

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЛІХТАРЯ ДЛЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ БУДІВЛІ

Ключко Л.І., магістрант

leoniddzmk@gmail.com ORCID 0009-0009-3478-6076

Український державний університет науки і технологій

Анотація. Розглянуто можливе конструктивне рішення захисного ліхтаря для зовнішньої системи клімат-контролю багатоповерхової житлової будівлі. На основі методу скінчених елементів з використанням вітчизняного програмного продукту SCAD проаналізовано чотири архітектурно-конструктивні варіанти ліхтаря: арковий, пірамідально витягнутий, пірамідальний і сферичний. За отриманими показниками маси, ринкової вартості та з урахуванням особливостей об'ємно-планувального рішення будівлі остаточно визначено найбільш раціональний варіант – захисний ліхтар в формі арки. Такий варіант може бути рекомендований для проєкту відновлення розглянутої багатоповерхової будівлі в місті Павлоград.

Ключові слова: система клімат-контролю, захисний ліхтар, багатоповерхова житлова будівля, метод скінчених елементів, програмний продукт SCAD

Вступ. Останнім часом все частіше новітні житлові будівлі обладнуються системами клімат-контролю. Вони дозволяють в автоматичному режимі підтримувати на стабільному рівні основні показники повітря і води в приміщеннях, такі як температура, вологість, насиченість іонами та хімічними речовинами, рівень освітлюваності та опромінювання тощо. В закордонній практиці такі системи отримали позначення HVAC, HVACR або HACR, що в принципі має на увазі одне і те саме – опалення, вентиляцію і кондиціонування. Такі системи використовуються переважно для окремих приватних малоквартирних будівель – рис. 1.



Рис. 1. Клімат-контроль одноквартирної житлової будівлі

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Особливо актуальність питання контролю кліматичних показників в будівлях, де мешкають люди, пов'язана із постійними і погано прогнозованими змінами в кліматичних показниках. Про це свідчать численні дослідження та результати спостережень як в Україні, так і в світі [1-7]. Так для Умов України взагалі одним із прогнозних сценаріїв є перехід із кліматичної лісо-степової та степової зон в пустельну кліматичну зону [8] з усіма витікаючими звідси наслідками. Навіть

вже в теперішній час спостерігаються доволі значні сезонні коливання температури, а добові перепади взагалі часто не відповідають сезону. Також проводяться як експериментальні роботи [9], так і теоретичні роботи [10, 11] щодо врахування кліматичних змін в процесі проєктування будівельних конструкцій. В закордонній практиці навіть спеціально переглядаються стандарти та теоретичні підходи до визначення кліматичних навантажень [12-15].

Тому нагальним питанням є врахування цих кліматичних змін в будівельній практиці в першу чергу для поліпшення умов мешканців житлових будівель, а також покращення умов перебування людей в громадських будівлях. Зважаючи на це в Україні на тепер прийнято спеціальний Закон «Про енергетичну ефективність будівель» [16, 17]. Відповідно до нього розробляються й сучасні концептуальні підходи, здатні створювати більш комфортне, енергоефективне і природне житло, які включають в якості своєї обов'язкової складової системи клімат-контролю [18-23].

Виділення не роз'язаних раніше частин загальної проблеми. Для малоповерхових будівель подібні системи клімат-контролю, як правило, розміщуються всередині будівель. По відношенню до багатоквартирних житлових будівель подібні системи клімат-контролю виявляються набагато складнішими. Вони включають в себе не тільки традиційні можливості контролю за станом повітря і води, а й передбачають створення систем моніторингу за технічними параметрами конструкцій (рівнем міцності, деформативності, наявністю та амплітудами коливань). Також подібні системи обладнуються засобами зовнішнього і внутрішнього зв'язку, оперативного оповіщення про загрозу надзвичайних ситуацій, спеціалізованими комплексами керування витратами електроенергії, палива, утилізації відходів. Тому вони потребують окремого розміщення – і найбільш зручним місцем для них часто виявляються дах будівлі (рис. 2).



