

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО МІКРОКЛІМАТУ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ

Вінницький національний технічний університет

В умовах сьогодення в будівництві значного поширення набуло будівництво великих громадських багатофункціональних будівель: торгівельно-розважальних центрів та аквапарків. Дані будівлі містять приміщення великих басейнів. Басейни використовують для плавання, проведення змагань та виступів спортсменів. Основними шкідливостями в процесі експлуатації басейнів є волога та явне тепло, які, за неправильної експлуатації кліматичного обладнання, спричиняють руйнування огорожуючих конструкцій, ефект «парника» та перевитрати енергії на підігрів води. Саме тому, актуальним є дослідження особливостей формування енергоефективного мікроклімату басейнів.

В статті розглянуто підходи з формування енергоефективного мікроклімату плавальних басейнів. Обґрунтовано важливість підтримки температури і відносної вологості внутрішнього повітря громадських басейнів. Визначено економію енергетичних ресурсів за використання комплексного підходу з енергоефективності.

Формування енергоефективного мікроклімату громадських басейнів потребує детального розрахунку вологовиділень у повітря приміщення. Крім традиційних енергозберігаючих заходів (теплоізоляції, енергоутилізації) значну увагу необхідно приділяти процесам підтримки температури і відносної вологості внутрішнього повітря: надмірна відносна вологість призводить до не комфортності перебування, знижена – сприяє інтенсивному вологовиділенню. Використання правильних схем роздачі та видалення повітря, обробки повітря та автоматичного контролю дозволить значно підвищити енергоефективність процесу формування внутрішнього мікроклімату плавальних басейнів.

Ключові слова: енергозбереження, басейн, кондиціонування

Вступ

В сучасних умовах значного поширення набуває будівництво торгівельно-розважальних закладів і аквапарків, які містять приміщення великих басейнів (площею дзеркала води більше 40 м²). Басейни призначені для оздоровчого плавання, проведення змагань та виступів спортсменів. Оптимальна експлуатація приміщень басейнів та мінімізація енерговитрат можливі лише за правильно організованого мікроклімату.

Аналіз останніх публікацій

Питанням, пов'язаним з розробкою енергоефективних систем кондиціонування і вентиляції плавальних басейнів, присвячено незначну кількість робіт, зокрема [1-4]. Разом із тим, зі зростанням нормативних вимог до енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування, потребують детального розгляду питання визначення кількості шкідливостей, що надходять у внутрішнє повітря будівель. Впровадження інноваційних підходів у розрахунку вентиляційних систем дозволить досягнути зменшення енергоспоживання систем створення мікроклімату та збільшити рентабельність підприємств за рахунок енергозбереження [5-7].

Метою статті є дослідження особливостей формування енергоефективного мікроклімату басейнів. Для вирішення даної мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Розглянути основні шкідливості, що надходять до повітря зони обслуговування плавальних басейнів;
2. Виявити основні чинники, що впливають процес надходження шкідливостей;
3. Сформувані сукупність рекомендацій щодо формування енергоефективних систем вентиляції;
4. Визначити економію енергетичних ресурсів за використання запропонованого підходу.

Результати дослідження

Експлуатація великих басейнів вимагає точного регулювання центральних кондиціонерів з метою підтримання параметрів внутрішнього повітря. Основними шкідливостями в процесі експлуатації басейнів є волога та явне тепло, які, за неправильної експлуатації кліматичного обладнання, спричиняють руйнування огорожуючих конструкцій, ефект «парника» та перевитрати енергії на підігрів води. Параметри внутрішнього повітря приміщень басейнів чітко регламентовані нормативними та рекомендаційними документами [1-5]. Так, згідно з ДБН В. 2.2-

13 [4] температура внутрішнього повітря повинна становити +27...28 С, відносна вологість в теплий період року до 65 %, в холодний період року – не нижче 50%. Згідно вимог VDI 2089 [1] для уникнення дискомфорту і відчуття духоти вологовміст внутрішнього повітря не повинен перевищувати 14,3 г/кг, що обмежує відносну вологість внутрішнього повітря на рівні 60%. Зниження же відносної вологості нижче 50% буде спричиняти значне випаровування з поверхні води та перевитрату енергоносіїв для її підготовки та підживлення басейну.

