

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Державний університет

«Київський авіаційний інститут»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПУСТОВОЙТ РУСЛАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 711.73:656.11

ДИСЕРТАЦІЯ

**ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ ТРАНСПОРТНО-
ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У СТРУКТУРІ СУЧАСНИХ АЕРОПОРТІВ**

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Р. О. Пустовойт

Науковий керівник: Степанчук Олександр Васильович

доктор технічних наук, професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Пустовойт Р. О. Інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів у структурі сучасних аеропортів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – м. Київ: «Державний університет «Київський авіаційний інститут», 2025 р.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню та вирішенню наукових завдань розвитку та формування транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), що дає можливість вирішити актуальні питання організації функціонування транспортної інфраструктури в аеропортах України. В основу роботи покладені теоретичні дослідження, які дають змогу вирішити завдання розподілу пішохідних і транспортних потоків у ТПВ на території аеропортів із мінімальними часовими витратами переміщення між зупинками та місцями обслуговування пасажирів різними видами транспорту. Робота ґрунтується на експериментально-теоретичному дослідженні закономірностей руху пішохідних потоків та можливостей їхнього розподілу на території ТПВ аеровокзальних комплексів. Також розглянуті та проаналізовані сучасні підходи і тенденції в розвитку транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів, які допомагають покращити умови руху людського і транспортного потоку та направлені на удосконалення функціонально-планувальної організації ТПВ. Оцінено наявні інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів та розглянуті способи їхньої інтеграції в структуру аеропортів.

У першому розділі дисертації проаналізовано сучасний стан транспортно-пересадочних вузлів українських аеропортів, їх функціональні та планувальні недоліки, а також вивчено закордонний досвід у цій галузі. Зокрема, ідентифіковано такі ключові проблеми ТПВ на території вітчизняних аеропортів: перевищення оптимальної пішохідної доступності між видами транспорту,

нестача прямих швидкісних транспортних сполучень у великих аеропортах, дефіцит місць для стоянки та зберігання індивідуального та пасажирського транспорту і відсутність належно облаштованих місць для зупинки та обслуговування пасажирів громадським транспортом.

У ході дослідження визначено граничну пішохідну дальність пересадки між видами транспорту, найоптимальнішу форму ділянки ТПВ, а також середній відсотковий показник площі паркінгів. На підставі проаналізованого закордонного досвіду функціонально-планувальної організації ТПВ встановлено ефективність вертикального і горизонтального функціонально-просторового планування, наявність пішохідних островів та місця стоянок громадського та приватного транспорту на території аеровокзального комплексу.

Розглянуто питання удосконалення функціонування ТПВ в аеропортах шляхом оптимізації технологічних процесів, удосконалення просторово-планувальної організації аеровокзальних комплексів та узгодження роботи пасажирського транспорту.

Другий розділ дисертації присвячено розгляду методам дослідження питань формування та розвитку транспортно-пересадочних вузлів, а також розробленню їх класифікації за різними критеріями. Також було визначено основні підходи до дослідження ТПВ: аналіз функціонування ТПВ, дослідження пасажиропотоків, сервісу та якості обслуговування, а також розміщення й кількості пересадочних вузлів. Виявлено, що методика вибору місця розташування та визначення оптимального розміру ТПВ ще потребує детального опрацювання, що обґрунтовує необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Визначено чинники, що впливають на закономірності пішохідного руху і зручність переміщення та перебування людей у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. На їх підставі розроблено модель впливу чинників за рівнем пріоритету, унаслідок чого виконано їхній розподіл за рівнями ієрархії: містобудівні чинники (перший рівень, найпріоритетніші) та транспортно-

інфраструктурні, функціонально-технологічні, чинники безпеки й комфортності, а також соціально-економічні (другий рівень).

Розглянуті та проаналізовані типології транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. Автором уперше встановлено та запропоновано загальну класифікацію транспортно-пересадочних вузлів на базі аеропортового комплексу за функціонально-планувальною організацією та формою привокзальної площі. Удосконалено наявну класифікацію транспортно-пересадочних вузлів.

На підставі дослідження ділянок транспортно-пересадочних вузлів визначено складові зони їх території: транспортно-пішохідну зону, резервну зону (за наявності) та зону архітектурних споруд (за наявності). Також визначено структуру головної транспортно-пішохідної зони: пішохідна територія, зона паркування, зона озеленення та зона автомобільних доріг.

У третьому розділі дисертації вивченно особливості пішохідного руху та взаємозв'язки параметрів транспортно-пересадочних вузлів на території аеровокзальних комплексів. У процесі експериментальних і теоретичних досліджень проаналізовано площі горизонтальних проєкцій людей з багажем та людей з інвалідністю. Також визначено мінімально допустиму ширину пішохідних зон для забезпечення комфортного переміщення пасажирів з багажем, для одностороннього та двостороннього руху. На підставі експериментальних досліджень встановлено показник щільності комфортного руху пасажирів та максимальну щільність пішохідних потоків у ТПВ.

За результатами кореляційного аналізу розроблено регресійні моделі, які описують залежності між загальною площею ТПВ, довжиною фронту висадки-посадки пасажирів, щільністю пішохідного потоку, розміром автобусних стоянок і річним пасажиропотоком аеропортів. Виявлено, що коефіцієнти кореляції підтверджують їх високу точність і практичну значущість.

Проаналізовано використання транспортних засобів пасажирами різних аеропортів у світі.

Автором визначені та запропоновані ефективні методи оптимізації та вдосконалення функціонально-планувальної організації ТПВ, розроблені моделі руху людського потоку, зважаючи на площі горизонтальних проєкцій пасажирів з багажем.

Четвертий розділ дисертації присвячено розробленню методів розрахунку параметрів пішохідних зон і транспортних потоків у транспортно-пересадочних вузлах на території аеровокзальних комплексів. Обґрунтовано систему заходів щодо підвищення ефективного функціонування транспортно-пересадочних вузлів, що передбачає врахування пасажирських і транспортних потоків.

Удосконалено методологічні підходи до розрахунку площ функціональних зон транспортно-пересадочних вузлів. Запропоновано нові комплексні підходи до проєктування та реконструкції ТПВ із урахуванням людського потоку на території аеровокзальних комплексів, які сприятимуть ефективному використанню території аеропорту. Подані методики допомагають розраховувати добовий людський потік аеропорту, середній час перебування людей у пішохідній зоні та необхідну площу для комфортного руху пасажирів. Розроблені моделі враховують специфіку кожного аеропорту, включно зі щільністю людського потоку, швидкістю руху пішоходів і зоною затримки.

Розроблено математичні моделі щодо розрахунку кількості паркувальних місць для приватних автомобілів, таксі й громадських автобусів залежно від добового пасажиропотоку аеропорту, часу перебування транспорту на стоянках та частки різних видів використовуваного транспорту. Запропоновані рекомендації щодо створення умов, які дають можливість задовольнити потреби пасажирів, зменшити часові затримки, підвищити безпеку та загальну ефективність функціонування аеропорту.