Рис. 2. Системи клімат-контролю на даху будівлі

Проте системи на даху будівлі виявляються незахищеними від дії зовнішніх природно-кліматичних факторів і для своєї стабільної роботи потребують спеціального захисту. Такий захист має бути водночас компактным і доволі надійним, а також забезпечувати необхідний зв'язок із зовнішнім простором. **Постановка завдання.** Завданням цієї статті є опис розробленої конструкції захисту для системи клімат-контролю, розташованого на даху багатоповерхової будівлі.

Основний матеріал і результати. В якості об'єкту, для якого розроблялось проєктне рішення конструкції захисного ліхтаря був обраний поєкт відновлення багатоповерхової торговельно-офісно-готельної будівлі в місті Павлоград. Будівля являє собою двосекційний комплекс. Перша секція має висоту 25,2 м і призначена для розміщення торговельних площ галерейного типу (перші 3 поверхи) і готельних номерів різного класу комфортності (4-7 поверхи). Друга секція має висоту 61,2 м і призначена для розміщення обслуговуючих і складських приміщень для торговельних площ (перші 3 поверхи), офісних площ (4-15 поверхи) і ресторанного комплексу (16 поверх). 17-й поверх будівлі має технічне призначення. В торці будівлі розміщено вузол вертикальної комунікації, який завершується розташованою на даху системою клімат-контролю. Саме для цієї системи і передбачено влаштування спеціального захисту у вигляді ліхтаря.



Рис. 3. Проєкт відновлення торговельно-офісно-готельної будівлі в місті Павлоград

Захисний ліхтар має розміри в плані 6,24×6,24 м і висоту близько 3,12 м. Конструктивно ліхтар виконується із окремих світлопрозорих панелей, розташованих на сталевому каркасі з гнutoзварних квадратних профілів. В архітектурно-конструктивному відношенні порівнювались 4 конструктивні варіанти:

- 1) арковий ліхтар (варіант № 1) – рис. 4,а. Цей варіант являє собою арку, яка має сегментний контур і розташована з кроком 1,04 м. Арка складається з 6-ти розкосів довжиною 1,6 м;
- 2) пірамідальний витягнутий ліхтар (варіант № 2) – рис.4,б. Цей варіант має форму піраміди, витягнутої по довжині (поперечний переріз у вигляді трикутника, повздовжній – трапеції);
- 3) пірамідальний ліхтар (варіант № 3) – рис. 4,в. Цей варіант має пірамідальну форму. Основа піраміди піднята на висоту стійки 1 м, утворюючи вертикальні грані ліхтаря;
- 4) сферичний ліхтар (варіант № 4) – рис. 4,г. Цей варіант має форму півсфери. В основі лежить дванадцятигранний багатокутник вписаний в коло діаметром – 6,24 м. Довжина ригелів основи – 0,85 м.