Найголовнішим етапом розрахунку кліматичних систем басейнів є визначення повітрообміну, для чого потрібно знати вологовиділення. Вологовиділення розраховують для теплого, перехідного і холодного періоду року, які в свою чергу поділяються на періоди активної експлуатації басейну та неробочий час. Основними джерелами виділення вологи є: дзеркало води, обхідні доріжки та люди, що знаходяться у приміщенні басейну. На даний час існує декілька основних методик визначення надходження вологи.

Надходження вологи з поверхні басейну за методикою [1] визначається наступним чином:

$$W_1 = \frac{1.5 \cdot F \cdot \sigma \cdot (d_w - d_g)}{1000} \quad (1)$$

де F – площа дзеркала води, m^2 ; σ – коефіцієнт випаровування, $(кг/(m^2 \times год))$; d_w – вологовміст насиченого повітря біля поверхні води (при $\varphi=100\%$, $t_{пов}=t_w-1=26-1=25$ °С), $г/кг$; d_g – вологовміст повітря в робочій зоні, $г/кг$;

Коефіцієнт випаровування визначається за формулою:

$$\sigma = 25 + 19 \times v \quad (2)$$

де v – рухливість повітря в робочій зоні, яка згідно [1-3] не повинна перевищувати 0,1 м/с.

Методики РНП «АВОК» [2] і спілки німецьких інженерів VDI [5] побудовані за схожими принципами. За даними методиками вологонадходження від поверхні води визначиться наступним чином:

$$W = \frac{\beta}{R_0 \times T} (p_w - p_l) \times A \quad (3)$$

де β – коефіцієнт інтенсивності вологовиділень, визначається згідно [3, с.7] в залежності від виду басейну та періоду експлуатації. Значення даного коефіцієнту знаходиться в межах від 0,7 до 50; R_0 – газова стала, що для водяної пари приймається 461,52 Дж/(кг С); p_w, p_l - парціальний тиск водяних парів відповідно насиченого повітря при температурі повітря, що дорівнює температурі води, та при заданій температурі і відносній вологості внутрішнього повітря; A – площа дзеркала води, m^2 .

Для перевірки отриманих значень використовують формулу Бязіна-Крумме [3]:

$$W = (0,118 + 0,01995 \times \beta_1 \times \frac{p_w - p_l}{133,3}) \times A \quad (4)$$

Залежність вологовиділень від відносної вологості внутрішнього повітря для площі дзеркала громадського басейну 100 m^2 за внутрішньої температури +27 і температури води +26 наведена на рис. 1.