Розроблено і теоретично обґрунтовано підхід побудови моделі оцінювання загальної площі транспортної зони, необхідної для зон паркування, що враховує не лише стоянки, а й додаткові зони для проїздів і маневрування. Запропонована модель забезпечує умови використання комплексного підходу до планування та

управління транспортними потоками, що підвищує комфорт і зручність для всіх користувачів аеропорту, включно з пасажирями, працівниками та особами, які супроводжують та зустрічають.

Автором визначені та охарактеризовані методи підвищення ефективності використання території транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах, що є підґрунтям для подальших теоретичних і прикладних досліджень, спрямованих на оптимізацію розподілу території між різними функціональними зонами, скорочення затримок, оптимізацію витрат на будівництво й експлуатацію ТПВ та забезпечення ефективного функціонування ТПВ загалом. Запропоновано модифіковану модель урахування площ функціональних зон ТПВ аеропорту, яка дає можливість раціонально розподілити простір між пішохідними, транспортними зонами та зонами стоянок транспортних засобів, зважаючи на пасажиропотоки, щільність потоків і обмеження території.

Удосконалено рекомендації з визначення функціонального зонування та раціонального використання території транспортно-пересадочних вузлів для підвищення ефективності обслуговування пасажирів в аеропортах. Отримали подальший розвиток рекомендації щодо функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол (ТПВ), аеропорт, аеровокзальний комплекс, привокзальна площа, пішохідний потік, транспортний потік, пішохідний рух, транспортна інфраструктура, інженерно-планувальні рішення, функціональне зонування, транспортний засіб, громадський транспорт, організація пішохідного руху, пропускна здатність, пішохід.

ABSTRACT

Ruslan Pustovoi. Engineering and planning solutions of transport interchange hubs in the structure of modern airports. – Manuscript copyright.

The thesis is submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D) in the field of knowledge 19 "Architecture and Construction" in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering". – Kyiv: «State University «Kyiv Aviation Institute», 2025.

The dissertation work is devoted to the issues of relevance of research and solution of scientific tasks of development and formation of transport interchange hubs (TIH), which allows to solve the issue of organization of functioning of transport infrastructure at airports of Ukraine. The work is based on theoretical research, which allows to solve the problems of distribution of pedestrian and transport flows in TIHs on the territory of airports with minimal time costs when moving between stops and passenger service points by various modes of transport. The work is based on experimental and theoretical research of patterns of movement of pedestrian flows and possibilities of their distribution on the territory of TIHs of airport terminal complexes. The work considers and analyzes modern approaches and trends in development of transport interchange hubs in the structure of airports, which allow to improve conditions of movement of human and transport flow and are aimed at improving the functional and planning organization of TIHs. Also, existing engineering and planning solutions of TIHs are evaluated and ways of their integration into the structure of airports are considered.

The first section of the dissertation is devoted to the analysis of the current state of transport interchange hubs of Ukrainian airports, their functional and planning shortcomings, as well as the study of foreign experience in this area. In particular, the following key problems of TIHs on the territory of domestic airports were identified: exceeding the optimal pedestrian accessibility between modes of transport, lack of direct high-speed transport connections at large airports, shortage of parking spaces and storage of individual and passenger transport and lack of properly arranged places for stopping and servicing passengers by public transport.

During the study, the maximum pedestrian distance of the transfer between modes of transport, the most optimal shape of the TIH site, as well as the average percentage of the parking area were determined. Based on the analyzed foreign

experience of the functional and planning organization of TIHs, the effectiveness of vertical and horizontal functional and spatial planning, the presence of pedestrian islands and parking spaces for public and private transport on the territory of the airport terminal complex were established.

The issue of improving the functioning of the TIHs at airports by optimizing technological processes, improving the spatial planning organization of airport complexes and coordinating the work of passenger transport is considered.

The second section of the dissertation is devoted to the analysis of methods for studying the formation and development of transport interchange hubs, as well as the development of their classification according to various criteria. In the process of work, the main approaches to studying of TIHs were identified: analysis functioning of TIH, research of passenger flows, service and quality of service, as well as the location and number of interchange hubs. It was found that the methodology for choosing a location and determining the optimal size of TIHs still requires detailed study, which justifies the need for further research in this direction.

Factors that influence the patterns of pedestrian traffic and the convenience of moving and staying people in transport interchange hubs at the airport are identified. On their basis, a model of the influence of factors according to their priority level was developed, as a result of which their division was carried out by hierarchy levels: urban planning factors (first level, the highest priority) and transport and infrastructure, functional and technological, safety and comfort factors, as well as socio-economic (second level).

The typologies of transport interchange hubs on the territory of airports were considered and analyzed. The author first established and proposed a general classification of transport interchange hubs on the territory of the airport complex according to the functional and planning organization and the shape of the station area. The existing classification of transport interchange hubs was improved.

Based on the study of the areas of transport interchange hubs, the component zones of their territory were determined: transport and pedestrian zone, reserve zone

(if any) and zone of architectural structures (if any). The structure of the main transport and pedestrian zone has also been determined: a pedestrian area, a parking area, a greening area, and a road zone.

The third section of the dissertation is devoted to the study of the features of pedestrian traffic and the relationships between the parameters of transport interchange hubs on the territory of airport complexes. In the process of experimental and theoretical research, an analysis of the areas of horizontal projections of people with luggage and people with disabilities was carried out. In the course of the work, the minimum permissible width of pedestrian zones was determined to ensure comfortable movement of passengers with luggage, for one-way and two-way traffic. Based on experimental research, an indicator of the density of comfortable passenger traffic and the maximum density of pedestrian flows in the TIH were established.

Based on the results of the correlation analysis, regression models were developed that describe the dependence between the total area of the TIH, the length of the passenger disembarkation front, the density of the pedestrian flow, the size of bus stops and the annual passenger flow of airports. It was found that the correlation coefficients confirm their high accuracy and practical significance.

The use of vehicles by passengers of various airports in the world was analyzed.

The author has identified and proposed effective methods for optimizing and improving the functional planning organization of TIHs, developed models of human flow movement taking into account the areas of horizontal projections of passengers with luggage.

The fourth section of the dissertation is devoted to the development of methods for calculating the parameters of pedestrian zones and transport flows in transport interchange hubs on the territory of airport terminal complexes. A system of measures to increase the effective functioning of transport interchange hubs, which involves taking into account passenger and transport flows, is substantiated.

