

УДК 697.91.94.97

**Н. В. Жихарєва**

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, Одеса, 65039

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БАСЕЙНІВ**

*В роботі розглянуті особливості проектування систем кондиціонування повітря для закритих басейнів цілорічного функціонування. Показано особливості розрахунку тепло-вологісних навантажень і витрату повітря систем кондиціонування басейнів. За даними досліджень розроблена комплексна модель розрахунку кондиціонування повітря басейну, що включає визначення оптимальних параметрів, визначення економічно-доцільної товщини ізоляції; підбір системи кондиціонування.*

**Ключові слова:** Модель; Тепловологісні навантаження; Конденсація; Кондиціонування повітря; Басейн; Випаровування; Витрата повітря.

**Н. В. Жихарєва**

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, Одесса, 65039

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА БАСЕЙНОВ**

*В работе рассмотрены особенности проектирования систем кондиционирования воздуха для закрытых бассейнов круглогодичного функционирования. Показаны особенности расчета тепло-влажностных нагрузок и расход воздуха систем кондиционирования бассейнов. По данным исследований разработана комплексная модель расчета кондиционирования воздуха бассейна, включая определение оптимальных параметров, определение экономически целесообразной толщины изоляции; подбор системы кондиционирования воздуха.*

**Ключевые слова:** Модель; Тепло-влажностные нагрузки; Конденсация; Кондиционирование воздуха; Басейн; Испарение; Расход воздуха.

DOI: 10.15673/0453-8307.4/2015.39284



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**I. ВСТУП**

Система кондиціонування басейну є одним з центральних елементів будь-якої споруди басейну, будь це спортивний комплекс або невеликий приватний басейн.

Це обумовлено тим, що в приміщенні з басейном потрібно підтримувати постійну температуру повітря зазвичай на  $12^{\circ}\text{C}$  вище температури води в басейні, постійну відносну вологість  $60 \pm 5\%$ , швидкість повітря над басейн не більше  $0,2 \text{ м/с}$  і подачу свіжого повітря не менше  $80 \text{ м}^3/\text{год}$  на одну людину, яка купається. Крім того необхідно забезпечити відсутність конденсату на стінах і вікнах.

Особливістю технології створення мікроклімату в басейні є боротьба з підвищеною вологістю в приміщенні, пов'язаної з випаровуванням води з великих площ вологих поверхні, включаючи власне дзеркало води, обхідні доріжки тощо

Для зменшення випаровування рухливість повітря біля поверхні води повинна бути мінімальною. Мета кондиціонування - забезпечення комфортних умов для відвідувачів і запобігання конструкції від передчасного руйнування.

**II. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БАСЕЙНІВ**

За останні роки значно зросли темпи будівництва та реконструкції приватних котеджів, будинків елітної забудови, спортивних та оздоровчих центрів з пристроєм в них закритих плавальних басейнів. На жаль, для приміщень басейнів інженерні рішення по створенню в них необхідного температурно-вологісного режиму часто не дають бажаних результатів.

Низька ефективність передбачуваних технічних рішень пояснюється як економією коштів в процесі будівництва, так і відсутністю методичної літератури з розрахунку і проектування систем забезпечення мікроклімату у приміщеннях закритих плавальних басейнів різного призначення. Недостатня увага до питань забезпечення мікроклімату при будівництві та реконструкції приміщень басейнів призводило до негативних наслідків у процесі їх експлуатації: активної конденсації вологи на захисних конструкціях, утворенню грибкової плісняви, корозії металевих і гниття дерев'яних конструкцій, недотримання санітарно-

гігієнічних умов по температурі, вологості і рухливості повітря в зоні знаходження людей [1, 2].