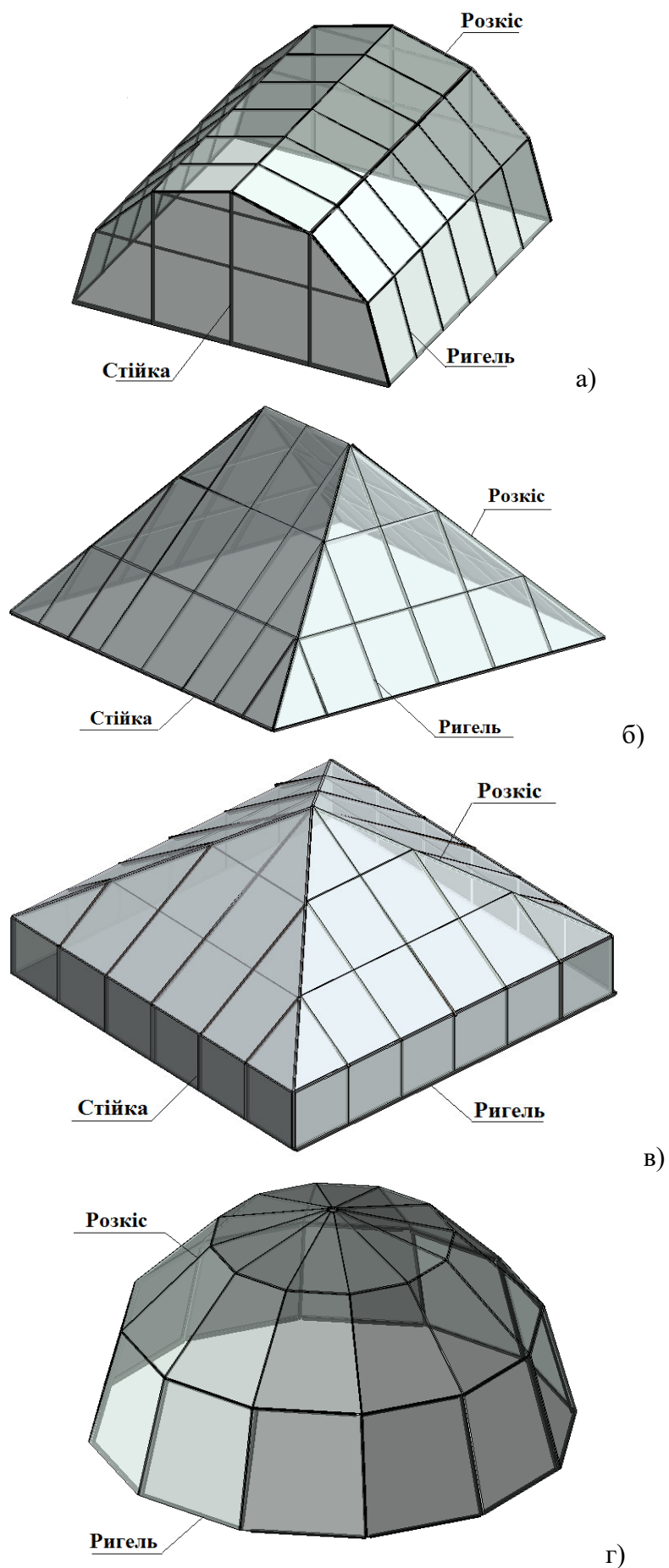


Рис. 4. Архітектурно-конструктивні форми захисного ліхтаря:
а) варіант № 1, б) варіант № 2, в) варіант № 3, г) варіант № 4

Навантаження на захисний ліхтар приймалися відповідно до чинних стандартів [24, 25]. При цьому враховувались навантаження від власної ваги елементів конструкції захисного ліхтаря, снігове навантаження і вітрове навантаження.

Для проведення порівняльних розрахунків використовувався один із найпотужніших чисельних методів сучасної механіки - метод скінчених елементів [26, 27]. Використовувався вітчизняний проектно-обчислювальний комплекс SCAD. Побудовані скінченно-елементні розрахункові схеми наведені на рис. 5.

Співставлення розглядуваних конструктивних варіантів здійснювалось за методиками, викладеними в роботах [28-30]. В табл. 1 представлені підібрані профілі елементів сталевго каркасу для розглядуваних конструктивних варіантів. В табл. 2 наведені показники маси та ринкової вартості для розглядуваних конструктивних варіантів з урахуванням площі світлопрозорих ділянок.

