

КОМПЛЕКСНЕ ВАРІАНТНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРАВОСЛАВНИХ ХРАМІВ КОМП'ЮТЕРНИМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Дану працю присвячено подальшому розвитку методології оптимізації параметрів мікроклімату православних храмів засобами геометричного моделювання. Актуальність обраної теми досліджень обумовлена, зокрема, й напруженою ситуацією з пандемією COVID-19. Для збереження здоров'я людей у сучасних умовах доволі важливе підтримання необхідного санітарно-гігієнічного стану громадських будівель. Це стосується різноманітних закладів медицини, освіти, торгівлі, харчування, спорту, культури тощо. Не виключенням в наведеному плані є і православні храми.

Загальновідома велика залежність параметрів мікроклімату будівлі від таких її геометричних характеристик як площі та об'єми приміщень, товщини стін, розміри віконних і дверних прорізів і т. д., це з одного боку, а з іншого, від використаних для спорудження матеріалів, обраних систем опалення, вентиляції, кондиціонування тощо. Суттєвим є також зовнішнє середовище (температура повітря, його вологість, наявність шкідливих речовин і т. п.) та внутрішні особливості будівлі, наприклад, кількість присутніх у ній людей, тривалість і періодичність їх перебування, здійснювана діяльність тощо. Усе це в повній мірі відноситься й до православних храмів.

Через певні матеріальні, фінансові та інші обмеження, які завжди існують при зведенні архітектурних споруд і подальшій їх експлуатації, вкрай необхідним є комплексне врахування розглянутих вище аспектів під час побудови нових православних храмів. Зазначені процеси доволі поширені нині в Україні, що обумовлено духовним відродженням нації після десятиліть примусового атеїзму.

Отже, на мікроклімат будівель впливають багато чинників, зокрема, архітектурні об'ємно-планувальні рішення, обрані будівельні конструкції, системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря і т. д. Один із шляхів успішного розв'язування проаналізованої складної технічної задачі полягає в застосуванні комплексного варіантного проектування параметрів мікроклімату приміщень із використанням комп'ютерних графічних засобів. Цей підхід базується на тому, що в середовищі BIM (Building Information Modeling) технологій центральне місце займає геометрична модель створюваного об'єкта, яка поєднує в одне ціле решту його математичних та інших описів. Висвітлення

окресленого напрямку наукових досліджень на прикладі православних храмів становить головну мету даної публікації.

Ключові слова: комплексне варіантне проектування; комп'ютерні геометричні засоби; параметри мікроклімату; православні храми; BIM-технології.

Постановка проблеми. Нині в Україні відбувається процес духовного національного відродження. Однією з важливих його складових є повернення до християнських цінностей, що спричиняє, зокрема, будівництво в багатьох населених пунктах нових православних храмів. В умовах пандемії COVID-19 особливо важливе забезпечення належного мікроклімату зазначених споруд. Оскільки вирішення цього питання значною мірою залежить від доволі часто досить обмежених наявних матеріальних, фінансових та інших ресурсів, то актуальною постає проблема комплексної оптимізації параметрів мікроклімату православних храмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1, 2] визначено деякі перспективи комп'ютерного геометричного моделювання як одного з напрямків покращення архітектурно-будівельного проектування. Це стосується, зокрема, використання структурно-параметричного підходу до формоутворення, інтеграції автоматизованих BIM-систем і зовнішніх баз даних [3–5], їх застосування, поряд з іншими графічними засобами, для варіантного опрацювання повітрообміну з метою видалення надлишкового тепла у храмах від людей і згорання свічок [6].

Цілі та завдання статті полягають в обґрунтуванні можливості й ефективності запропонованого комплексного варіантного проектування параметрів мікроклімату православних храмів комп'ютерними геометричними засобами.

Основна частина. Матеріал цього дослідження є продовженням робіт [5, 6]. У першій із них подано варіантне планування православних храмів у середовищі Excel-Dynamo-Revit на засадах структурно-параметричного підходу до формоутворення та модульно-блочного компонування. У другій праці наведено використання комп'ютерних графічних засобів для візуалізації варіантних залежностей повітрообміну при видаленні надлишкового тепла від людей і свічок на прикладі одного з 28 проєктних різновидів (X_{18}) планування модельованого храму X , див. рис. 1 та рис. 2.

