

УДК 514.18

СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ВІТРУ НА БУДІВЛІ ТА ЗАБУДОВУ

Зданевич В.А.,

vasyl.zdanevych@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9875-8463

Кундрат Т.М., к.т.н.,

kundratt@i.ua, ORCID: 0000-0001-9345-3161

Літніцький С.І., к.т.н.,

gavran88@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4962-7800

Пугачов Є.В., д.т.н.

evgenpugachov@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-4771-0942

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)

На основі аналізу наукової та нормативної літератури з будівельної кліматології та будівельної фізики, архітектурних конструкцій розроблено структурну модель впливу вітру на будівлі та забудову. Структура є ієрархічною. Її можна також розглядати, як планарний зв'язний орієнтований незважений граф.

Виявлено вершини та ребра графу. Граф налічує 48 вершин та 47 ребер.

Вершина «Вітер» знаходиться на найвищому рівні ієрархії. Вона має степінь 16 (якщо брати до уваги вихідні ребра) і степінь 2 (якщо брати до уваги вхідні ребра). Кожне ребро, що виходить з вершини «Вітер», приєднує до вершини дерево. Корні цих дерев (вершини - фактори впливу вітру) пронумеровані і мають такі назви.

1. Статичне і динамічне вітрове навантаження.
2. Інфільтрація холодного повітря в приміщення.
3. Перенесення пилу і піску.
4. Аерація промислових будівель.
5. Перенесення шкідливих домішок в повітрі, диму.
6. Снігоперенесення.
7. Орієнтація вулиць і будівель.
8. Влаштування вітроуловлювачів.
9. Інтеграція вітроелектричних установок в будівлі.
10. Додаткове зволоження косими дощами.
11. Провітрювання горщиків.
12. Технології будівельних робіт на великій висоті.
13. Організація благоустрою та озеленення дворових просторів.
14. Створення тяги у вентканалі.
15. Косий град.
16. Шум вітру.

З двох вершин «Орієнтація вулиць і будівель» та «Організація благоустрою та озеленення дворових просторів» виходять зворотні ребра до вершини «Вітер», оскільки ці фактори впливу вітру на забудову можуть суттєво змінювати напрям і швидкість вітру.

З вершини «Статичне і динамічне вітрове навантаження» прямують три ребра до вершин: «Форма і орієнтація будівлі», «Вітрове відсмоктування» та «Зривання елементів», а з кожного з них по одному: «Визначення матеріалів, перерізів та розмірів конструкцій», «Анкерування елементів даху» та «Небезпека для перехожих» відповідно.

З вершини «Інфільтрація холодного повітря в приміщення» прямують чотири ребра до вершин: «Збільшення тепловтрат», «Підтримка кратності повітрообміну в приміщенні», «Влаштування вітрозахисних шарів в огорожувальних конструкціях», «Захист від продування швів, влаштування чвертей у віконних і дверних прорізах». З вершини «Збільшення тепловтрат» виходить одне ребро до вершини «Збільшення товщини утеплювача». Решта з перелічених чотирьох ребер є кінцевими.

З вершини «Перенесення пилу і піску» прямують три ребра до вершин «Вивітрювання фасадів», «Абразивна дія на скло», «Запилення приміщень та устаткування» та «Накопичення піску в ринвах та западинах даху». З вершини «Абразивна дія на скло» прямує ребро у вершину «Зменшення природної освітленості». Ще два ребра – кінцеві.

З вершини «Аерація промислових будівель» прямує одне ребро до вершини «Орієнтація промислових будівель», яке є кінцевим.

З вершини «Перенесення шкідливих домішок в повітрі, диму» прямують два ребра: «Розміщення сельбищних зон» та «Розміщення і розміри санітарно-захисних зон». Обидва ребра є кінцевими, відповідно – і вершини.

Три ребра виходять з вершини «Снігоперенесення». Вони прямують до вершин: «Хуртовини», «Утворення наметів», «Відкладання снігу на дахах, налипання снігу на конструкції». З вершини «Утворення наметів» прямує ребро до вершини «Розміщення входів в будівлі» – входи в будівлі розміщують з навітряної сторони, оскільки там перед будівлею утворюється «жолоб видування» [10], і вхід не засипатиме снігом. Два інших ребра – кінцеві.