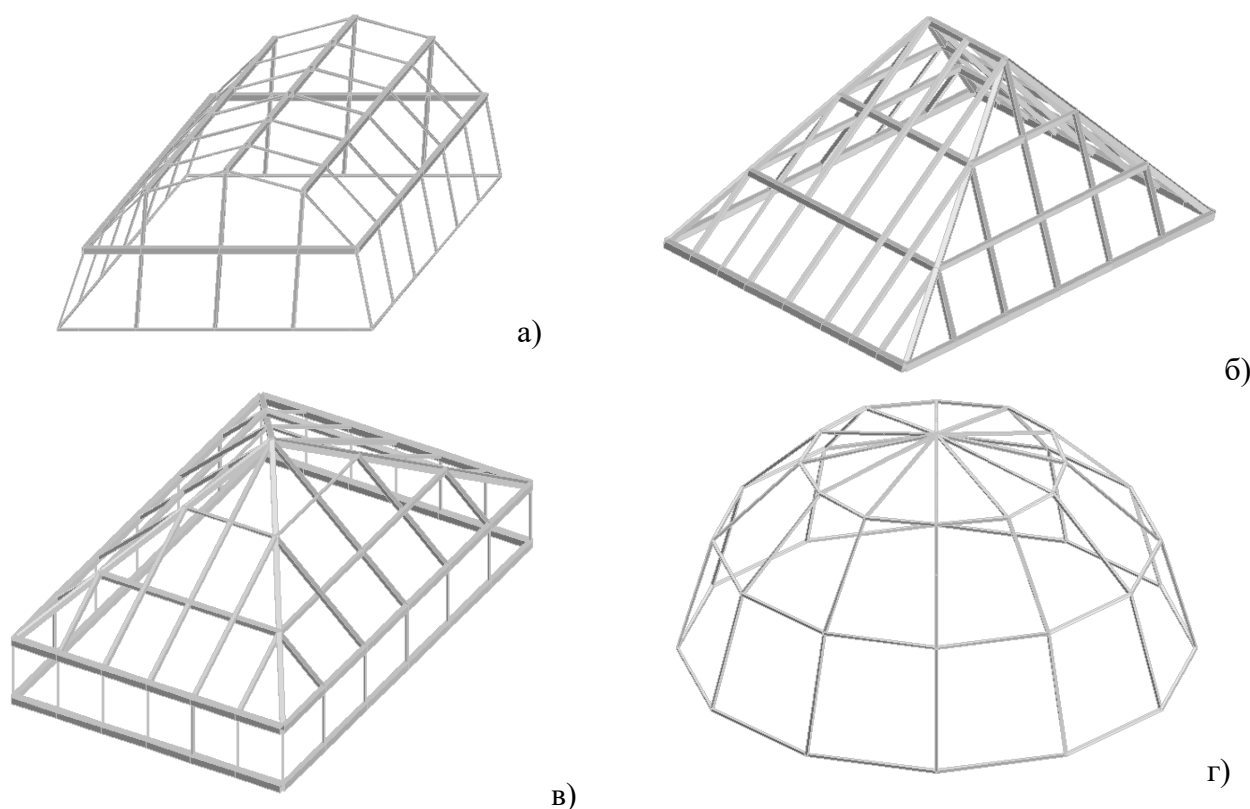


Рис. 5. Скінченно-елементна схема захисного ліхтаря:
а) варіант № 1, б) варіант № 2, в) варіант № 3, г) варіант № 4

Таблиця 1 – Поперечні перерізи конструктивних варіантів захисного ліхтаря

Елемент	Переріз конструктивного варіанту №			
	1	2	3	4
Стійка	□ гн. 60×3,5	□ гн. 80×4,0	□ гн. 45×3,0	---
Ригель	□ гн. 110×6,0	□ гн. 90×5,0	□ гн. 80×4,0	□ гн. 30×3,0
Розкіс	□ гн. 35×3,0	□ гн. 90×5,0	□ гн. 90×5,0	□ гн. 35×2,5

Таблиця 2 – Показники маси та вартості конструктивних варіантів захисного ліхтаря

Показник	Переріз конструктивного варіанту №			
	1	2	3	4
Маса, кг	1076	1576	1678	486
Вартість, тис. грн.	281,5	301,4	312,6	161,5

Висновки. Розроблено архітектурно-конструктивне рішення захисного ліхтаря для системи клімат-контролю проєкту відновлення багатоповерхової будівлі в місті Павлоград. Розглянуто 4 конструктивні варіанти захисного ліхтаря – арковий, пірамідальний витягнутий, пірамідальний і сферичний. За результатами обчислень і підбору поперечних перерізів елементів на основі методу скінчених елементів за допомогою програмного продукту SCAD встановлено, що найбільш раціональним є сферичний варіант захисного ліхтаря. Проте така архітектурна форма потребує внесення змін в несучі конструктивні системи будівлі, тому остаточною формою ліхтаря був прийнятий конструктивний варіант у вигляді циліндричної арки.