Methodological approaches to calculating the areas of functional zones of transport interchange hubs are improved. New comprehensive approaches to the design

and reconstruction of TIHs taking into account human flow on the territory of airport terminal complexes are proposed, which will contribute to the effective use of the airport territory. The proposed methods allow calculating the daily human flow of the airport, the average time of people staying in the pedestrian zone and the area required for comfortable passenger movement. The developed models take into account the specifics of each airport, including the density of human traffic, pedestrian speed and delay zones.

Mathematical models have been developed to calculate the number of parking spaces for private cars, taxis and public buses depending on the daily passenger flow of the airport, the time of transport in the parking lots and the share of different types of transport used. Recommendations have been proposed to create conditions that allow meeting the needs of passengers, minimizing time delays, increasing safety and overall efficiency of the airport.

A theoretically justified approach to building a model for estimating the total area of the transport zone required for parking zones has been developed and is taking into account not only parking lots, but also additional areas for passage and maneuvering. The proposed model provides the conditions for using an integrated approach to planning and managing transport flows, increasing comfort and convenience for all airport users, including passengers, employees and accompanying and meeting persons.

The author has identified and characterized methods for increasing the efficiency of using the territory of transport interchange hubs at airports, which is the basis for further theoretical and applied research aimed at optimizing the distribution of the territory between different functional zones, minimizing delays, optimizing the costs of construction and operation of the TIH, and ensuring the effective functioning of the TIH as a whole. A modified model for accounting for the areas of functional zones of the TIH at airport is proposed, which allows for rational distribution of space between pedestrian, transport and vehicle parking zones, taking into account passenger flows, flow density and territory restrictions.

Recommendations for determining functional zoning and rational use of the territory of transport interchange hubs to increase the efficiency of passenger service at airports have been improved. Recommendations on the functional and spatial organization of transport interchange hubs at airports have been further developed.

Keywords: transport interchange hub (TIH), airport, terminal complex, station square, pedestrian flow, transport flow, pedestrian traffic, transport infrastructure, engineering and planning solutions, functional zoning, vehicle, public transport, organization of pedestrian traffic, capacity, pedestrian.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні результати дисертації

1. Пустовойт Р. О. Практичний досвід організації транспортного сполучення міста та аеропорту та його вплив на формування транспортно-пересадочних вузлів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 25. С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.25.16786>. (Index Copernicus, Google Scholar).

2. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.11>. (Index Copernicus, Google Scholar).

3. Пустовойт Р. О. Планувальні рішення зупиночних пунктів транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2023. № 27. С. 83–92. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.27.11>. (Index Copernicus, Google Scholar).

4. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Визначення оптимальної ширини пішохідної зони на території аеровокзальних комплексів. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 1(3). С. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.6>. (Google Scholar).

5. Пустовойт Р. О. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 2(4). С. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.4.9>. (Google Scholar).

6. Stepanchuk O., Timkina S., Pustovoit R., Vyshnevskaya A. (2025). Analysis of Factors Influencing the Reduction of Road Transport Emissions in the Urban Environment. In: Prentkovskis O., Yatskiv (Jackiva) I., Skačkauskas P., Stosiak M., Karpenko M. *TRANSBALTICA XV: Transportation Science and Technology*.

TRANSBALTICA 2024. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. pp 507-515. (Scopus).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Світовий досвід функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах. *Архітектура та екологія: матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Київ, 9-11 листоп. 2021 р. Київ, 2021. С. 188–190. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/53743>.

8. Пустовойт Р. О. Сучасний стан та перспективи розвитку функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів м. Києва. *Політ. Сучасні проблеми науки: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених*, м. Київ, 5–7 квіт. 2022 р. Київ, 2022. С. 84–85. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/54793>.

9. Пустовойт Р. О. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології: матеріали X Всесвіт. конгрес.* м. Київ, 28–30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.8–9.1.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8555/7133>.

10. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Політ. Сучасні проблеми науки: матеріали XXIII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених*, м. Київ, 4–7 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 84–85. URL: https://gis.nau.edu.ua/sites/default/files/conf/polit/2023/%D0%A2%D0%95%D0%97%D0%98%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%86%D0%A2_2023.pdf.

11. Пустовойт Р. О. Методики дослідження в області формування, розвитку та функціонування ТПВ. *ABIA-2023: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф.* м.

Київ, 18–20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.8–20.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9251/7710>.

12. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали XVI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Вінниця, 23 – 25 жовт. 2023 р. Вінниця, 2023. С. 303 – 305. URL: https://atm.vntu.edu.ua/konf/Zbirnyk_STPR_AT_2023.pdf.

13. Пустовойт Р. О. Визначення пішохідних відстаней при пересадці між видами транспорту в пересадочних вузлах українських аеропортів. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 2–5 квіт. 2024 р. Київ, 2024. С. 293–294. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zb_tex_Polit_24_cc.pdf.

14. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Закордонна практика використання залізничного транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 26-28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 66–68. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Stal_Rozv_Tez_24_c.pdf.

15. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Прикладні науково-технічні дослідження*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Івано-Франківськ, 14–16 трав. 2024 р. Івано-Франківськ, 2024. С. 224–225. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/05/conf2024.pdf>.

16. Пустовойт Р. О., Хлюпін О. А., Степанчук О. В. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали XI Всесвіт. конгрес. м. Київ, 25–27 верес. 2024 р. Київ, 2024.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ.....	12
1.1. Сучасний стан та особливості розвитку транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів України.....	12
1.2. Науково-теоретичний та практичний досвід функціонально-планувальної організації транспортно-пересадочних вузлів у закордонних аеропортах	25
1.3. Актуальні завдання удосконалення функціонування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах.....	38
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ.....	47
2.1. Загальні методи та методика дослідження в області формування, розвитку та функціонування транспортно - пересадочних вузлів	47
2.2. Чинники, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.....	58
2.3. Типи та класифікація транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.....	70
2.4. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.....	82
Висновки до розділу 2	96
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	98
3.1. Обстеження та обґрунтування умов та особливостей пішохідного руху на території аеровокзальних комплексів	98
3.2. Аналіз результатів експериментальних досліджень щодо особливостей функціонування транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.....	115

3.3. Дослідження розподілу доступу пасажирів до аеропорту за видами транспорту.....	124
Висновки до розділу 3	134
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПЛОЩ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТІВ	136
4.1. Методи та прийоми розрахунку пішохідних зон у транспортно-пересадочних вузлах.....	136
4.2. Методи та прийоми розрахунку транспортної зони в транспортно-пересадочних вузлах	139
4.3. Оптимізація використання площ функціональних зон транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів.....	147
Висновки до розділу 4	150
ВИСНОВКИ.....	152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	155
ДОДАТКИ.....	168

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АК – аеровокзальний комплекс