З вершини «Орієнтація вулиць і будівель» виходять три ребра, одне з яких зворотне – прямує до вершини «Вітер», а два інших прямують до вершин «Провітрювання забудови» та «Захист від вітру». З останнього виходить ребро до вершини «Вітрові смуги», тоді як попереднє є кінцевим.

Вершини «Влаштування вітроуловлювачів», «Інтеграція вітроелектричних установок в будівлі», «Технології будівельних робіт на великій висоті», «Організація благоустрою та озеленення дворових просторів», «Створення тяги у вентканалі», «Косий град», «Шум вітру» є кінцевими.

З вершини «Додаткове зволоження косими дощами» прямують чотири ребра до вершин «Збільшення коефіцієнту теплопровідності матеріалу стіни», «Зменшення повітропроникності стін», «Зменшення довговічності опорядження фасадів», «Мінімальні ухили деяких покрівель з штучних матеріалів». Всі чотири ребра і вершини є кінцевими.

З вершини «Провітрювання горищ» прямує одне ребро до вершини «Збільшення довговічності конструкцій горища», яка є кінцевою.

Ключові слова: будівля, вершина, вплив вітру, дерево, забудова, ієрархічна структура, орієнтований граф, простір відношень, ребро, степінь вершини, структурна модель.

Постановка проблеми. Вплив вітру на будівлі та забудову має комплексний характер. Різні аспекти цього впливу розглядаються в науковій та нормативній літературі з будівельної кліматології та теплотехніки, проектування інженерних та архітектурних конструкцій, проектування для районів з особливими природно-кліматичними умовами, проектування висотних будівель, архітектурного проектування житлових і промислових будівель, архітектурно-будівельній аеродинаміці, енергозбереженні тощо. При цьому поза увагою дослідників залишаються певні аспекти впливу вітру, які не стосуються безпосередньо тематики, але можуть бути не менш важливими за інших умов. Тому структурна модель впливу вітру на будівлі та забудову дає можливість проектувальнику чи студенту-архітектору комплексно оцінити вплив вітру.

Аналіз останніх досліджень. В наведеній літературі [1- 3], [5 - 12], [14-16] описуються окремі складові структурної моделі та описується вплив кожної з них на будівлі та забудову, проте вони не поєднані в єдину структурну модель і не дають комплексну оцінку цього впливу.

Формулювання цілей статті. В роботі поставлено мету – на основі аналізу наукової та нормативної літератури розробити структурну модель впливу вітру на будівлі та забудову.

Основна частина. Як відомо, граф в просторі відношень є структурною моделлю, а граф складається з двох множин: множини об'єктів (вершин, вузлів) і множини зв'язків (ребер) [4]. Якщо хоча б одне ребро графа має орієнтацію, то весь граф називається орієнтованим. Виходячи з цього, для створення структурної моделі необхідно було виявити фактори впливу вітру на будівлі та забудову (множина вершин), їх взаємний вплив (множина ребер), обґрунтувати його і, для повноти моделі, показати, як саме вони впливають один на одного.

Аналіз літератури [1-3], [5-12], [14-16] та досвід викладання архітектурних конструкцій і будівельної фізики дозволив створити структурну модель (рис. 1).

Структурна модель містить 48-м вершин і 46-ть ребер і є зв'язним планарним орієнтованим незваженим графом [13].