Слід зазначити, що приміщення закритих плавальних басейнів відносяться до категорії приміщень з вологим режимом, які мають свої відмінні риси при формуванні в них теплових і вологісних потоків, що визначають вибір того чи іншого технічного рішення щодо забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов. Процес формування тепло-вологісного режиму в таких приміщеннях представлений на схемі (рис. 1) і може бути описаний наступною системою рівнянь теплового і вологісного балансів:

$$Q_{\text{пов}} = Q_{\text{огор}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{люд}} + Q_{\text{вип}}, \text{кВт} \quad (1)$$

$$W_{\text{пов}} = W_{\text{люд}} + W_{\text{од}} + W_{\text{вип}}, \text{кг/с} \quad (2)$$

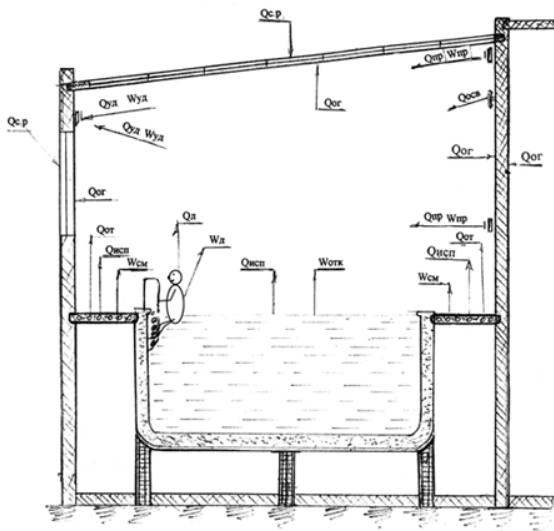


Рисунок 1 – Процес формування тепло-вологісного режиму басейнів

Інтенсивність теплового потоку через огорожувальні конструкції ( $Q_{\text{огр}}$ ) є функцією температури і вологості зовнішнього і внутрішнього повітря, температури на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій і теплофізичних характеристик відповідного огороження, тобто.

$$Q_{\text{огр}} = f(t_z, t_b, h_z, \varphi_b, t_{\text{ог}}, R_{\text{ог}}), \quad (3)$$

де  $t_z$ ,  $h_z$  - розрахункові температура та ентальпія зовнішнього повітря приймаються у відповідності із ДБН. з урахуванням теплової інерції будівлі та запізнення прямої та розсіяної радіації [4].

При цьому температуру поверхні води в басейні необхідно підтримувати на рівні 26-28 °С, а в лікувальних басейнах на 4-8 °С вище. Таким чином, нормована температура повітря в басейнах - 27-30 °С.

$R_{\text{ог}}$  - необхідний опір теплопередачі, ( $\text{м}^2 \text{К/Вт}$ ), що характеризує ступінь теплового захисту огорожувальної конструкції [3,5].

Для приміщень плавальних басейнів температурний перепад ( $t_b - t_{\text{ог}}$ ) є визначальним парамет-

ром, що не допускає випадання конденсату і зволоження матеріалу конструкцій, де температура внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій ( $t_{\text{ог}}$ ) повинна бути на 1-2 °С вище температури точки роси ( $t_p$ ) при нормованих значеннях температури і відносної вологості внутрішнього повітря, щоб забезпечити відсутність конденсату на стінах і вікнах.

Температура точки роси визначалася за емпіричною формулою [1].

$$t_p = \frac{233,77 \ln \left( \frac{101 d_g}{622 + d_g} \right) + 115,22}{16,57 - 0,997 \ln \left( \frac{101 * d_g}{622 + d} \right)} \quad (4)$$

Теплопритоки від освітлення визначали за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = n \cdot N_{\text{осв}} \quad (5)$$

де  $N_{\text{осв}}$  - настановна потужність приладів освітлення (Вт),  $n$  - коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову приймається для ламп розжарювання - 0,92; для люмінесцентних ламп - 0,55; для підвісних вентиляованих стель - 0,65; для підвісних вентиляованих стель і витяжкою через плафони - 0,5.

Теплопритоки та вологонадходження від тих, що купаються, можуть бути підраховані за формулами:

$$Q_{\text{л}} = n \cdot q_{\text{л}}, \quad (6)$$

$$W_{\text{л}} = n \cdot W_{\text{л}} \quad (7)$$

де  $q_{\text{л}}$  - кількість теплоти (Вт) і  $W_{\text{л}}$  - кількість вологи (г/год) приймаються за умов легкої фізичної роботи для нормованих температурно-вологісних параметрів в приміщеннях басейнів рівними:  $q_{\text{л}}$  - 132 Вт/год,  $W_{\text{л}}$  - 225 г/год, враховуючи стать людини.