ГТ – громадський транспорт

ЗГТ – зупинка громадського транспорту

ЗП – зупинковий пункт

ІПР – інженерно-планувальні рішення

ПП – привокзальна площа

ПТ – приватний транспорт

ТЗ – транспортний засіб

ТП – транспортний потік

ФПО – функціонально-планувальна організація

ВСТУП

На сьогодні авіаційному транспорту України притаманний розвиток мультимодальних транспортних технологій та інфраструктурних комплексів під різні види транспорту. Крім того, стрімкий розвиток аеропортів уповільнює удосконалення маршрутної мережі авіакомпаній, які користуються послугами аеропорту. Що, своєю чергою, призводить до відсутності налагодженої координованої системи руху на території аеропортів, між самими аеропортами, аеропортом та населеним пунктом в обслуговуванні пасажиропотоків. Тому першочерговими проблемами, які потребують розв'язання є: значні витрати часу на пересадки пасажирів з одного транспорту на інший; перешкоди руху між транспортним та пасажирським потоком перед аеровокзальною площею аеропорту; низький рівень пасажирських перевезень на території аеропорту, невисокий рівень перевезень з території аеропорту до населеного пункту, проблема паркомісць на території аеропортів, відсутність комплексного підходу до забезпечення швидкісного наземного транспортного сполучення між аеропортами та населеними пунктами.

Проблеми організації руху з пішохідними і транспортними потоками на території аеропортів і поза їх межами можливо вирішити завдяки транспортно-пересадочним вузлам. Раціональне розміщення і формування ТПВ дасть можливість оптимізувати пасажирське переміщення на території аеропортів, скоротити час поїздки з привокзальної площі до населеного пункту, розв'язати проблему з паркувальними місцями на території аеровокзалу, забезпечити швидку і безпечну пересадку з одного виду транспорту на інший. Необхідність удосконалення умов функціонування транспортно-пересадочних вузлів зумовлена можливістю створення ефективної організації переміщення пасажирів на території аеропортів.

Актуальність цього дисертаційного дослідження викликана необхідністю розроблення методичних і практичних рекомендацій щодо функціонально-просторової організації території аеровокзалу з розміщенням та формуванням

ТПВ для комфортного переміщення пасажирів та координації їх маршрутів різними видами транспорту. Тому існує необхідність розглядати транспортно-пересадочні вузли в системі комплексу аеровокзалу на території аеропорту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дослідження виконувались в рамках науково-дослідних робіт, які була проведені кафедрою реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету: державний обліковий номер: 0224U000611, науково-технічна робота («Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Національного авіаційного університету»), науково-технічна продукція («Розроблення проекту Програми сертифікації КБПС М7-В5 «Небесний патруль» та алгоритму отримання Сертифікату типу КБПС М7-В5» та «Розроблення методичних рекомендацій щодо оцінки стану та відновлення несучої спроможності жорстких та нежорстких аеродромних покриттів та аеродромних конструкцій, які були пошкоджені в результаті бойових дій»)

Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з реалізацією «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430-р) та «Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року», яка була затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 126.

Мета дослідження:

Розроблення інженерно-планувальних рішень транспортно-пересадочних вузлів у структурі сучасних аеропортів, зважаючи на підвищення ефективності транспортного обслуговування пасажирів, покращення функціональної взаємодії транспортних систем та раціонального використання просторових ресурсів.

Основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні підходи та тенденції у розвитку транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів, з огляду на міжнародний досвід і вимоги щодо інтеграції різних видів транспорту.

2. Оцінити наявні інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів, розглянути способи їхньої інтеграції з іншими видами транспорту.

3. Дослідити чинники, які впливають на закономірності пішохідного руху і зручність переміщення та перебування людей у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів.

4. Розробити оптимізаційні моделі та критерії оцінювання ефективності інженерно-планувальних рішень для транспортно-пересадочних вузлів, беручи до уваги такі чинники, як: пропускна спроможність, зручність пересадок і раціональне використання території.

5. Розробити рекомендації з покращення інженерно-планувальних рішень транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів.

Об'єкт дослідження: функціонування транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.

Предмет дослідження: інженерно-планувальні рішення, які забезпечують ефективне функціонування транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів.

Методи дослідження. Для розроблення теоретичних основ формування та розвитку транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів застосовано методи узагальнення, абстрагування, а також розглянуто літературні та електронні джерела, порівняльний і критичний аналіз. Для формалізації об'єкта дослідження використано системний підхід та методи математичного моделювання. Під час розроблення моделі об'єкта дослідження використано методи імітаційного та графоаналітичного моделювання функціонально-просторової організації ТПВ. Застосовано метод експериментального

проектування для апробації висунутих теоретичних положень і створення проектів транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів.

Наукова новизна одержаних результатів

Уперше:

– запропоновано нові підходи до розрахунку та визначення параметрів функціональних зон транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів, які ґрунтуються на аналізі кількісних та якісних показників пасажирських та транспортних потоків;

– запропоновано модифіковану модель врахування площ функціональних зон ТПВ аеропорту, яка дає можливість зменшити конфлікти між пішоходами та транспортом, покращує зручність пересування пасажирів, забезпечує раціональне використання простору та оптимізує витрати на будівництво й експлуатацію;

Удосконалено:

– наявну класифікацію транспортно-пересадочних вузлів аеропортів, зважаючи на сучасні вимоги до умов організації обслуговування пасажирів;

– систему заходів інженерно-планувальної організації ТПВ аеропортів, яка спрямована на оптимізацію взаємодії між видами транспорту, скорочення часу переміщення людей, підвищення безпеки та загальної ефективності функціонування аеропорту.

Отримали подальший розвиток:

– методи проектування та розрахунку параметрів транспортно-пересадочних вузлів, які забезпечують ефективний розподіл території між функціональними зонами ТПВ, що дає змогу адаптувати інженерно-планувальні рішення до специфіки аеропортів України, зважаючи на зростаючі обсяги пасажиропотоків та сучасні стандарти сталого розвитку.

Практичне значення одержаних результатів. Основні наукові положення дисертації – визначені чинники впливу на формування і розвиток транспортно-пересадочних вузлів, їх моделі, загальні засади їх розвитку та

спеціальні принципи і прийоми їх функціонально-просторової організації можуть бути використані у наступних дослідженнях; практичні результати – рекомендації щодо функціонально-просторової організації нових та реконструкції наявних транспортно-пересадочних вузлів – під час розроблення генеральних та детальних планів аеропортів України. Запропонована класифікація транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів може бути використана для удосконалення державних будівельних норм України.

Отримані результати дисертаційної роботи були використані:

Товариством з обмеженою відповідальністю «Європейська дорожньо-будівельна компанія» під час розроблення та вдосконалення пропозицій щодо функціонального розподілу території транспортно-пересадочних вузлів у великих та найбільших містах, зокрема, було застосовано методика розрахунку оптимальних геометричних параметрів пішохідної та транспортної зон у процесі проектування транспортно-пересадочних вузлів.