В останньому випадку використано наступні сталі значення: $c = 1,2$ кДж / ($m^3 \cdot ^\circ C$) – теплоємність повітря; $t_{6-np} = 2 ^\circ C$ – різниця температур внутрішнього і припливного повітря; $\Delta t = 0,3 ^\circ C/m$ – градієнт збільшення температури вздовж висоти приміщення; $h_{30} = 2$ м – висота зони обслуговування. Горизонтальні площини на рис. 2 відтворюють витрати

повітря для норми $20 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{люд})$. При цьому змінюваними є величини H і t_g – відповідно висота приміщення та температура в ньому.

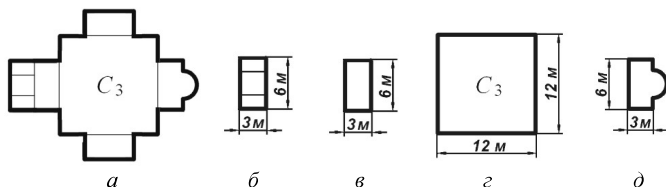


Рис. 1. Варіант X_{18} храму та його типізовані елементи:
 a – загальний вигляд планування; b – притвор; $в$ – трапезна;
 z – середня частина C_3 ; d – вітар

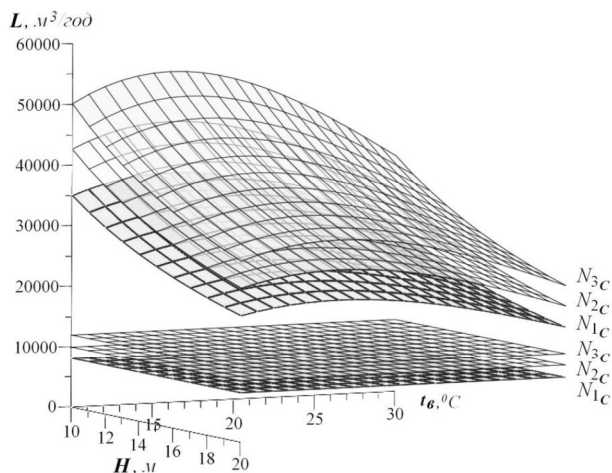


Рис. 2. Витрати L припливного повітря аерації середньої частини C_3 храму для видалення надлишків теплоти від людей і згоряння свічок при різній місткості N_C споруди:
 $N_{1C} = 400 \text{ людей}$, $N_{2C} = 500 \text{ людей}$, $N_{3C} = 600 \text{ людей}$

Велике число проектних варіантів, що аналізуються, сприяє дефініції найкращого з них. Продуктивне опрацювання значної їх кількості здійснюється завдяки застосуванню методології структурно-параметричного моделювання. Ціллю даної публікації є також показ комплексного, тобто багатоаспектного, характеру запропонованого підходу до проектування параметрів мікроклімату православних храмів комп'ютерними геометричними засобами в середовищі сучасних ВІМ-технологій.

На рис. 3 зображено планування храму, виконане в системі Autodesk Revit.

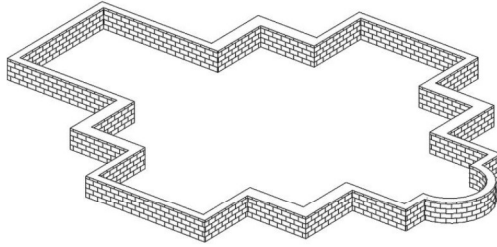


Рис. 3. Комп'ютерний твердотільний варіант X_{18} планування храму

Подальше збільшення проектних різновидів відбувається, наприклад, за рахунок різної товщини цегляних стін будівлі. Наведені у виданні [7] орієнтовні значення подано трійками чисел

$$\begin{aligned} \delta_I &= (0,51; 5; 10), & \delta_{II} &= (0,64; 10; 15), \\ \delta_{III} &= (0,77; 15; 20), & \delta_{IV} &= (0,9; 20; 25), \end{aligned} \quad (1)$$

де величини в метрах, перша – товщина стіни, дві інші – нижня та верхня границі рекомендованого проміжку висоти H_C середньої частини храму.

