temperaturą wody w basenie a temperaturą powietrza atmosferycznego. Wzrost temperatury otaczającego basen powietrza powoduje wzrost temperatury wody w basenie (rys. 2). W przypadku analizy wpływu natężenia promieniowania słonecznego na temperaturę wody nie stwierdzono takiej tendencji (rys. 3).

Ponadto na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że istnieje związek między temperaturą i wilgotnością względną powietrza pod zadaszeniem a dwoma czynnikami zewnętrznymi, tj. temperaturą powietrza atmosferycznego (rys. 2) i natężeniem promieniowania słonecznego (rys. 3). Zarówno



Rys. 2. Zależność temperatury i wilgotności względnej powietrza pod osłoną oraz średniej temperatury wody w basenie od temperatury powietrza atmosferycznego

Fig. 2. Temperature and relative humidity of air inside the enclosure and average temperature of water in the pool in function of ambient temperature



Rys. 3. Zależność temperatury i wilgotności względnej powietrza pod osłoną oraz średniej temperatury wody w basenie od natężenia promieniowania słonecznego

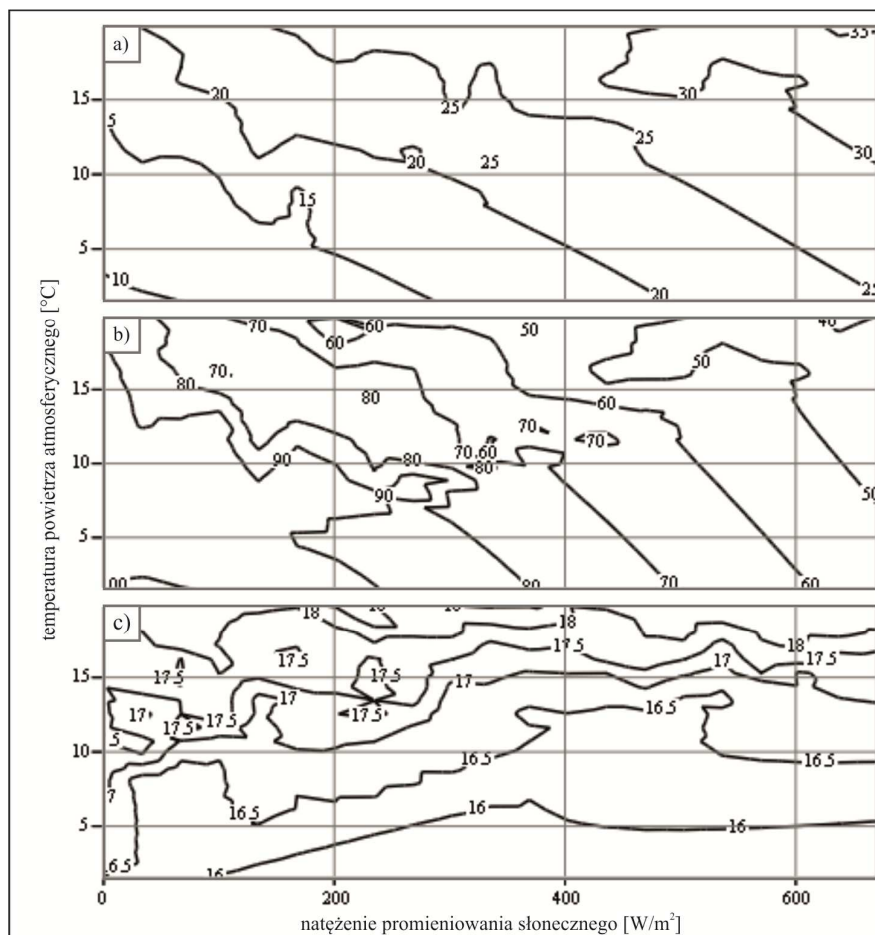
Fig. 3. Temperature and relative humidity of air inside the enclosure and average temperature of water in the pool in function of solar irradiance

wzrost temperatury powietrza atmosferycznego, jak i natężenia promieniowania słonecznego powoduje podwyższenie temperatury powietrza pod osłoną, przy jednoczesnym obniżeniu wartości wilgotności względnej panującej pod zadaniem. Do temperatury powietrza zewnętrznego wynoszącej 10°C zmiany temperatury i wilgotności względnej powietrza pod osłoną można przyjąć, że są w przybliżeniu liniowe. Jednak dla wyższych wartości tej temperatury, zależności te mają charakter nieliniowy. Powyżej stwierdzone związki między parametrami potwierdza rys. 4, na których uzależniono rozpatrywane parametry równocześnie od temperatury otoczenia i natężenia promieniowania słonecznego.