Основні положення та результати роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі інфраструктури авіаційного транспорту факультету наземних споруд і аеродромів «Державного університету «Київський авіаційний інститут» під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи впроваджені автором самостійно. Авторські розробки та ключові положення дисертації відображені в публікаціях автора (додатки А, Б). Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві: обґрунтовані типи зупинок маршрутного транспорту залежно від геометричних характеристик наявних вулиць та інтенсивності транспортного потоку й пасажиропотоку [2]; запропоновано методика визначення ширини ділянки руху пасажирів з багажем, з врахуванням площі горизонтальної проєкції людини [4]; проаналізовано особливості функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах різних країн світу [7]; визначено чинники, які впливають на

формування функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів аеропортів [10]; узагальнено чинники, що впливають на інженерно-планувальну організацію транспортно-пересадочних вузлів [12]; проаналізовано закордонний досвід щодо використання залізничного транспорту в ТПВ аеропортів та виявлено його вплив на формування інтегрованого транспортного вузла [14]; встановлено території ТПВ з наступним визначенням їхнього зонування [15]; визначено структуру транспортно-пересадочних вузлів, яка може складатися із трьох зон [16].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались і обговорювались на десяти науково-практичних конференціях (додаток Б) у провідних вищих навчальних закладах України, а саме:

1. На міжнародних науково-практичних конференціях «Архітектура та екологія. Проблеми міського середовища». Київ, (НАУ), XII (2021).
2. На всесвітньому конгресі «Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології». Київ, (НАУ), X (2022), XI (2024).
3. На міжнародних науково-практичних конференціях здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки». Київ, (НАУ), XXII (2022), XXIII (2023), XXIV (2024).
4. На всеукраїнській науково-практичній конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення». Київ, (НАУ), I (2024).
5. На міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту». Вінниця, (ВНТУ), XVI (2023).
6. На міжнародній науково-технічній конференції «АВІА-2023». Київ, (НАУ), XVI (2023).
7. На міжнародній науково-технічній конференції «Прикладні науково-технічні дослідження». Івано-Франківськ, (АТНУ), VI (2024).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження викладено у 16-и наукових працях, які опубліковані самостійно та у співавторстві: 5 статей у фахових збірниках України, із них: 3 публікації є одноосібними, 2 – у співавторстві; 1 стаття у виданні, яка входить до наукометричних баз даних (Scopus) та 10 публікацій – у матеріалах міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 217 сторінок друкованого тексту, з них анотація – на 10-и сторінках, зміст – на 2-х сторінках, основний текст – на 144-х сторінках, список із 111 використаних джерел – на 13 сторінках, додатки – на 38-и сторінках. Дисертація містить 50 рисунків та 40 таблиць.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ

1.1. Сучасний стан та особливості розвитку транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів України

Після проголошення незалежності 1991 року, в Україні налічувалося 50 цивільних аеропортів. За роки незалежності були частково втрачені (занедбані з різних причин) більшість аеропортів. Проте станом на 20-ті роки ХХІ століття українська авіатранспортна система виділяє 16 ключових пасажирських аеропортів (додаток В). Нині в Україні можна виокремити 7 найбільших міжнародних вузлів (пасажиропотік понад 100 тис. осіб на рік) з функціонуючих зараз 16-и аеропортів (рис. 1.1).

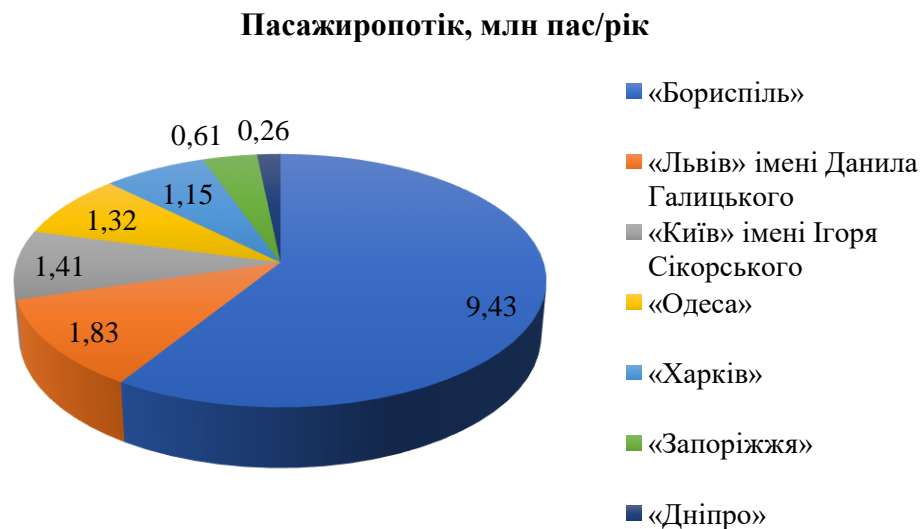


Рис.1.1. Пасажиропотік найбільших міжнародних аеропортів України за 2021 р.

Проаналізувавши дані, можна зробити висновок, що з 2019 по 2021 відбулося значне зниження пасажиропотоку. Особливо в 2020 р. – через пандемію загальний пасажиропотік усіх аеропортів знизився на 64 % – до 8,7 млн осіб. «Бориспіль» обслужив лише 5,2 млн пасажирів, інші аеропорти – менше мільйона [1]. Цьому стали причиною такі чинники:

- воєнні дії на території України;
- міжрегіональні конфлікти;
- дестабілізація політичного та економічного стану у країні;
- зменшення зацікавленості іноземних туристів, в зв'язку з нестабільною ситуацією всередині країни;
- недостатнє фінансування авіаційної та туристичної галузей з боку держави.

Така тенденція відбувалася і у 2014 р. через політичну ситуацію (Революцію гідності) та воєнні дії всередині країни. Варто зазначити, що після окупації АР Крим, Донецької та Луганської областей у 2014 р., такі важливі міжнародні аеропорти, як «Донецьк», «Сімферополь» та «Луганськ» припинили функціонувати.

Нині лєвова частка пасажиропотоку України (близько 98 %) сконцентрована в семи провідних міжнародних аеропортах – «Бориспіль», «Київ» (Жуляни), «Одеса», «Львів», «Харків», «Дніпро» та «Запоріжжя». Явним лідером пасажиропотоку є аеропорт «Бориспіль», який обслуговує до 10-и млн пасажирів. Аеропорт «Бориспіль» є одним із лідерів (за результатами 2016 року) в рейтингу аеропортів Європи за класифікацією ACI Europe (Міжнародна рада аеропортів). У 2017 р. аеропорт «Бориспіль» посів третє місце серед аеропортів, які щорічно обслуговують від 5 до 10 млн пасажирів [2].