Кількість теплоти ( $Q_{\text{вип}}$ , Вт), яке надходить до приміщення з потоком вологи, який випаровується ( $W_{\text{вип}}$ ), визначається з виразу:

$$Q_{\text{вип}} = 0,68 \cdot (W_{\text{вип}} + W_{\text{люд}}), \quad (8)$$

де  $W_{\text{вип}}$  - сумарна кількість вологи (г/год), що випаровується з відкритої водної поверхні дзеркала басейну і зі змочених поверхонь, прилеглих до водного дзеркала, визначиться з емпіричних виразів:

$$W_{\text{sun}} = AF \sigma \left( d_w - \frac{d_i}{1000} \right), \quad (9)$$

$$W_{\text{sun}} = eF \left( P_w - \frac{P_i}{1000} \right), \quad (10)$$

$$W_{\text{sun}} = F \left( 0,118 + 0,1995a \left( P_w - \frac{P_i}{1,333} \right) \right), \quad (11)$$

За рекомендацією П.П. Антонова [2], найбільш універсальною є формула (10), в якій емпіричний коефіцієнт  $e$  дає можливість врахувати найбільш високу інтенсивність випаровування в басейнах з активними іграми та значним хвилюванням, а також в малих індивідуальних плавальних басейнах.

### III. ПІДБІР СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

По проведених дослідженнях знаходимо кількість витрати повітря  $G$  за трьома балансами та вибираємо максимальний:

за балансом загального тепла:

$$G = \frac{Q_{\text{пов}}}{h_b - h_{\text{пр}}} \quad (12)$$

де  $Q_{\text{пов}}$  - кількість надлишкового тепла, яке необхідно видаляти, кВт;  $h_b$  - ентальпія повітря в приміщенні кДж/кг;  $h_{\text{пр}}$  - ентальпія припливного повітря, кДж/кг. Для запобігання конденсації вологи на внутрішній поверхні вікон опалювальні прилади повинні встановлюватися безперервним ланцюжком під ними, щоб внутрішня поверхня стекол була нагріта на 1-1,5°C вище температури точки роси;

за вологісним балансом:

$$G = \frac{W_{\text{пов}}}{d_b - d_{\text{п}}} \quad (13)$$

де  $W_{\text{пов}}$  - сумарна кількість вологи, що виділяється в приміщення, кг/с;  $d_{\text{пр}}$  - вологовміст приточного повітря, кг/кг<sub>с.п.</sub>;  $d_{\text{п}}$  - вологовміст повітря в приміщенні, кг / кг<sub>с.п.</sub>;

за балансом явного тепла:

$$G = \frac{Q_{\text{явн}}}{C_{\text{в.п}}(t_{\text{в}} - t_{\text{п}})} \varphi \quad (14)$$

$Q_{\text{явн}}$  - кількість явного тепла в приміщенні, кВт;  $C_{\text{в.п}}$  - теплоємність вологого повітря, кДж/(кгК);  $t_{\text{п}}$  - температура повітря в приміщенні, °С;  $t_{\text{пр}}$  - температура приточного повітря, °С.

Кондиціювання повітря обумовлено необхідністю зберігати незмінними  $t_{\text{п}}$  і  $d_{\text{п}}$  при ймовірній зміні  $W_{\text{пов}}$  і  $Q_{\text{явн}}$ . Підтримуючи постійним кількість введеного в приміщення повітря, доводиться безперервно міняти величини  $d_{\text{пр}}$  і  $t_{\text{пр}}$ .

Особливість при виборі принципової технологічної схеми кондиціювання повітря басейнів. Повітрообмін для різних періодів року схильний до значної зміни через різке збільшення градієнта перепаду вологовмісту внутрішнього і зовнішнього повітря в холодний період року порівняно з теплим періодом. З урахуванням зазначеної особливості, максимальна кількість приточного повітря потрібна в теплий період року. Природно, подавати таку кількість зовнішнього повітря в холодний період року нерационально, оскільки це призводить до значних перевитрат тепла на його нагрівання і до різкого зниження вологості внутрішнього повітря.

Для забезпечення в холодний період нормованих умов мікроклімату в басейні та економії паливно-енергетичних ресурсів вентиляційні установки проектується зі змінною рециркуляцією. При цьому кількість зовнішнього повітря подається з розрахунку мінімально необхідного в холодний період з умови видалення надлишку вологи.