Обрані товщини (1) стін перевіряються розрахунками на міцність, теплопередачу та ін. Зараз дозволяють уточнити площу S_C середньої частини храму. З рис. 1 видно, що обмежена її координаційними осями площа становить

$$S_{0C} = l_3 \cdot l_3 + 3 \cdot l_T \cdot w_T = 12 \text{ м} \cdot 12 \text{ м} + 3 \cdot 6 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} = 198 \text{ м}^2, \quad (2)$$

де l_3 – сторона квадрата C_3 ; l_T , w_T – довжина та ширина трапезної.

Вважатимемо, що геометричні вісі стін прив'язані до координаційних осей будівлі. На підставі рис. 1 і співвідношень (1) та (2) для уточненої площі середньої частини храму маємо

$$S_{1C} = (l_3 - \delta_3)^2 + 3 \cdot S_{1T}, \quad (3)$$

де δ_3 – товщина її стін, площа трапезної

$$S_{1T} = (l_T - \delta_T) \cdot (w_T + (\delta_3 - \delta_T) / 2), \quad (4)$$

де δ_T – товщина стін трапезної.

Для зображення на рис. 3

$$\delta_3 = 0,64 \text{ м}; \quad \delta_T = 0,51 \text{ м}. \quad (5)$$

Згідно з виразами (3) ... (5) у випадку, що аналізується, отримуємо

$$S_{1C} = 179,5 \text{ м}^2. \quad (6)$$

З використанням коефіцієнта $k_{S_C} = 0,9$ [6], який враховує зменшення площі храму внаслідок розміщення церковного приладдя, на основі значення (6) одержуємо

$$S_C = S_{I_C} \cdot k_{S_C} = 179,5 \text{ м}^2 \cdot 0,9 = 161,5 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Зауважимо, що величина (7) у процесі ітераційного комплексного варіантного проектування може змінюватися, зокрема, унаслідок обрання інших альтернатив із множини (1) для залежностей (5) тощо.

Місткість N_C середньої частини храму обчислюється за формулою

$$N_C = \frac{S_C}{S_{N_C}}, \quad (8)$$

де відповідно до даних публікації [6] рекомендована площа приміщення на одну людину

$$S_{N_C} = 0,25 \dots 0,4 \text{ м}^2 / \text{люд}. \quad (9)$$

Співвідношення (8) і (9) засвідчують, що проектна місткість храму за однакової площі S_C може бути різною. Чим більше величина S_{N_C} , тим комфортніше людині, але збільшуються належні питомі фінансові витрати. Тому і в цьому разі маємо певну задачу оптимізації.

Для конкретизації графічних залежностей, показаних на рис. 2, приймемо $H_C = 10 \text{ м}$, $S_{N_C} = 0,35 \text{ м}^2 / \text{люд}$. Тоді згідно з виразом (8) $N_C \approx 460 \text{ люд}$. Отже, у випадку, який розглядається,

$$H_C = 10 \text{ м}, \quad N_C = 460 \text{ люд}. \quad (10)$$

Оскільки метою статті є викладення комплексного варіантного проектування параметрів мікроклімату, то як приклад подамо теплотехнічний розрахунок прийнятої зовнішньої стіни середньої частини храму. За стандартом [8] приведений опір теплопередачі потрібно приймати не менш ніж

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_a - t_3)}{\Delta t'' \cdot \alpha_a}, \quad (11)$$

де за даними [9]: $n=1$ – коефіцієнт положення огорожувальної конструкції; $\Delta t'' = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – нормований температурний перепад між повітрям приміщення і внутрішньою поверхнею стіни; $\alpha_a = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни; $t_a = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура внутрішнього повітря, мінімальне значення оптимальної температури згідно з виданням [8]; $t_3 = -23 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура зовнішнього повітря в холодний період року, дорівнює середній температурі найбільш холодної п'ятиднівки забезпеченістю 0,92 за нормами [10] для будівництва в районі міста Полтава.

На підставі формули (11) маємо

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_a - t_3)}{\Delta t'' \cdot \alpha_a} = \frac{1 \cdot (14 \text{ } ^\circ\text{C} + 23 \text{ } ^\circ\text{C})}{4,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})} = 0,945 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}. \quad (12)$$

Відповідно до правил [11] зовнішні огорожувальні стіни будівель неоднорідної конструкції повинні забезпечувати не менше значення приведенного опору R_0 теплопередачі ніж потрібно за виразами (11), (12).