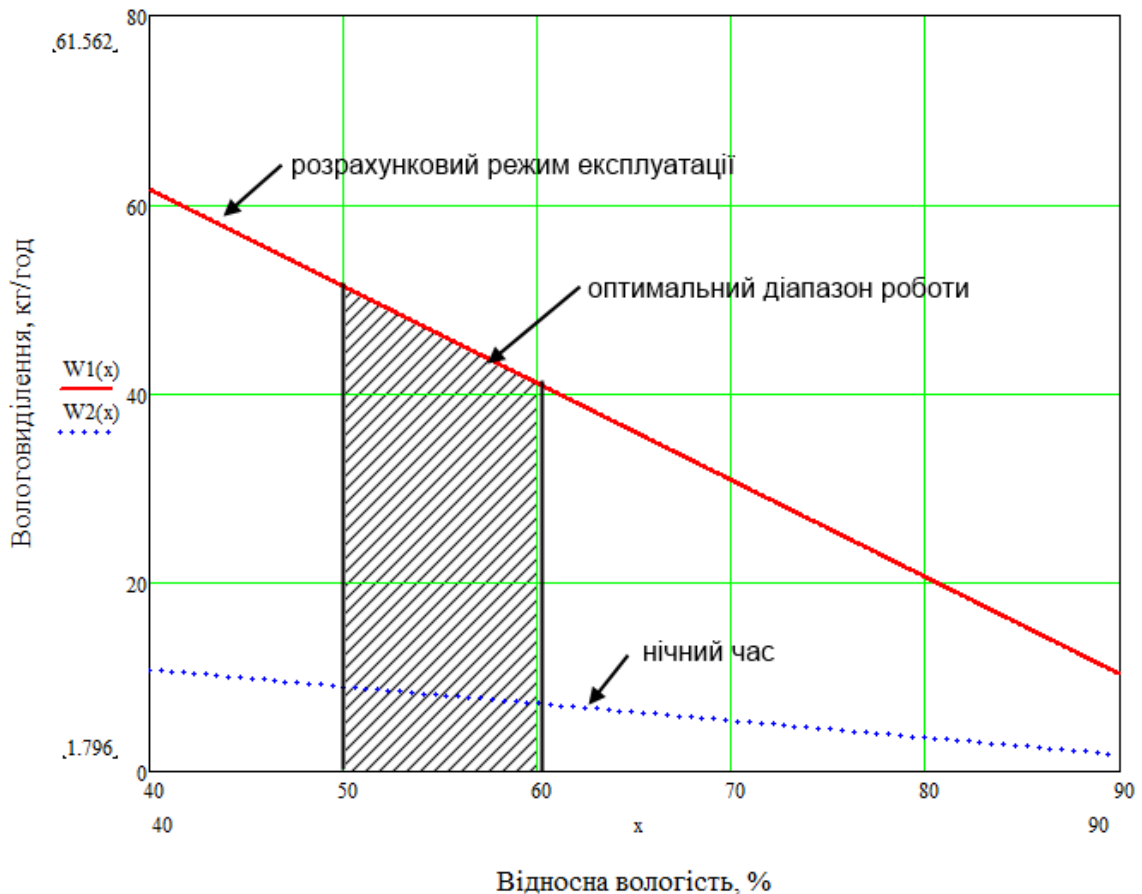


Рисунок 1 – Залежність вологовиділень W , кг/год від відносної вологості внутрішнього повітря для площі дзеркала громадського басейну 100 м^2 (розраховано згідно методики [3])

Падіння відносної вологості з 50% до 40% призведе до надлишкового випаровування води з кожного квадратного метру в кількості 2,5 кг/доба, що збільшить витрату енергії на підготовку води на 220 кДж на добу з 1 м^2 дзеркала води.

Наступним етапом формування енергоефективних систем є визначення теплонадходжень (явних і повних) та тепловологісного відношення ϵ . Важливим аспектом енергоефективності є схема повітророзподілення: для великих басейнів подача повітря здійснюється в робочу зону низькошвидкісними струминами, а витяжка – з верхньої зони. Частина повітря повинна подаватися на огорожуючі конструкції. Утилізація тепла викидного повітря є обов'язковою умовою функціонування систем створення мікроклімату басейну.

На даний час використовуються дві основні енергоефективні схеми обробки повітря в центральних кондиціонерах для приміщень басейнів. Перша схема запропонована у [1,2] і ґрунтується на використанні розділених припливних і витяжних установок і гліколевих рекуператорах. Друга схема запропонована в [3, 6]. В даній схемі утилізація тепла може здійснюватися за двоступеневою схемою: рециркуляція, пластинчатий рекуператор + тепловий насос (осушувач). Кожна з схем має свої переваги і недоліки, але дозволяє мінімізувати втрати тепла. Теплоізоляція повітроводів та обладнання дозволяє зменшити втрати теплової енергії під час транспортування повітря, теплоносія до обладнання.