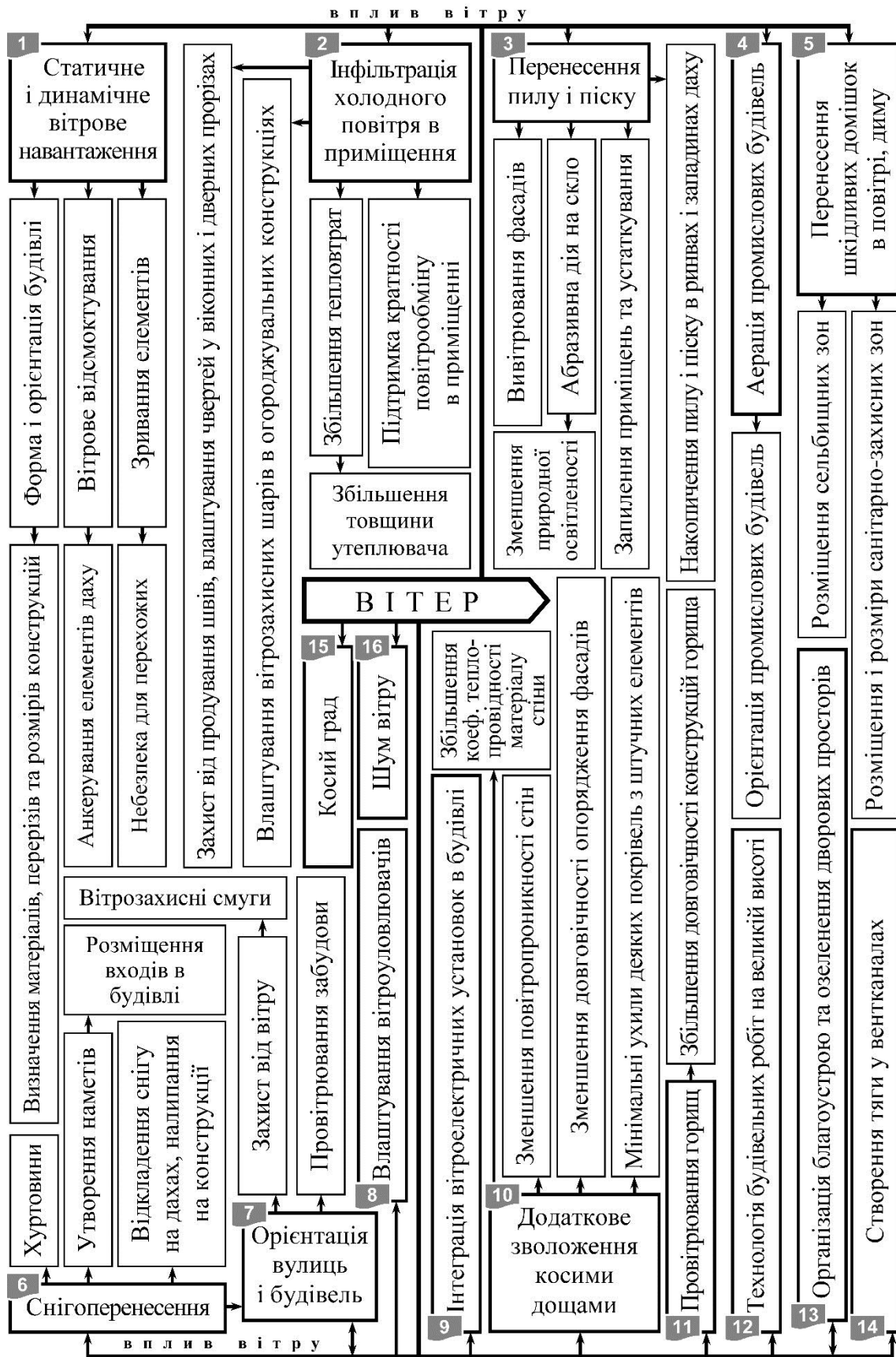


Рис. 1. Структурна модель впливу вітру на будівлі і забудову

Висновки. Розроблена структурна модель дозволяє комплексно оцінити вплив вітру на будівлі і забудову. Вона може бути доповнена та

деталізована з огляду на специфіку проектування, наприклад, при проектуванні висотних будівель, чи розміщенні вітроелектричних споруд тощо.

Література

1. Аронин Дж.Э. Климат и архитектура. Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. 252 с.
2. Будівельна кліматологія. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с.
3. Великовский Л.Б., Гуляницкий В.М., Ильинский В.М. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. 2. Основы проектирования. Москва: Стройиздат, 1976. 215 с.
4. Дубовой В.М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування. Вінниця; ВНТУ, 2012. 308 с.
5. Заварина М. В. Строительная климатология. М. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 314 с.
6. Зоколей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. Москва: Стройиздат, 1984. 672 с.
7. Кривенко О.В., Цой О., Гавва І. Формоутворення висотних будівель при інтегруванні їх в систему забезпечення енергії вітру. *Технічна естетика і дизайн*. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 13. С. 75-80.
8. Круглова А. И. Климат и ограждающие конструкции. Москва: Изд-во литературы по строительству, 1970. 167 с.
9. Куприянов В. Н. Строительная климатология и физика среды. Казань: КГАСУ, 2007. 114 с.
10. Лицкевич В. К., Конова Л.И. Учет природно-климатических условий местности в архитектурном проектировании. Москва: МАРХИ, 2011. 44 с.
11. Лицкевич В.К., Макриненко Л.И., Мигалина И.В., Оболенский Н.В., Осипов А.Г., Щепетков Н.И. Архитектурная физика. Москва: Стройиздат, 1998. 448 с.
12. Маркус Т.А., Моррис Є. Н. Здания, климат и энергия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 544 с.
13. Оре О. Графы и их применение. Москва: Мир, 1965. 175 с.
14. Реттер Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика. Москва: Стройиздат, 1984. 295 с.
15. Серебровский Ф. Л. Аэрация жилой застройки. Москва: Стройиздат, 1971. 112 с.
16. Тимофеев М.М., Сергейчук О.В., Шамріна Г.В. Комплексна оцінка кліматичних умов житлової забудови. Київ: КНУБА, 2014. 125 с.