У нашому випадку стіна меншої товщини (у трапезних) складається з шару вапняно-піщаної штукатурки товщиною $\delta_{ш} = 0,03$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{ш} = 0,81$ Вт/(м · °С) та кладки на цементно-піщаному розчині з керамічної пористої цегли густиною 1600 кг/м³ і товщиною $\delta_k = 0,51$ м, коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_k = 0,64$ Вт/(м · °С).

Згідно з наведеною вище публікацією

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_s}, \quad (13)$$

де $\alpha_s = 23$ Вт/(м² · °С) – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни за даними [12].

Підстановкою до залежності (13) потрібних величин отримуємо

$$R_0 = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,64} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{1}{23} \right) \cdot \text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт} = 0,992 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}. \quad (14)$$

Порівняння значень (12) і (14) засвідчує виконання досліджуваною конструкцією необхідного теплового захисту проектованої будівлі, тобто

$$R_0 \geq R_0^{мп}.$$

Проаналізуємо на основі матеріалів [8, 13] і прийнятих характеристик (10) середньої частини проектованого храму дотримання вимог видалення шкідливих речовин (вуглекислого газу CO₂) та надлишків вологи (водяного пару W) від людей і згоряння свічок шляхом забезпечення належних витрат L припливного аераційного повітря.

Питомі виділення CO₂ від 1 людини та 1 кг свічок становлять

$$V_{CO_{2,люд}} = 23 \text{ л/год}, \quad V_{CO_{2,св}} = 1650 \text{ л/кг}. \quad (15)$$

Орієнтовні відомості щодо витрат $G_{св}$ свічок (кг/год) залежно від числа N_C людей

$$(0,5 \text{ кг/год}; 60 \text{ люд}), \quad (1,5 \text{ кг/год}; 300 \text{ люд}), \quad (2,55 \text{ кг/год}; 600 \text{ люд})$$

інтерполюємо у вигляді

$$G_{св}(N_C) = g_{св2} N_C^2 + g_{св1} N_C + g_{св0}, \quad (16)$$

де $g_{св2} = -1,235 \cdot 10^{-6}$; $g_{св1} = 4,611 \cdot 10^{-3}$; $g_{св0} = 0,228$.

На підставі виразів (15) і (16) сумарні годинні виділення CO₂ (л/год) від людей та свічок дорівнюють

$$V_{CO_2} = V_{CO_{2,люд}} \cdot N_C + V_{CO_{2,св}} \cdot G_{св}(N_C). \quad (17)$$

Витрати L (м³/год) припливного повітря аерації для видалення CO₂

$$L = \frac{V_{CO_2}}{q_{вд} - q_{пр}}, \quad (18)$$

де $q_{вд} = 2 \text{ л/м}$, $q_{пр} = (0,33 \text{ л/м}^3; 0,4 \text{ л/м}^3; 0,5 \text{ л/м}^3)$ – концентрації CO_2 у видаленому і припливному повітрі. Три різні значення в останньому кортежі стосуються відповідно сільської місцевості, малого та великого міста.

У результаті обчислення залежностей (17) і (18) для малого міста маємо

$$L = \frac{23 \cdot 460 + 1650 \cdot (-1,235 \cdot 10^{-6} \cdot 460^2 + 4,611 \cdot 10^{-3} \cdot 460 + 0,228)}{2 - 0,4} \text{ м}^3/\text{год} = 8766 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрати L ($\text{м}^3/\text{год}$) припливного повітря аерації для видалення водяного пару W

$$L = \frac{W}{\rho \cdot (d_{вд} - d_{пр})}, \quad (19)$$

де W – надлишки вологи у приміщенні, г/год ; $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря; $d_{вд}$, $d_{пр}$ – вміст вологи у видаленому і припливному повітрі, г/кг .

Публікацією [14] різницю ($d_{вд} - d_{пр}$) рекомендується приймати за нормативними документами для певних споруд або експериментальними даними. У документі [8] є необхідна інформація про опрацьовувані надлишки вологи у храмах. Це питомі виділення від згоряння 1 кг свічок

$$Q_{w_{св}} = 1300 \text{ г/кг} \quad (20)$$

та від 1 людини при різній температурі $t_в$ у приміщенні

$$(10 \text{ }^\circ\text{C}; 30 \text{ г/год}), (15 \text{ }^\circ\text{C}; 34 \text{ г/год}), (20 \text{ }^\circ\text{C}; 40 \text{ г/год}), \\ (25 \text{ }^\circ\text{C}; 50 \text{ г/год}), (30 \text{ }^\circ\text{C}; 75 \text{ г/год}).$$