Розглянемо особливості обробки повітря за першою схемою. Дана схема ґрунтується на використанні обладнання, яке розділене на припливну і витяжну частину і такий підхід дозволяє виконати якісну обробку повітря зокрема і в стиснених умовах - за умов венткамер малого розміру.

В теплий період року зовнішнє повітря може мати значну амплітуду коливань, що вимагає як його нагрів так і охолодження. Нагрів за допомогою утилізаторів тепла повинен здійснюватися в нічний час (процес 3-II – B2), а охолодження в денний (процес 3-III-B2) (рис. 2). В процесі підбору охолоджувача необхідно звернути особливу увагу на температуру поверхні охолоджувача.

За умови енергоефективного охолодження повітря бажано, щоби процес охолодження був «сухий» і проходив по відрізку ЗІІ-В-2. Але традиційно поверхневі охолоджувачі мають температуру нижче температури точки роси, тому процес може піти по відрізку ЗІІ-К, тобто з виділенням конденсату. Точка припливного повітря змінить своє положення на ПІ-1. Теоретично, це дозволить зменшити продуктивність центрального кондиціонера, але при цьому зменшиться енергоефективність процесу кондиціонування.

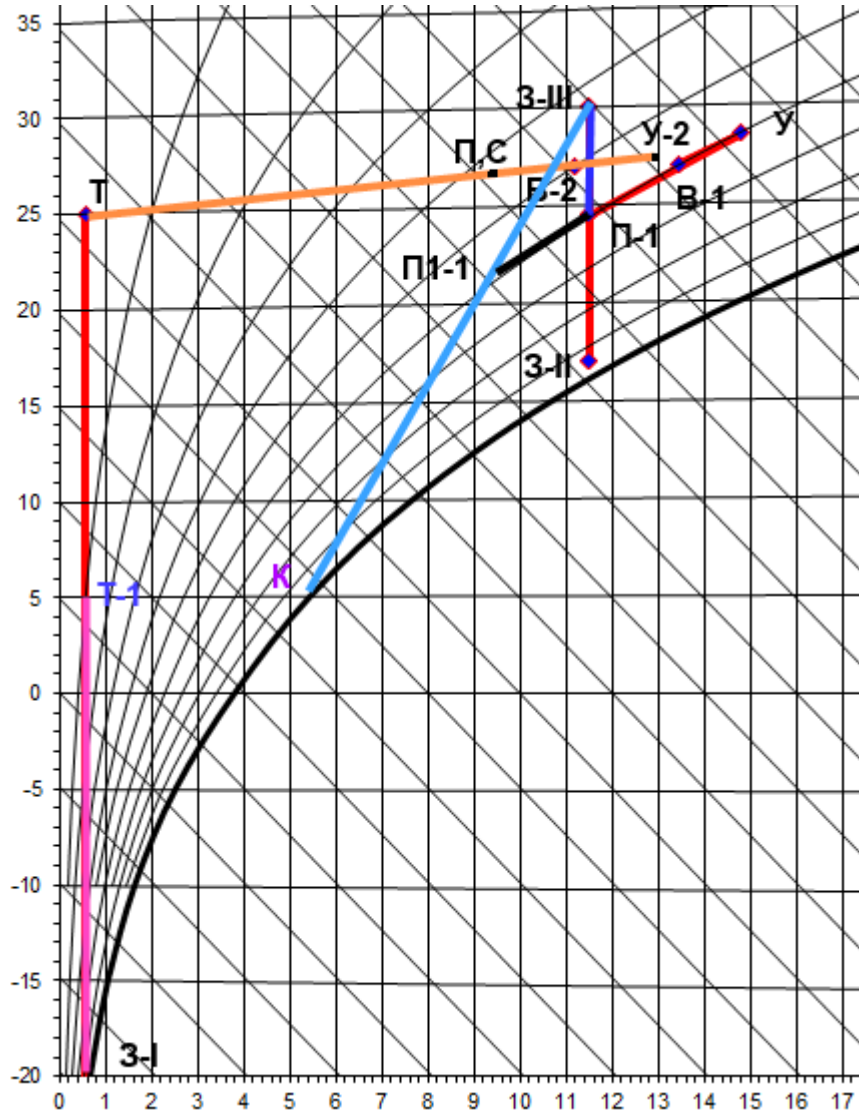


Рисунок 2 – Процеси обробки повітря плавальних басейнів на I-d діаграмі

В холодний період року нагрів зовнішнього повітря повинен здійснюватися за допомогою рекуператорів (процес З-І - Т-1) та калориферів (процес Т1-Т). Енергоефективність системи нагріву визначається за співвідношенням довжин відрізків З-І – Т1 і Т1-Т. Гліколеві рекуператори мають меншу ефективність порівняно з пластинчастими, тому енергоефективність процесу нагріву повітря у другому способі вища, ніж у першому. Але використання осушувачів повітря знижує надійність системи та збільшує вартість і вагу кондиціонера.

Зменшити продуктивність системи, а, відповідно, збільшити енергоефективність процесу кондиціонування дозволяє правильне визначення параметрів витяжного повітря (точка У). Параметри витяжного повітря залежать від схеми повітрообміну. Найбільш поширеними є дві: «знизу-вверх» і «зверху-вверх». Рекомендованою є перша схема, для якої коефіцієнт повітрообміну близько одиниці, друга схема визначається коефіцієнтом повітрообміну $k=0.5$. Тоді, вологовміст витяжного повітря для даних схем визначиться наступним чином [3]:

$$d_y = d_s + k \cdot (d_s - d_n) \quad (5)$$

Контроль та управління процесами обробки повітря в центральних кондиціонерах здійснюється за допомогою системи автоматики, яка повинна в автоматичному режимі підтримувати необхідні параметри внутрішнього повітря. Для точного контролю над параметрами повітря окрім традиційних сенсорів температури зовнішнього повітря і припливного обов'язковим до встановлення є сенсори вологості в робочій зоні басейну та температурні сенсори в робочій та верхній зонах приміщення.