Аеропорт «Київ» (Жуляни) за 2010–2020 рр. зазнав позитивних інфраструктурних змін: розширено основні термінали «А» та «D», створено галерею між цими терміналами, збільшилися зони паркування, введено систему автоматичного паркування автомобілів [3]. Міжнародні аеропорти «Харків», «Львів» та «Одеса» входять до четвірки успішних аеропортів України після «Борисполя». Їхня динаміка локального зростання в 30–40 % пасажиропотоку є результатом будівельних та реконструкційних робіт, що дасть можливість збільшити пропускну спроможність аеропортів [4].

Міжнародний аеропорт «Запоріжжя» також зазнав реконструкційних змін. 19 жовтня 2020 року відбулося відкриття нового терміналу для обслуговування пасажирів [5].

Аеропорт «Дніпро» є одним з найстаріших аеропортів України. 2007 року розпочалося розроблення проекту розвитку аеропорту, в тому числі будівництво нового терміналу [6].

Проаналізувавши провідні аеропорти України, можна констатувати, що до початку повномасштабного вторгнення вітчизняні аеропорти показували позитивну динаміку з підвищенням пасажирських перевезень авіаційним транспортом. Наразі важливе значення має відкриття нових внутрішніх авіарейсів, які дають змогу перерозподілити пасажиропотоки із вже не діючих аеропортів («Сімферополь», «Донецьк» та «Луганськ») до функціонуючих. Це б допомогло підвищити їх рентабельність, створити нові пункти (термінали) обслуговування пасажирів на території аеропорту та покращити умови функціонування аеропортів до міжнародних стандартів.

Вирішальний вплив на усі позитивні зміни в авіаційній інфраструктурі відбувся внаслідок прийняття «Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року», яка була затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 126. Але досягти очікуваних результатів ефективності програми повністю не вдалося через пандемію COVID-19 та воєнне повномасштабне вторгнення на територію України.

Одночасно із процесами розвитку та будівництва аеропортів виникають проблеми їхнього функціонування, а саме: віддаленість аеропорту від населеного пункту, що призводить до збільшення кількості громадського пасажирського та легкового транспорту, різноманітності видів та розмірів транспортних засобів на території аеровокзальних комплексів (табл. 1.1); збільшення витрат часу на пересадку пасажирів з одного виду транспорту на інший; складність у організації пішохідного та автомобільного руху на аеровокзальних площах.

Таблиця 1.1

**Віддаленість аеропортів України від міста та види транспортних засобів,
що його обслуговують**

№ з/п	Аеропорт	Річний пасажиропотік, млн осіб (2019)	Транспортне сполучення до аеропорту	Відстань від центру міста, км
1	«Бориспіль»	15,26	Залізничне сполучення (Kyiv Boryspil Express), автобуси, маршрутне таксі	29
2	«Київ»	2,61	Автобус, тролейбус, маршрутне таксі	8
3	«Львів»	2,21	Автобус, тролейбус, маршрутне таксі	7
4	«Одеса»	1,69	Автобус, тролейбус, маршрутне таксі	7,5
5	«Харків»	1,34	Автобус, тролейбус, маршрутне таксі	12
6	«Запоріжжя»	0,43	Автобус, маршрутне таксі	15
7	«Дніпро»	0,33	Автобус, маршрутне таксі	15
8	«Херсон»	0,15	Автобус, маршрутне таксі	22
9	«Івано-Франківськ»	0,10	Автобус, маршрутне таксі	4,4
10	«Миколаїв»	0,022	Автобус, маршрутне таксі	13
11	«Чернівці»	0,076	Автобус, маршрутне таксі	3
12	«Ужгород»	0,002	Автобус, маршрутне таксі	3
13	«Кривий Ріг»	0,021	Автобус, маршрутне таксі	20
14	«Рівне»	0,011	Автобус, маршрутне таксі	4
15	«Вінниця»	0,040	Автобус, маршрутне таксі	10
16	«Полтава»	0,005	Автобус, маршрутне таксі	7

Беручи до уваги межі дослідження, варто акцентувати увагу на проблемах, пов'язаних з обслуговуванням пасажирів на території аеровокзальних комплексів. Вони виникають унаслідок нераціонально запроектованих ділянок для пересадки пасажирів, які зумовлюють збільшення пішохідної доступності між видами транспорту та некомфортність переміщення пасажирів у межах транспортно-пересадочного вузла (ТПВ) (на території привокзальної площі) (рис. 1.2).

Найважливішим аспектом є створення та забезпечення умов комфортної та швидкої пересадки між видами транспорту. Ці критерії забезпечуються шляхом оптимізації показника граничної дальності переміщення під час пересадки. Відстані між зупинками громадського транспорту (ЗГТ), кількість та особливості розміщення місць для стоянки приватного транспорту, способи та умови забезпечення пішохідного руху значно впливають на визначення розмірів та

форми транспортно-пересадочного вузла. Тому вивчення та дослідження закономірностей та особливостей пішохідного і транспортного руху є першочерговим завданням для встановлення оптимальних розмірів габаритів ТПВ.

У нормативному документі ДБН Б.2.2-12:2019 зазначено, що транспортно-пересадочний вузол (ТПВ) – це елемент планувальної структури найкрупнішого, крупного або великого міста, що виконує функцію розподілу пасажиропотоків під час здійснення пересадки між різними видами зовнішнього та внутрішнього транспорту або між маршрутами одного чи різних видів внутрішнього пасажирського транспорту [7, ст. 71].

Інакше кажучи, це сукупність зупинкових пунктів наземного та швидкісного пасажирського транспорту, розміщених у зоні пішохідної доступності один від одного на привокзальній площі (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Зупинка перед терміналом «F» аеропорту «Бориспіль»

Звузивши межі дослідження до території транспортно-пересадочного вузла, визначимо його місце в структурі аеропорту. За Повітряним кодексом України, до складу аеропорту входять аеровокзал, аеродром та інші наземні споруди, а також необхідне обладнання. Загалом територію аеропорту можна поділити на службово-технічну та аеродромну зони. Службово-технічна територія містить аеровокзальний комплекс та адміністративно-виробничі будівлі. Аеродром містить злітно-посадкові смуги, рульові доріжки, місця

стоянок повітряних суден. Своєю чергою, аеровокзальний комплекс має привокзальну площу (ПП), перон та, власне, сам аеровокзал (пасажирський термінал). ПП аеропорту – це територія, на якій здійснюється організація транспортних та пішохідних потоків з маневруванням усіх видів транспортних засобів, що перевозять авіапасажирів, відвідувачів і працівників аеропорту. Оскільки привокзальна площа і транспортно-пересадочний вузол виконують одну й ту саму функцію з розподілення пасажирських і транспортних потоків, то ці два терміни можна вважати тотожними до використання. Отже, констатуємо, що ТПВ входить до складу аеровокзального комплексу аеропорту (рис. 1.3).