Останні інтерполюємо у вигляді

$$Q_{w_{люд}}(t_в) = q_{w_4} t_в^4 + q_{w_3} t_в^3 + q_{w_2} t_в^2 + q_{w_1} t_в + q_{w_0}, \quad (21)$$

де $q_{w_4} = 6 \cdot 10^{-4}$; $q_{w_3} = 3,933 \cdot 10^{-2}$; $q_{w_2} = 0,985$; $q_{w_1} = -10,017$; $q_{w_0} = 65$.

Отже,

$$W = Q_{w_{люд}}(t_в) \cdot N_c + Q_{w_{св}} \cdot G_{св}(N_c). \quad (22)$$

Співвідношення (19) ... (22) дозволяють подавати в подібній до рис. 2 наочній варіантній графічній формі витрати L припливного аераційного повітря для видалення надлишків вологи в центральній частині проєктованого храму.

У якості розрахункового приймається найбільший повітрообмін серед належних, зображених на рис. 2 та визначених згідно з формулами

(18) і (19). При цьому потрібно прагнути до його зменшення, оскільки у такий спосіб скорочуються виробничі й експлуатаційні витрати на вентиляцію будівлі.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У даній роботі подано запропонований автором підхід до комплексного варіантного проектування параметрів мікроклімату православних храмів комп'ютерними геометричними засобами. Описана методика спирається на структурно-параметричне формоутворення, поєднання за допомогою нього таких етапів архітектурно-будівельного проектування як прийняття раціональних об'ємно-планувальних рішень, визначення необхідних конструкцій, їх узгодження з інженерними системами, що реалізують потрібні мікрокліматичні параметри опрацьовуваної споруди. Зазначені властивості особливо актуальні в умовах триваючої пандемії COVID-19.

Головною перевагою комп'ютерних геометричних моделей, порівняно з відповідними аналітичними, є їх наочність. Це дозволяє суттєвим чином спростити процеси комплексної оптимізації складних архітектурних об'єктів у середовищі сучасних BIM-технологій, де графічні засоби відіграють провідну роль стосовно взаємного узгодження поміж собою суперечливих вимог багатьох будівельних фахових дисциплін.

Окреслений новий напрямок наукових досліджень потребує свого подальшого розвитку як у теоретичному, так і практичному плані, впровадження в реальні виробничі процеси проектування та зведення православних християнських храмів.

Література

1. *Плюскій В.О., Регіда О.В., Терещук М.О.* Комп'ютерне геометричне моделювання як засіб підвищення ефективності архітектурно-будівельного проектування. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* Київ: КНУБА, 2018. Вип. 37. С. 37–46.
2. *Регіда О.В., Терещук М.О.* Деякі перспективи розвитку сучасного комп'ютерного будівельного моделювання. *Управління розвитком складних систем.* Київ: КНУБА, 2020. Вип. 42. С. 119–124. doi: 10.32347/2412-9933.2020.42.119-124.
3. *Aubin P. F.* The Aubin Academy Revit Architecture, covers Version 2016 and beyond. Oak Lawn: G3B Press, 2015. 801 p.
4. *Уокенбах Д.* Excel 2013. Библия пользователя. Москва: Вильямс, 2015. 928 с.
5. *Tereschuk M.* Variant planning orthodox churches in an integrated computer environment Excel-Dynamo-Revit. *Danish Scientific Journal.* Copenhagen, Denmark: POYS, 2020. № 42. Vol. 1. P. 3–7.
6. *Терещук М.О.* Застосування комп'ютерного геометричного моделювання для оптимізації мікроклімату православних храмів. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні виклики*

і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути». Київ: Open Science Laboratory, 2020. С. 573–582. URL: https://openscilab.org/wp-content/uploads/2020/12/suchasni-vikliki-i-aktualni-problemi-nauki-osviti-ta-virobnictva_2020_12_11_tezy.pdf

7. *Шевчук Г.* Будівельні конструкції церков. Львів: Державний університет «Львівська політехніка» Міжнародна школа церковної архітектури, 1998. 96 с.

8. *Стандарт АВОК.* Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Москва: НП АВОК, 2004. 14 с.