Висновки

Формування енергоефективного мікроклімату громадських басейнів потребує детального розрахунку вологовиділень у повітря приміщення. Окрім традиційних енергозберігаючих заходів (теплоізоляції, енергоутилізації) значну увагу необхідно приділити процесам підтримки температури і відносної вологості внутрішнього повітря: надмірна відносна вологість призводить до не комфортності перебування, знижена – сприяє інтенсивному вологовиділенню. Використання правильних схем роздачі та видалення повітря, обробки повітря та автоматичного контролю дозволить значно підвищити енергоефективність процесу формування внутрішнього мікроклімату плавальних басейнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. М.: Термокул, 2006. 288 с.
2. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. 272 с.
3. Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. РНП «АВОК» М.: «Авок», 2012. 15 с.
4. ДБН В.2.2-13-2003. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди (зі змінами), К.: ДКЗБіА, 2004.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014.
6. Стандарт спілки німецьких інженерів VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1.07.1994. Warme-,Raumlufttechnik, Wasserver- und -entsorgung in Hallen- und Freibadern. Hallenbader.
7. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2014. 347 с.

REFERENCES

1. Krasnov, Yu. S. (2006) Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Rekomendatsii po proektirovaniyu dlya proizvodstvennykh i obshchestvennykh zdaniy. Moskva: Termokul [in Russian].
1. Kokorin, O. Ya. (2003) Sovremennye sistemy konditsionirovaniya vozdukh. Moskva: Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury [in Russian].
2. Rukovodyashchie normy proektirovaniya (2012) Obespechenie mikroklimata i energosberezhenie v krytykh plavatel'nykh basseynakh. Normy proektirovaniya. Moskva: «Avok» [in Russian].
3. DBN V.2.2-13-2003 (2004). Sportyvni ta fizkul'turno-ozdorovchi sporudy (zi zminamy), Kyjiv: DKzBiA [in Ukrainian].
4. DBN V.2.5-67:2013 (2014). Opalennja, ventyljacija ta kondycijuvannja povitrtja. Kyjiv: Minregionbud Ukrainy [in Ukrainian].
5. Standart spilky nimeckjykh inzheneriv VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1.07.1994. Warme-Raumlufttechnik, Wasserver- und -entsorgung in Hallen- und Freibadern. Hallenbader [in Ukrainian].
6. Dzhedzhula, V. V. (2014) Energhozberezhennja promyslovykh pidprijemstv: metodologija formuvannja, mekhanizm upravlinnja : monoghrafija. Vinnycja : VNTU [in Ukrainian].