Література

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України : монографія / Степаненко С. М. та ін.; за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польовий. Одеса : Екологія, 2011. 696 с.
2. Шевченко О. В. Комунікації глобальних змін клімату : концептуальний вимір. Міжнародні та політичні дослідження. Вип. 36, 2023. С. 224-231. DOI: 10.18524/2707-5206.2023.36.288722
3. Приходько М. Ф. Небезпека кліматичних змін та їх вплив на аграрний сектор України. Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, (Dresden, 23 Januar, 2019). Dresden : NGO «Europäische Wissenschaftsplattform», 2019. В. 9. Р. 98-103.
4. Climate, agriculture and food security: A strategy for change. Alliance of the CGIAR Centers, 2009. URL: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/33395/StrategyForChange.pdf>. (дата звернення 05.06.2024).
5. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html> (дата звернення 05.06.2024).
6. Зміна клімату і як з нею боротися: ключова інформація. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/stories/climateaction> (дата звернення 05.06.2024).
7. Балабух В. О., Лавриненко О. М., Малицька Л. В. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. Український гідрометеорологічний журнал. Одеса : ПП «ТЕС». 2014. № 14. С. 30-46.
8. Білик А.С. Екологічний та економічний аналіз життєвого циклу каркасів будівель : монографія. Київ : УЦСБ, КНУБА, 7БЦ, 2022. 263 с.
9. Bannikov D. O., Savchenko R. A., Kirpa I. I. Rational altitude structure for placing the wind equipment in the conditions of Ukraine. Наука та прогрес транспорту. 2018. Вип. 2 (74). с. 147-155. DOI: 10.15802/stp2018/129651
10. Науково-технічні дослідження у галузі будівництва / Колективна монографія // Заг. ред. Д. О. Банніков. Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: вид. Кушнір Г. М. 2022. Т1. 208 с.
11. Банніков Д. О., Радкевич А. В., Косячевська С. М. Зміни щодо нормативного визначення кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції. Наука та прогрес транспорту. 2024. Вип. 1 (105). С. 92-104. DOI: 10.15802/stp2024/301645
12. Fanella D. A. Rain, Snow, and Ice Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2021. 176 p.
13. Fanella D. A. Seismic Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2022. 240 p.
14. Fanella D. A. Structural Load Determination: 2018 and 2021 IBC and Asce/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2021. 576 p.

15. Fanella D. A. Wind Loads: Time Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2020. 256 p.
16. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» № 2118-VIII : станом на 03.02.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення 05.06.2024).
17. Клімат майбутнього без загрози для життя. Аналіз проекту Закону «Про енергетичну ефективність будівель» № 1566 від 22.12.2014 р. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2007/02/WGCCConEE_law2014.pdf (дата звернення 05.06.2024).
18. Чала В. С., Орловська Ю. В., Глущенко А. В. Європейські практики інвестування зеленого будівництва : підручник. Дніпро: ПДАБА. 2023. 148 с.
19. Маслова М. Розумний будинок : бібліографічний покажчик. Запоріжжя : ЗОУНБ, 2021. 76 с.
20. Вотінов М. А., Смірнова О. В. Інноваційні прийоми формування інтерактивних будівель і споруд у міському середовищі : монографія. Харків : ХНУМГ, 2019. 112 с.
21. Головатий Р. Р. Моделі, засоби та інформаційні технології управління безпекою в проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей : монографія / Під заг. ред. О. Б. Зачка. Львів : вид-во ЛДУ БЖД, 2019. 137 с.
22. Казарян А. Г. Методи та засоби управління системою «розумного» будинку з використанням хмарних обчислень : дис. ... д-ра філософії : 122. Львів, 2021. 194 с.
23. Відновлювані джерела енергії : монографія / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
24. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі змінами № 1 та № 2. Чинний від 2007-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 70 с.
25. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі зміною № 1. Чинний від 2022-09-01. Київ : Мінрегіонбуд, 2018. 36 с.
26. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Fox D. D. The finite element method for solid and structural mechanic. 7-th edition. Elsevier LTD, 2014.
27. Bofang Z. The finite element method: fundamentals and applications in civil, hydraulic, mechanical and aeronautical engineering. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, 2018.
28. Банніков Д. О., Нікіфорова Н. А., Леонтієва І. В. Співставлення ефективності сталевих та комбінованих каркасів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2023. Том 1. № 51. С. 182-193. DOI: 10.32347/2707-501x.2023.51(1).182-193
29. Rozumenko D. V., Bannikov D. O. Dynamic Properties of One-Storey Industrial Building. Наука та прогрес транспорту. 2020. Вип. 1 (85). С. 138-148. DOI: 10.15802/stp2020/199378
30. Kruhlikova N. G., Bannikov D. O. Rational design of shot-span industrial building roof for reconstruction conditions. Наука та прогрес транспорту. 2019. Вип. 2 (80). С. 144-152. DOI: 10.15802/stp2019/165853