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА ЗДАНИЯ И ЗАСТРОЙКУ

Зданевич В. А., Кундрат Т. Н., Литницкий С. И., Пугачев Е. В.

На основе анализа научной и нормативной литературы по строительной климатологии и строительной физике, архитектурным конструкциям разработана структурная модель влияния ветра на здания и застройку. Структура является иерархической. Ее можно рассматривать как планарный связный ориентированный невзвешенный граф.

Выявлены вершины и ребра графа. Граф насчитывает 48 вершин и 47 ребер.

Вершина «Ветер» находится на самом высоком уровне иерархии. Она имеет степень 16 (если считать выходящие ребра) и степень 2 (если считать входящие ребра). Каждое ребро, выходящее из вершины «Ветер», присоединяет к вершине дерево. Корни этих деревьев (вершины – факторы воздействия ветра) пронумерованы и имеют такие названия.

- 1. Статическая и динамическая ветровая нагрузка.*
- 2. Инфильтрация холодного воздуха в помещение.*
- 3. Перенос пыли и песка.*
- 4. Аэрация промышленных зданий.*
- 5. Перенос вредных примесей в воздухе, дыма.*
- 6. Снегоперенос.*
- 7. Ориентация улиц и зданий.*
- 8. Устройство ветроуловителей.*
- 9. Интеграция ветроэлектрических установок в здание.*
- 10. Дополнительное увлажнение косыми дождями.*
- 11. Проветривание чердаков.*
- 12. Технологии строительных работ на большой высоте.*
- 13. Организация благоустройства и озеленения дворовых пространств.*
- 14. Создание тяги в вентканалах.*
- 15. Косой град.*
- 16. Шум ветра.*

Из двух вершин «Ориентация улиц и зданий» и «Организация благоустройства и озеленения дворовых пространств» выходят обратные ребра к вершине «Ветер», поскольку эти факторы влияния ветра на застройку могут существенно менять направление и скорость ветра.

Из вершины «Статическая и динамическая ветровая нагрузка» выходят три ребра к вершинам: «Форма и ориентация здания», «Ветровой отсос» и «Срывание элементов», а из каждого из них по одному: «Определение материалов, сечений и размеров конструкций»,

«Анкеровка элементов крыши» и «Опасность для прохожих» соответственно.

Из вершины «Инфильтрация холодного воздуха в помещение» выходят четыре ребра к вершинам: «Увеличение теплопотерь», «Поддержка кратности воздухообмена в помещении», «Устройство ветрозащитных слоев в ограждающих конструкциях», «Защита от продувания швов, устройство четвертей в оконных и дверных проемах». Из вершины «Увеличение теплопотерь» выходит одно ребро к вершине «Увеличение толщины утеплителя». Остальные из перечисленных четырех ребер являются конечными.

Из вершины «Перенос пыли и песка» выходят три ребра к вершинам «Выветривание фасадов», «Абразивное воздействие на стекло», «Запыление помещений и оборудования» и «Накопление песка в желобах и впадинах крыши». Из вершины «Абразивное воздействие на стекло» выходит ребро в вершину «Уменьшение естественной освещенности». Еще два ребра - конечные.

Из вершины «Аэрация промышленных зданий» выходит одно ребро к вершине «Ориентация промышленных зданий», которое является конечным.

Из вершины «Перенос вредных примесей в воздухе, дыма» выходят два ребра: «Размещение селитебных зон» и «Размещение и размеры санитарно-защитных зон». Оба ребра являются конечными, соответственно – и вершины.