9. *СНиП 23-02-2003.* Тепловая защита зданий. Москва: ФГУП ЦПП, 2004. 26 с.

10. *СНиП 23-01-99*.* Строительная климатология. Москва: ФГУП ЦПП, 2006. 71 с.

11. *СП 23-101-2000.* Проектирование тепловой защиты зданий. Москва: ФГУП ЦПП, 2001. 98 с.

12. *СНиП II-3-79**.* Строительная теплотехника. Москва: ЦИТП, 1986. 32 с.

13. *СНиП 41-01-2003.* Отопление, вентиляция и кондиционирование. Москва: ФГУП ЦПП, 2004. 55 с.

14. *Пиллюшенко В.П., Борухова Л.В.* Расчет воздухообмена общественных и промышленных зданий. Минск: БНТУ, 2003. 46 с.

References

1. *Ploskyi V.O., Rehida O.V., Tereshchuk M.O.* Kompiuterne heometrychne modeliuвання yak zasib pidvyshchennia efektyvnosti arkhitekturno-budivelnogo proektuvannya. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn.* Kyiv: KNUBA, 2018. Vyp. 37. P. 37–46. {in Ukrainian}

2. *Rehida O.V., Tereshchuk M.O.* Deiaki perspektyvy rozvytku suchasnoho kompiuternoho budivelnogo modeliuвання. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system.* Kyiv: KNUBA, 2020. Vyp. 42. P. 119–124. doi: 10.32347/2412-9933.2020.42.119-124. {in Ukrainian}

3. *Aubin P. F.* The Aubin Academy Revit Architecture, covers Version 2016 and beyond. Oak Lawn: G3B Press, 2015. 801 p. {in English}

4. *Uokenbah D.* Excel 2013. Bibliya polzovatelya. Moskva: Vilyams, 2015. 928 p. {in Russian}

5. *Tereshchuk M.* Variant planning orthodox churches in an integrated computer environment Excel-Dynamo-Revit. *Danish Scientific Journal.* Copenhagen, Denmark: POYS, 2020. № 42. Vol. 1. P. 3–7. {in English}

6. *Tereshchuk M.O.* Zastosuvannya kompiuternoho heometrychnoho modeliuвання dlia optymizatsii mikroklimatu pravoslavnykh khramiv. *Materialy XI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Suchasni vyklyky i aktualni problemy nauky, osvity ta vyrobnytstva:*

- mizhhaluzevi dysputy*». Kyiv: Open Science Laboratory, 2020. P. 573–582. URL: https://openscilab.org/wp-content/uploads/2020/12/suchasni-vikliki-i-aktualni-problemi-nauki-osviti-ta-virobnictva_2020_12_11_tezy.pdf {in Ukrainian}
7. *Shevchuk H.* Budivelni konstruktsii tserkov. Lviv: Derzhavnyi universytet «Lvivska politehnika» Mizhnarodna shkola tserkovnoi arkhitektury, 1998. 96 p. {in Ukrainian}
 8. *Standart AVOK.* Hramy pravoslavnyie. Otoplenie, ventilyatsiya, konditsionirovanie vozduha. Moskva: NP AVOK, 2004. 14 s. {in Russian}
 9. *SNiP 23-02-2003.* Teplovaya zaschita zdaniy. Moskva: FGUP TsPP, 2004. 26 p. {in Russian}
 10. *SNiP 23-01-99**. Stroitel'naya klimatologiya. Moskva: FGUP TsPP, 2006. 71 p. {in Russian}
 11. *SP 23-101-2000.* Proektirovanie teplovoy zaschityi zdaniy. Moskva: FGUP TsPP, 2001. 98 p. {in Russian}
 12. *SNiP II-3-79**.* Stroitel'naya teplotekhnika. Moskva: TsITP, 1986. 32 p. {in Russian}
 13. *SNiP 41-01-2003.* Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie. Moskva: FGUP TsPP, 2004. 55 p. {in Russian}
 14. Pilyushenko V.P., Boruhova L.V. Raschet vozduhoobmena obschestvennykh i promyshlennykh zdaniy. Minsk: BNTU, 2003. 46 p. {in Russian}

Терещук М.О.

nikolatereschuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4444-3677

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

КОМПЛЕКСНОЕ ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ КОМПЬЮТЕРНЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Даная работа посвящена дальнейшему развитию методологии оптимизации параметров микроклимата православных храмов средствами геометрического моделирования. Актуальность выбранной темы исследований обусловлена в том числе и напряженной ситуацией с пандемией COVID-19. Для сохранения здоровья людей в современных условиях довольно важно поддерживать надлежащее санитарно-гигиеническое состояние общественных зданий. Это касается различных учреждений медицины, образования, торговли, питания, спорта, культуры и т. п. Не исключением в приведенном плане являются и православные храмы.