У малих басейнах з незначною потужністю

вентиляційного обладнання раціональніше застосовувати вентиляційні установки з плавним або ступінчастим регулюванням

Зниження холодопродуктивності можна також досягти, застосовуючи осушувачі повітря та встановлюючи їх по периметру огорожувальних конструкцій. При цьому осушувачі повітря рекомендується застосовувати в малих і середніх за обсягом басейнах при дефіциті енергозабезпечення для систем вентиляції.

У теплий період року необхідно проводити перевірку повітрообміну, розрахованого по волозі, на теплонадлишки і при техніко-економічній доцільності знижувати повітрообмін за рахунок застосування установок охолодження повітря. [1, 2].

У холодний період року з метою економії тепла на підігрів вентиляційного повітря, можуть застосовуватися установки, які утилізують теплоту викидного повітря. Для приміщень басейнів рекомендується застосовувати рекуперативні теплоутилізатори безпосередньої дії і з проміжним теплоносієм.

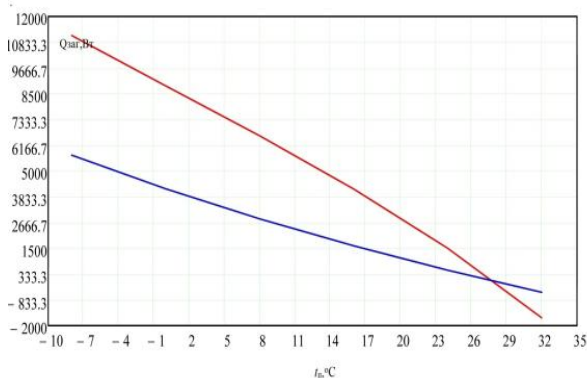
### IV. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

За даними досліджень розроблена модель розрахунку систем кондиціювання басейну, що включає розрахунок параметрів кондиціювання повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепловологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціювання.

Використовуючи дані дослідження дозволило підібрати систему кондиціювання для басейнів, що дозволяє підтримувати параметри повітря. У роботі показано, що для досить надійного запобігання конденсації вологи з повітря необхідно або інтенсифікувати процес тепловіддачі від внутрішнього теплого повітря до поверхні скла, що стикається з ним, або використовувати 2х камерні склопакети з великим термічним опором, наприклад склопакети вітчизняного виробництва DiamantEcoTerm™. Можливо також використання інших енергозберігаючих стекол, наприклад ЕКОPLUS Проміжки між склом склопакета іноді заповнюють аргономілікріптоном, що збільшує в 2-х камерних склопакетах загальний термічний опір відповідно в 1,3 і 1,6 рази при товщині стекол 4 мм і товщині дистанційної рамки 12 мм.

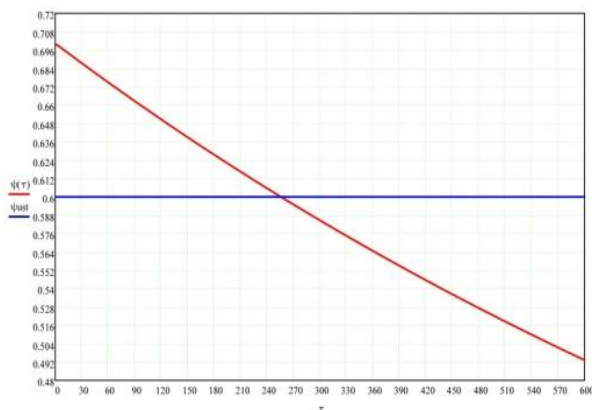
Показано, що додаткові витрати на збільшення термічного опору в зимовий час і зниження загальної пропускну здатності сонячної радіації в літній час є важливими енергозберігаючими заходами і окупаються за короткий термін, як правило, не болем 2-3 років.

За даною програмою розрахунку можливо визначити яке обладнання треба підібрати. Наприклад, визначити залежність величини тепло припливів та потужності повітрянагрівача (нагрів до 28 С) від температури повітря, яке подається.



**Рисунок 2** – Залежність величини теплопритоків та потужності повітрянагрівача (нагрів до 28°C) від температури повітря, яке подається

З рисунка 2 видно, що після 27°C потрібен не повітрянагрівач, а осушувач повітря, який видаляє надлишки вологи та підтримуючий при температурі 28°C відносну вологість не більш ніж 60%.