References

- [1] Estimation of the impact of climate change on the Ukrainian economy : monograph / Stepanenko S. M. and oth.; ed. S. M. Stepanenko, A. M. Polovy. Odessa: Ecology, 2011.
- [2] Shevchenko O. V. Communications of global climate change: conceptual world. International and political investigations. No. 36, 2023. pp. 224-231. DOI: 10.18524/2707-5206.2023.36.288722
- [3] Prikhodko M. F. Danger of climate change and its impact on the agricultural sector of Ukraine. Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der

- Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz. Dresden : NGO «Europäische Wissenschaftsplattform», 2019. B. 9. P. 98-103.
- [4] Climate, agriculture and food security: A strategy for change. Alliance of the CGIAR Centers, 2009. URL: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/33395/StrategyForChange.pdf>. (access date June 5, 2024).
- [5] Climate change in Ukraine and the world: causes, consequences and solutions for prevention. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html> (access date June 5, 2024).
- [6] Climate change and how to fight it: key information. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/stories/climateaction> (access date June 5, 2024).
- [7] Balabukh V. O., Lavrynenko O. M., Malyska L. V. Features of the thermal regime of 2013 in Ukraine. Ukrainian hydrometeorological journal. Odesa: PP "TES". 2014. No. 14. P. 30-46.
- [8] Bilyk A. S. Ecological and economic analysis of the life cycle of building frames : monograph. Kyiv: UCSB, KNUBA, 7BC, 2022. 263 p.
- [9] Bannikov D. O., Savchenko R. A., Kirpa I. I. Rational altitude structure for placing the wind equipment in the conditions of Ukraine. Science and transport progress. 2018. Вип. 2 (74). с. 147-155. DOI: 10.15802/stp2018/129651
- [10] Scientific and technical research in the field of construction / Collective monograph // General. ed. D. O. Bannikov. Academy of Technical Sciences of Ukraine. – Ivano-Frankivsk: ed. Kushnir G. M. 2022. T1. 208 p.
- [11] Bannikov D. O., Radkevich A. V., Kosiachevska S. M. Changes to the regulatory definition of climatic loads and impacts on building structures. Science and transport progress. 2024. Issue 1 (105). P. 92-104. DOI: 10.15802/stp2024/3016458
- [12] Fanella D. A. Rain, Snow, and Ice Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2021. 176 p.
- [13] Fanella D. A. Seismic Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2022. 240 p.
- [14] Fanella D. A. Structural Load Determination: 2018 and 2021 IBC and Asce/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2021. 576 p.
- [15] Fanella D. A. Wind Loads: Time Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16. McGraw-Hill Education, 2020. 256 p.
- [16] Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings" No. 2118-VIII: state of February 3, 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (access date June 5, 2024).
- [17] Climate of the future without threat to life. Analysis of the draft Law "On the Energy Efficiency of Buildings" No. 1566 of 12/22/2014. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2007/02/WGCConEE_law2014.pdf (access date June 5, 2024).
- [18] Chala V. S., Orlovska Yu. V., Glushchenko A. V. European practices of investing in green construction: a textbook. Dnipro: PDABA. 2023. 148 p.
- [19] Maslova M. Smart house: bibliographic index. Zaporizhzhia: ZOUNB, 2021. 76 p.
- [20] Votinov M. A., Smirnova O. V. Innovative methods of forming interactive buildings and structures in the urban environment: monograph. Kharkiv: XNUMG, 2019. 112 p.
- [21] Golovatyy R. R. Models, means and information technologies of security management in projects of creating objects with a mass presence of people: monograph / Under general. ed. O. B. Zachka. Lviv: publishing house of LSU BZD, 2019. 137 p.
- [22] Kazaryan A. G. Methods and means of managing a "smart" building system using cloud computing: diss. ... doctor of philosophy: 122. Lviv, 2021. 194 p.
- [23] Renewable energy sources: monograph / General. ed. S. O. Kudri. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences, 2020. 392 p.