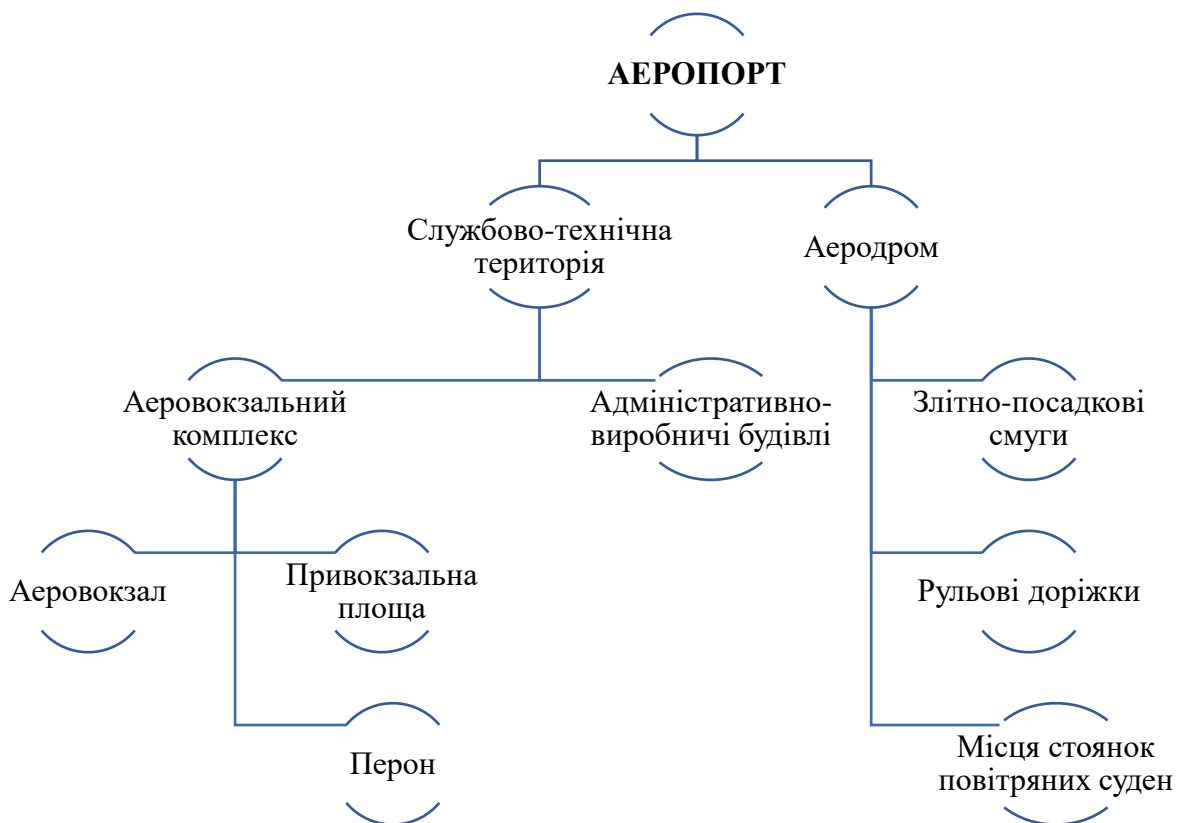


Рис. 1.3. Структура аеропорту

В українській практиці аеропортобудування є не багато прикладів функціонування транспортних вузлів на території аеропортів. Найбільший аеропорт України «Бориспіль» має функціонуючий транспортний інтермодальний вузол, під'єднаний до залізниці (Kyiv Boryspil Express). Термінал «D» обслуговує основні наземні транспортні та пасажирські потоки у

різних рівнях (виліт та приліт) з прилеглою привокзальною площею (додаток Г), що допомагає пасажиром дістатися міста без зайвих пересадок. Поряд із залізничною станцією «Бориспіль-аеропорт», у районі термінала «D» розташована автобусна зупинка та короткострокові й довгострокові паркувальні місця [8]. Загалом транспортний хаб аеропорту «Бориспіль» являє собою комплекс різноманітних видів транспортних засобів (швидкісний поїзд, приміський автобус та маршрутне таксі).

Перспектива розвитку функціонально-просторової організації транспортного вузла аеропорту має на меті запровадити електротранспортне сполучення для перевезення пасажирів до та від аеропорту «Бориспіль» з розміщенням посадкової платформи на привокзальній площі, поблизу термінала «D».

Унаслідок проведеного аналізу території аеропорту «Бориспіль» виявлено, що більшість площі території транспортно-пересадочних вузлів займають виділені місця для стоянки легкового автомобільного транспорту.

Аналіз привокзальних площ аеропорту «Бориспіль» (додаток Г) показав, що співвідношення площ паркінгів до території привокзальних площ є приблизно однаковим, що свідчить про рівнозначну доступність пішохідних і транспортних потоків. Так, наприклад, привокзальна площа термінала «F» має відсоткове відношення паркінгів до території привокзальної площі 50/50 %, а привокзальна площа термінала «B» – 46/54 %. ПП термінала «D» має дещо інші показники 69/31 % (відношення площ паркінгів до території привокзальної площі). Частка площі паркувальних місць біля термінала «D» значно більша, завдяки чотириповерховому відкритому паркінгу на 2000 машино-місць, який економить використання території транспортно-пересадочного вузла.

Одним із найбільших за пасажиропотоком аеропортом України є аеропорт «Київ-Жуляни». Аеропорт має не раціональне територіальне розташування, оскільки розташовується на відстані близько 8 км від центральної частини міста. Ця локація не рекомендована щодо житлової забудови навколо аеропорту.

Транспортне сполучення до аеропорту забезпечується автобусом, тролейбусом та маршрутним таксі. На недосконалість транспортного обслуговування аеропорту вказує відсутність прямого швидкісного пасажирського транспортного сполучення з основними міськими транспортними вузлами (залізничний вокзал, автовокзал, центр міста) [9].

Проаналізувавши аеровокзальний комплекс аеропорту «Київ» імені Ігоря Сікорського (додаток Г), можна стверджувати про рівнозначність площ території паркінгів до ділянки привокзальної площі терміналу «А», яка становить 50/50 %. Перспектива розвитку аеропорту «Київ» показує, що в майбутньому можлива поява четвертої гілки Київського метрополітену від аеропорту до житлового масиву «Троєщина» [10]. Поряд з метром є задум запровадження прямого електропоїзду до аеропорту та створення пересадочного вузла в комплексі аеропорту «Київ» (Жуляни).

Такі провідні українські аеропорти-мільйонники, як «Львів», «Одеса», «Харків», мають приблизно рівнозначні площі паркінгів до території аеровокзальної площі (додаток Г). Так, наприклад аеропорт «Львів» має значення 46/54 %, аеропорт «Одеса» – 41/59 %, аеропорт «Харків» – 30/70 %. Відношення площі наявних місць для стоянки легкових автомобілів до всієї території привокзальної площі в аеропортах України наведено в табл. 1.2.