Джеджула В'ячеслав Васильович – д. е. н., професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-077.

V. Dzhedzhula

PROVIDING THE ENERGY EFFICIENT MICROCLIMATE OF SWIMMING POOLS

Vinnitsia National Technical University

Nowadays the construction of large public multifunctional buildings has become widely used in construction: of shopping and entertainment centers and water parks. These buildings have large pools. Pools are used for swimming, competitions and performances of athletes. The main dangers in the operation of the pools are the moisture and apparent heat that, due to improper use of climatic equipment, cause the destruction of fencing structures, the "greenhouse effect" and the overheating of energy for heating the water. That is why it is important to study of the

peculiarities of the formation of energy-efficient microclimate of the basins.

The article deals with approaches of the formation the energy-efficient microclimate of swimming pools. The importance of maintaining the temperature and relative humidity of internal air of public pools is substantiated. The energy resources savings are determined by using an integrated approach to energy efficiency.

The formation of energy-efficient microclimate of public basins requires detailed calculation of wet releases to the air space. In addition to traditional energy saving measures (thermal insulation, energy utilization), considerable attention should be paid to the processes of maintaining temperature and relative humidity of the internal air: excessive relative humidity leads to a lack of comfort of stay, reduced - promotes intensive moisture distribution. Using the right air distribution and removal schemes, air handling and automatic control will significantly improve the energy efficiency of the process of forming the indoor climate of the swimming pools.

Keywords: energy saving, swimming pool, air conditioning

Dzhedzhula Viyacheslav – Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Engineering Systems at Building, Vinnitsa National Technical University, e-mail: djedjulavv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2740-077.

В. В. Джеджула

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО МИКРОКЛИМАТА ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Винницкий национальный технический университет

В современных условиях широкое распространение получило строительство крупных общественных многофункциональных зданий: торгово-развлекательных центров и аквапарков. Данные здания содержат помещения больших бассейнов. Бассейны используют для плавания, проведения соревнований и выступлений спортсменов. Основными вредностями в процессе эксплуатации бассейнов являются влага и явное тепло, которые, при неправильной эксплуатации климатического оборудования, вызывают разрушение ограждающих конструкций, эффект «парника» и перерасхода энергии на подогрев воды. Именно поэтому актуальным является исследование особенностей формирования энергоэффективного микроклимата бассейнов.

В статье рассмотрены подходы к формированию энергоэффективного микроклимата плавательных бассейнов. Обоснована важность поддержания температуры и относительной влажности внутреннего воздуха общественных бассейнов. Определена экономия энергетических ресурсов за использование комплексного подхода к энергоэффективности.

Формирование энергоэффективного микроклимата общественных бассейнов требует детального расчета влаговыделений в воздух помещения. Кроме традиционных энергосберегающих мероприятий (теплоизоляции, энергоутилизации) значительное внимание необходимо уделять процессам поддержания температуры и относительной влажности внутреннего воздуха: чрезмерная относительная влажность приводит к некомфортности пребывания, сниженная - способствует интенсивному влаговыделению. Использование правильных схем раздачи и удаления воздуха, обработки воздуха и автоматического контроля позволит значительно повысить энергоэффективность процесса формирования внутреннего микроклимата плавательных бассейнов.

Ключевые слова: энергосбережение, бассейн, кондиционирования

Джеджула Вячеслав Васильевич – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет, email: djedjulavv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2740-077.