Три ребра выходят из вершины «Снегоперенос». Они направляются к вершинам «Метели», «Образование сугробов», «Откладывание снега на крышах, налипание снега на конструкции». Из вершины «Образование сугробов» выходит ребро к вершине «Размещение входов в здания» – входы в здания размещают с наветренной стороны, поскольку там перед зданием образуется «желоб выдувания» [10], и вход не засыпается снегом. Два других ребра – конечные.

Из вершины «Ориентация улиц и зданий» выходят три ребра, одно из которых обратное – идет к вершине «Ветер», а два других направляются к вершинам «Проветривание застройки» и «Защита от ветра». Из последнего выходит ребро к вершине «Ветрозащитные полосы», тогда как предыдущее является конечным.

Вершины «Устройство ветроуловителей», «Интеграция ветроэлектрических установок в здание», «Технологии строительных работ на большой высоте», «Организация благоустройства и озеленения дворовых пространств», «Создание тяги в вентканалах», «Косой град», «Шум ветра» являются конечными.

Из вершины «Дополнительное увлажнение косыми дождями» направляются четыре ребра к вершинам «Увеличение коэффициента теплопроводности материала стены», «Уменьшение воздухопроницаемости стен», «Уменьшение долговечности отделки

фасадов», «Минимальные уклоны некоторых кровель из штучных материалов». Все четыре ребра и вершины являются конечными.

Из вершины «Проветривание чердаков» выходит одно ребро к вершине «Увеличение долговечности конструкций чердака», которая является конечной.

Ключевые слова: здание, вершина, влияние ветра, дерево, застройка, иерархическая структура, ориентированный граф, пространство отношений, ребро, степень вершины, структурная модель.

STRUCTURAL MODEL OF WIND INFLUENCE ON BUILDINGS AND BUILDING

Vasyl Zdanevych, Taras Kundrat, Serhii Litnitskyi, Evgen Pugachev

Based on the analysis of scientific and normative literature on construction climatology and construction physics, architectural designs the structural model of influence of wind on building and building is developed. The structure is hierarchical. It can be considered as the planar connected oriented unweighted graph.

It is revealed tops and edges of a graph. The graph contains 48 tops and 47 edges.

The top "Wind" is at the highest-level hierarchies. It has degree 16 (if to consider output edges) and degree 2 (if to consider entrance edges). Each edge leaving top "Wind" attaches the tree to top. Roots of these trees (tops - wind-influencing factors) are numbered and have such names.

- 1. Static and dynamic wind load.*
- 2. Infiltration of the cold air to the room.*
- 3. Transfer of dust and sand.*
- 4. Aeration of industrial buildings.*
- 5. Transfer of harmful impurity in air, smoke.*
- 6. Snow transfer.*
- 7. Orientation of streets and buildings.*
- 8. Device of rudder air scoops.*
- 9. Integration of electrical wind installations into the building.*
- 10. Additional moistening by slanting rain.*
- 11. Airing of attics.*
- 12. Technologies of construction works at big height.*
- 13. Organization of improvement and gardening of domestic spaces.*
- 14. Creation of draft in ventilating channel.*
- 15. Slanting hail.*
- 16. Wind noise.*

"Orientation of streets and buildings" and "The organization of improvement and gardening of domestic spaces" come out the return edges to

top two tops "Wind" as these factors of influence of wind on building can significantly change the direction and wind speed.

The top "The static and dynamic wind load" leaves three edges to tops: "The form and orientation of the building", "The wind suction" and "Breaking of elements", and from each of them on one: "Definition of materials, sections and sizes of designs", "Anchoring of elements of the roof" and "Danger to passersby" respectively.

The top "Infiltration of the cold air to the room" leaves four edges to tops: "Increase in heatlosses", "Support of frequency rate of air exchange indoors", "The device of wind-shelter layers in enclosing structures", "Protection against blowing off of seams, the device of quarters in window and doorways". "Increase in heatlosses" comes out one edge to top "Increase in thickness of heater". Other of the listed four edges are final.

The top "Transfer of dust and sand" leaves three edges to tops "Aeration of facades", "Abrasive impact on glass", "Dusting of rooms and the equipment" and "Accumulation of sand in trenches and hollows of the roof". "Abrasive impact on glass" comes out the edge in top "Reduction of natural illumination". Two more edges - final.

"Aeration of industrial buildings" comes out one edge to top "Orientation of industrial buildings" which is final.