- [24] DBN V.1.2-2:2006 System of ensuring reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. With changes No. 1 and No. 2. Valid from 2007-01-01. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2006. 70 p.
- [25] DBN V.1.2-14:2018. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. With change No. 1. Valid from 2022-09-01. Kyiv: Ministry of Regional Development, 2018. 36 p.
- [26] Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Fox D. D. The finite element method for solid and structural mechanics. 7-th edition. Elsevier LTD, 2014.
- [27] Bofang Z. The finite element method: fundamentals and applications in civil, hydraulic, mechanical and aeronautical engineering. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, 2018.
- [28] Bannikov D. O., Nikiforova N. A., Leontieva I. V. Comparison of efficiency for steel and combined frames. Ways to improve construction efficiency. 2023. Volume 1. No. 51. P. 182-193. DOI: 10.32347/2707-501x.2023.51(1).182-193
- [29] Kruhlikova N. G., Bannikov D. O. Rational design of shot-span industrial building roof for reconstruction conditions. Science and transport progress. 2019. Вип. 2 (80). С. 144-152. DOI: 10.15802/stp2019/165853
- [30] Rozumenko D. V., Bannikov D. O. Dynamic Properties of One-Storey Industrial Building. Science and transport progress. 2020. Вип. 1 (85). С. 138-148. DOI: 10.15802/stp2020/199378

DEVELOPMENT OF LANTERN DESIGN FOR THE CLIMATE CONTROL SYSTEM OF THE BUILDING

Klochko L.I., graduate student
leoniddzmk@gmail.com ORCID 0009-0009-3478-6076
Ukrainian State University of Science and Technology

Annotation. Modern residential buildings are increasingly equipped with specialized climate control systems. Such systems are constantly becoming more complicated and nowadays allow to control and, if necessary, maintain at a given level a whole series of parameters in structures - temperature and humidity of air, its degree of purity and ionization, temperature and quality of water, level of illumination and irradiation, as well as technical design parameters. Placement of such climate control systems for low-rise residential buildings is assumed in the building itself, but for high-rise buildings such systems are placed on the roof. In this case, the practical task of protecting climate control systems from the dangerous action of aggressive external factors arises.

The paper proposes the development of a special protective lantern capable of performing such a function. Structurally, the lantern consists of a steel frame made of bent-welded square profiles and translucent filling. Four architectural and constructive versions of the protective lantern are considered - arched, pyramidal-elongated, pyramidal and spherical. To select the most rational constructive option, numerical modeling was performed based on the finite element method using the domestic software product SCAD. Its results made it possible to choose the necessary cross-sections of the frame elements in accordance with the construction current standards in Ukraine. Based on the comparison of mass indicators and the market value of protective lantern materials, it was finally determined that the spherical lantern has the lowest indicators and is the most rational. However, for real buildings that have rectilinear load-bearing structural elements, this option may not be effective and may require reworking of the load-bearing structures. Therefore, for practical implementation an arched design version of the protective lantern was chosen. This option is recommended for practical implementation in the reconstruction project of a multi-story commercial-office-hotel complex in the city of Pavlograd.

Keywords: climate control system, protective lantern, multi-story residential building, finite element method, SCAD software product