Известна большая зависимость параметров микроклимата сооружения от таких его геометрических характеристик как площади и объемы помещений, толщины стен, размеры оконных и дверных проемов и т. д., это с одной стороны, а с другой, от использованных для строительства материалов, выбранных систем отопления, вентиляции,

кондиционирования и т. п. Существенно также состояние внешней среды (температура воздуха, его влажность, наличие вредных веществ и пр.), внутренние особенности здания, например, количество присутствующих в нем людей, продолжительность и периодичность их пребывания, выполняемая деятельность и т.д. Все это в полной мере относится и к православным храмам.

Из-за определенных материальных, финансовых и других ограничений, которые всегда существуют при возведении архитектурных сооружений и дальнейшей их эксплуатации, крайне необходимым является комплексный учет вышеперечисленных аспектов при построении новых православных храмов. Указанные процессы довольно распространены сейчас в Украине, что обусловлено духовным возрождением нации после десятилетий принудительного атеизма.

Таким образом, на микроклимат зданий влияют многие факторы, в частности, архитектурные объемно-планировочные решения, выбранные строительные конструкции, системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и т. д. Один из путей успешного решения проанализированной сложной технической задачи заключается в применении комплексного вариантного проектирования параметров микроклимата помещений с использованием компьютерных графических средств. Указанный подход базируется на том, что в среде BIM (Building Information Modeling) технологий центральное место занимает геометрическая модель создаваемого объекта, которая объединяет в одно целое остальные его математические и другие описания. Освещение очерченного направления научных исследований на примере православных храмов составляет главную цель данной публикации.

Ключевые слова: комплексное вариантное проектирование; компьютерные геометрические средства; параметры микроклимата; православные храмы; BIM-технологии.

Mykola Tereschuk

nikolatereschuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4444-3677

Kyiv National University of Construction and Architecture

COMPLEX VARIANT DESIGN OF MICROCLIMATE PARAMETERS OF ORTHODOX CHURCHES BY COMPUTER GEOMETRIC MEANS

This work is devoted to the further development of the methodology for optimizing the microclimate parameters of orthodox churches by means of geometric modeling. The relevance of the chosen research topic is due, in particular, to the current tense situation with the COVID-19 pandemic. The proper sanitary and hygienic condition of public buildings is quite important for

the preservation of people's health in modern conditions. This applies to various institutions of medicine, education, trade, nutrition, sports, culture, etc. Orthodox churches are no exception in this regard.

It is well known that the parameters of the microclimate of the building depend on its geometric characteristics such as the area and volume of rooms, wall thickness, dimensions of window and door openings, etc. This is on the one hand. On the other hand, there is the dependence on the materials used for the construction, the selected heating, ventilation, air conditioning systems, etc. The external environment (air temperature, humidity, the presence of harmful substances, etc.) and the internal features of the building, for example, the number of people present in it, the duration and frequency of their stay, the activities carried out, etc. are also very significant. All this fully applies to orthodox churches.

Due to the presence of certain material, financial and other restrictions that always exist during the construction of architectural structures and their further operation, it is essential to take into account the above aspects during the construction of new orthodox churches. The last mentioned processes are quite widespread in Ukraine now, what is due to the spiritual revival of the nation after decades of forced atheism.

Thus, many factors, in particular, architectural space-planning solutions, selected building structures, heating, ventilation, air conditioning systems, etc., affect the microclimate of buildings. One of the ways of successful solution of the analyzed technical problem is the application of a complex variant design of the microclimate parameters of the rooms with the use of computer graphics. This approach is based on the fact that in the environment of the BIM (Building Information Modeling) technologies the central place is occupied by geometric model of the creating object, which combines the rest of its mathematical and other descriptions into one whole. Coverage of the outlined direction of scientific research on the example of orthodox churches is the main purpose of this publication.

Key words: complex variant designing; computer geometric means; microclimate parameters; orthodox churches; BIM-technologies.