From top "Transfer of harmful impurity in air, smoke" there are two edges: "Placement of residential zones" and "Placement and sizes of sanitary protection zones". Both edges are final, respectively - and tops.

Three edges leave top of "Snow transfer ". They go to tops of "Blizzard", "Formation of snowdrifts", "Postponement of snow on roofs, sticking of snow to designs". "Formation of snowdrifts" comes out the edge to top "Placement of entrances to buildings" - entrances to buildings place from the windward side as there before the building "the trench of blowing" is formed [10] and the entrance is not filled up with snow. Two other edges - final.

The top "Orientation of streets and buildings" leaves three edges, one of which the return - goes to top "Wind", and two others go to tops "Building airing" and "Protection against wind". The last leaves the edge to top "Wind-shelter strips" whereas previous is final.

Tops "The device of rudder air scoops", "Integration of electrical winter installations into the building", "Technologies of construction works at big height", "The organization of improvement and gardening of domestic spaces", "Creation of draft in ventilating channel ", "The slanting hail", "Wind noise" are final.

From top "Additional moistening by slanting rain" four edges to tops "Increase in the thermal conductivity of material of the wall", "Reduction of air permeability of walls", "Reduction of durability of finishing of facades", "The minimum biases of some roofs from piece materials" go. All four edges and tops are final.

"Airing of attics" comes out one edge to top "Increase in durability of

structures of the attic" which is final.

Keywords: building, top, wind influence, tree, building, hierarchical structure, oriented graph, space of relations, edge, top degree, structural model.

References

1. Antonin, Dzh. E. (1959). *Klimat i arkhitektura*. Moskva: Gosudarstvennoye izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, arkhitekture i stroitel'nym materialam [in Russian].
2. *Budivel'na klimatohiya*. (2011). DSTU-N B V.1.1-27:2010. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
3. Velikovskiy, L.B., Gulyanitskiy, V.M. & Il'nitskiy, V.M. (1976). *Arkhitektura grazhdanskikh s promyshlennykh zdaniy*. (Vol. 2). Moskva: Stroyizdat [in Russian].
4. Dubovoy, V.M. (2012) *Identyfikatsiya ta modelyuvannya tekhnolohichnykh ob'yektiv i system keruvannya*. Vinnytsya: VNTU [in Ukrainian].
5. Zavarina, M.V. (1976) *Stroitel'naya klimatologiya*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
6. Zokoley, S.V. (1984) *Arkhitekturnoye proyektirovaniye, ekspluatatsiya, ikh svyaz' s okruzhayushchey sredoy*. Moskva: Stroyizdat [in Russian].
7. Kryvenko, O.V., Tsoy, O & Havva, I. (2017). *Formoutvorenniya vysotnykh budivel' pry intehruvanni yikh v systemu zabezpechennya enerhiyi vitru*. *Tekhnichna estetyka i dyzayn*, 13, 75-80 [in Ukrainian].
8. Kruglova, A.I. (1970). *Klimat i ograzhdayushchiye konstruktсии*. Moskva: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu [in Russian].
9. Kupriyanov, V.N. (2007). *Stroitel'naya klimatologiya I fizika sredey*. Kazan': KGASU [in Russian].
10. Litskevich, V.K. & Konova, L.I. (2011). *Uchet prirodno-klimaticheskikh usloviy mestnosti v arkhitekturnom proyektirovanii*. Moskva: MARKHI [in Russian].
11. Litskevich, V.K., Makrinenko, I.V. & Obolenskiy, N.V., Osipov, A.G. & Shchepetkov, N.I. (1998). *Arkhitekturnaya fizika*. Moskva: Stroyizdat [in Russian].
12. Markus, T.A. & Morris, E.N. (1085). *Zdaniya, klimat I energiya*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
13. Ore, O. (1965). *Grafy I ikh primeneniye*. Moskva: Mir [in Russian].
14. Retter, E.I. (1984). *Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika*. Moskva: Stroyizdat [in Russian].
15. Serebrovskiy, F.L. (1971). *Aeratsiya zhiloy zastroyki*. Moskva: Stroyizdat [in Russian].
16. Tymofyeyev, M.M., Serheyчук, O.V. & Shamrina, H.V. (2014). *Kompleksna otsinka klimatychnykh umov zhytlovoyi zabudovy*. Kyiv: KNUBA [in Ukrainian].