**Рисунок 3** – Залежність відносної вологості в приміщенні з басейном від часу осушення повітря

За даною моделлю можливо визначити час для осушення повітря.

Поведені розрахунки показали, що для запобігання випадання конденсату на стінах і вікнах приміщення з басейном необхідно осушення повітря. Забезпечити відносну вологість повітря в басейні можливо, застосовуючи спеціальні осушувачі (рисунок 3, наприклад, європейського лідера – датської фірми Dantherm).

Для приватного басейну в приміщенні площею дзеркала води 30 м<sup>2</sup> необхідний осушувач CDP 125. Це дорогий агрегат, споживана потужність якого 3,2 кВт. Для 5-ти купаються по нормі необхідно подавати не менше 400 м<sup>3</sup>/год свіжого повітря. Нами показано, що більшу частину холодного періоду можна сушити повітря в приміщенні з басейном, використовуючи загальнообмінну припливно-витяжну систему кондиціонування повітря.

## ВИСНОВКИ

Розроблена модель розрахунку процесів кондиціонування повітря басейнів. На підставі розробленої моделі було проведено розрахунки сучасних басейнів.

Використання нами цієї моделі при розробці та реалізації технічних рішень систем кондиціонування повітря дало високі результати. Практично у всіх випадках об'єм повітря, розрахований за цією методикою, забезпечував необхідний температурно-вологісний режим приміщенні басейнів протягом усіх періодів року.

Використовуючи дані дослідження можливо підібрати систему кондиціонування для басейнів, що дозволяє підтримувати параметри повітря, які мають важливе значення для здоров'я людей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Перепека В.И., Жихарева Н.В.** Расчеты систем кондиционирования и вентиляции. Одесса: «ТЭС», 2014. – 340 с.
2. **Антонов П.П.** Методика расчета и проектирования систем обеспечения микроклимата в помещениях плавательных бассейнов. — М.: ООО «СИ-ТЭС-Кондиционер», 2005. – 21 с.
3. **Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г.** Повышение эффективности системы охлаждения плодоовощехранищ // Вестник международной академии холода, 2013. – Вып. 4. – С. 16 – 20.
4. **Белова Е.М.** Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами, 2003. – 400 с.
5. **Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Ольшевська О.В.** Економічно-доцільна товщина ізоляції сучасних ізоляційних матеріалів плодоовочесховищ // Холодильна техніка та технологія, том 51, вип. 3. – 2015. – С. 22 – 25.

Отримана в редакції 02.06.2015, прийнята до друку 03.07.2015

**N.V. Zhikhareva**

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatnaja str., Odessa, 65039, Ukraine

## SWIMMING POOLS AIR-CONDITIONING SYSTEMS CALCULATION METHODS

*The paper describes the features of air conditioning systems design for indoor year-round operation pools. The features of humid heat load calculation and air consumption of air conditioning swimming pools air consumption are shown. According to studies, a comprehensive model for calculating of swimming pool air conditioning, including the determination of optimal parameters definition of insulation thickness economic feasibility has been carried out. Selection of air conditioning system was made.*

**Key words:** Model; Heat-humidity Loads; Condensation; Air conditioning; Swimming pool; Evaporation; Rate of airflow

### REFERENCES

1. **Perepeka V.I., Zhikhareva N.V.** 2014. The calculations of air conditioning and ventilation. *Odessa "TES"*, 340 p.
2. **Antonov P.P.** 2005. Calculation methods and design systems to ensure indoor climate swimming pools. M.: ООО «SI-TES-Konditsioner», 21 p.
3. **Zhikhareva N.V., Khmelniuk M.G.** 2013. Effectiveness increase for fruit and vegetables store cooling system. *Announcer of International Academy of Cold*, 4, 16-20.
4. **Belova E.M.** Air conditioning systems with chillers and fan coils. 2003, 400 p.
5. **Zhikhareva N.V., Khmelniuk M.G. Ольшевська О.В.** 2015. Expedient-economic thickness of modern insulating material for fruit-vegetable warehouses *Refrigeration engineering and technology*, 51(3), 22-25. Doi: 10.15673/0453-8307.3/2015.39270

Received 02 June 2015

Approved 03 July 2015

Available in Internet 30.08.2015