W pracy nie zamieszczono wyników analizy prędkości wiatru oraz ciśnienia i wilgotności względnej powietrza atmosferycznego na rozpatrywane parametry, ponieważ nie można wykazać ich istotnego wpływu na funkcjonowanie basenu.

4. Podsumowanie

Na podstawie analizy uzyskanych danych pomiarowych można stwierdzić, że średnia temperatura wody w basenie zależy przede wszystkim od wartości temperatury powietrza atmosferycznego. Z kolei badania doświadczalne wykazują na istotny wpływ temperatury powietrza atmosferycznego i natężenia promieniowania na parametry powietrza pod osłoną. Powodem tak dużych zmian parametrów powietrza pod osłoną jest jego mała pojemność cieplna.



Rys. 4. Wpływ natężenia promieniowania słonecznego i temperatury powietrza atmosferycznego na: a) temperaturę powietrza pod osłoną [°C]; b) wilgotność względną powietrza pod osłoną [%]; c) średnią temperaturę wody w basenie [°C]

Fig. 4. Influence of solar irradiance and ambient temperature on: a) temperature of air inside the enclosure [°C]; b) relative humidity of air inside the enclosure [%]; c) average temperature of water in the pool [°C]

Literatura

- [1] Garnysz A.: Badania doświadczalne parametrów cieplnych dla basenu kąpielowego z ruchomą osłoną przezroczystą, Instal, 1 (2014) 33-36.
- [2] Garnysz A., Zapałowicz Z.: Model of heat and mass transfer in swimming pools with roofing systems. [w] Developments in mechanical engineering, Vol. 5. Red. J.T. Cieśliński, S. Smoleń, Gdańsk University of Technology Publishers, Gdańsk 2012, pp. 49-58.

- [3] Garnysz A., Zapałowicz Z.: Thermal calculations for swimming pool with the roofing system. 3rd Int. Conf. Low Temperature and Waste Heat Use in Communal and Industrial Energy Supply Systems - Theory and Practice, Bremen 2012, pp. 72-78.
- [4] Govaer D., Zarmi Y.: Analytical evaluation of direct solar heating of swimming pools. *Solar Energy*, 27 (1981) 529-533.
- [5] Molineaux B., Lachal B., Guisan O.: Thermal analysis of five outdoor swimming pools heated by unglazed solar collectors, *Solar Energy*, 53 (1994) 21-26.
- [6] Ruiz L., Martínez P.J.: Analysis of an open-air swimming pool solar heating system by using an experimentally validated TRNSYS model, *Solar Energy*, 84 (2010) 116-123.
- [7] Sabiniak H.G., Pietras M.: Klimatyzacja obiektów basenowych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2010.
- [8] Shah M.M.: Prediction of evaporation from occupied indoor swimming pool. *Energy Buildings*, 35 (2003) 707-713.
- [9] www.alutherm.com.pl

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON SELECTED THERMAL PARAMETERS FOR THE SWIMMING POOL WITH MOVABLE ENCLOSURE

Summary

In this paper the results of measurements of characteristic thermal parameters for a swimming pool with the movable enclosure are presented. The movable enclosure is made of clear transparent twin-wall polycarbonate sheet mounted in aluminum construction. Measurements were carried out at the end of the swimming pool season, in the object located on a private estate in Dobra Szczecinska. The research equipment installed in the object was used for measurements of characteristic thermal parameters of analyzed swimming pool related to the following media: water in the swimming pool, air and tile surface under the roofing, atmospheric air, surface of the enclosure and ground near the pool. Data were recorded for 10 days. During the measurements the pool was not exploited. Registered data were used for determination of the influence of the following weather conditions: solar irradiance, ambient temperature, atmospheric pressure and wind velocity on the temperature of water and temperature and relative humidity of air inside the object. On the basis of the results of the studies, it can be stated that average temperature of water in the swimming pool depends mainly on a value of the ambient temperature. Experimental studies have also shown a significant effect of ambient temperature and solar irradiance on the parameters of air inside the object. Influence of atmospheric pressure and wind velocity on thermal parameters of considered media could not be observed.

Keywords: open-air swimming pool, pool roofing, transparent enclosure, weather conditions

DOI: 10.7862/rm.2014.23

Otrzymano/received: 15.05.2014

Zaakceptowano/accepted: 20.06.2014