Ці показники свідчать про те, що зі збільшенням пасажиропотоку аеропорту кількість паркомісць може бути недостатньою для зручного функціонування.

На основі аналізу ПП українських аеропортів було визначено, що загальна середня площа паркінгів у відсотковому відношенні становить близько 48 % до всієї території ТПВ (табл. 1.2). Отже, доходимо висновку, що 1/2 частина привокзальної площі відводиться під зону паркування та стоянок транспортних засобів.

Таблиця 1.2

Відсоткові частки площ паркінгів до всієї території привокзальної площі українських аеропортів

№ з/п	Аеропорт	Загальна площа привокзальної ділянки, тис.м ²	Загальна площа паркінгів, тис.м ²	Відсоткові відношення площ паркінгів до території привокзальної ділянки
1	«Бориспіль»			
	Термінал «D»	63,3	44,0	69/31 %
	Термінал «B»	41,1	18,85	46/54 %
	Термінал «F»	45,0	23,0	50/50 %
2	«Київ-Жуляни», термінал «A»	40,0	20,0	50/50 %
3	«Львів»	80,3	37,3	46/54 %
4	«Одеса»	39,0	16,0	41/59 %
5	«Харків»	67,5	20,1	30/70 %
Середні значення				48/52 %

На сьогодні в українських нормативних будівельних документах відсутні норми на проектування аеровокзальних комплексів, але варто зауважити, що в нормативному документі ДБН Б.2.2-12:2019 [7] зазначено, що дальність пішохідних підходів до зупинних пунктів у складі ТПВ не повинна перевищувати 200 м. За цих обставин довжина пішохідного підходу на станціях пересадки швидкісних видів пасажирського транспорту не повинна перевищувати 100 м [7]. Ці показники прийнятні, здебільшого, для міських умов функціонування транспортно-пересадочних вузлів. Але поряд з цим більш точні визначення пішохідних відстаней від аеровокзалів (станцій) до зупинних пунктів потребують вивчення та проведення аналізу закордонного досвіду з питань планування, проектування та функціонування транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах [11].

Як уже було зазначено вище, одним із критеріїв оптимізації розмірів транспортно-пересадочного вузла є скорочення пішохідного руху. Цей підхід ґрунтуватиметься на встановленні оптимальної відстані між основними планувальними елементами ТПВ. Використовуючи закордонні дослідження [12],

можна передбачити оптимально допустимі відстані для переміщення пішоходів на території аеровокзальних комплексів під час пересадки, подані на рис. 1.4.

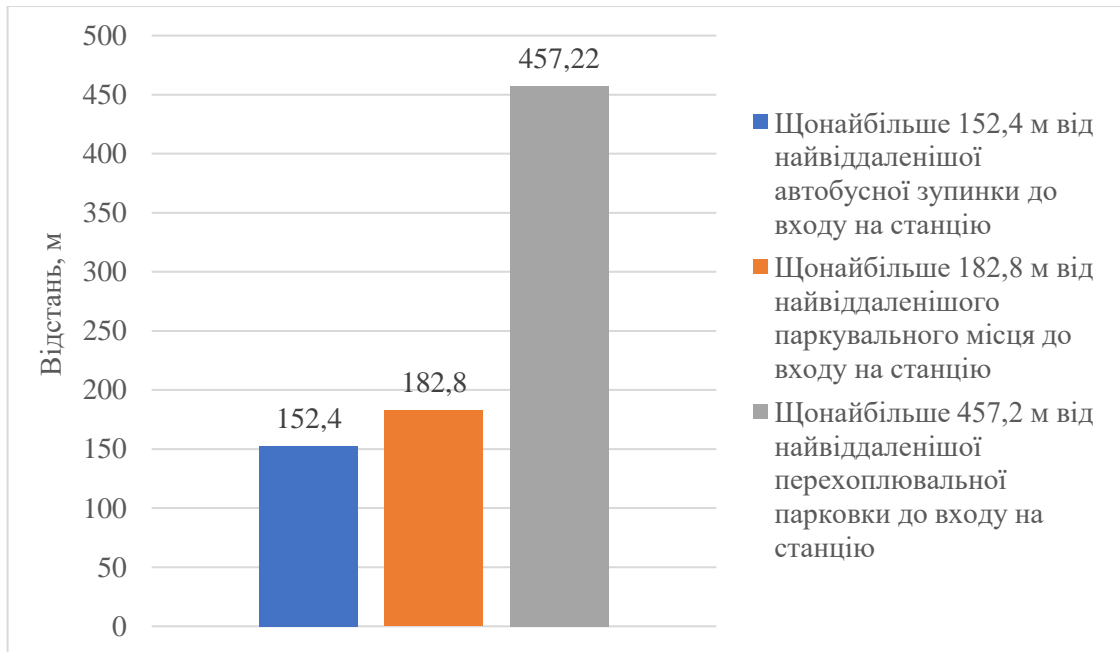


Рис. 1.4. Гранична дальність під час пересадки між видами транспорту на території ТПВ (в метрах). Джерело: [10]

На рисунку 1.4 наведені відстані між станцією метрополітену, залізничною станцією, зупинним пунктом наземного пасажирського транспорту, стоянкою для короткострокової зупинки та стоянкою таксі і перехоплювальною парковкою.

Проаналізувавши показники пішохідних відстаней закордонної практики [12], можна стверджувати, що граничною комфортною відстанню пересадки в межах ТПВ є показник 180 м під час пересадки від найвіддаленішого паркувального місця до входу в аеровокзал. З огляду на те, що метою дослідження є ТПВ не в місті, а на території аеровокзального комплексу, то можна взяти максимальну дальність пересадки від дверей терміналу до найвіддаленішого паркувального місця стоянки транспорту.

Досліджуючи теоретичну і практичну частини, для аналізу максимальних пішохідних відстаней у межах ТПВ були взяті найбільші українські аеропорти. Аеропорт «Бориспіль» має найскладніший транспортний вузол серед

українських аеропортів. ПП терміналу «D» має дворівневу структуру. Тому за такої організації потоків людей і транспорту потік пасажирів, які вилітають, попадає в аеровокзал по під'їзній естакаді на другий рівень, а потік прилетівших пасажирів покидає аеровокзал на першому рівні. Недоліками планувальної структури ТПВ терміналу «D» є велика розгалуженість паркувальних майданчиків та нераціональне розміщення залізничної станції стосовно аеровокзалу. Короткострокові та довгострокові стоянки мають витягнуті форми планування та розташовуються на значній відстані (понад 200 м) від терміналу (рис. 1.5). Гранична дальність пересадки від аеровокзалу до найвіддаленішого місця паркування становить 350 м, що не є задовільним для комфортної пішохідної доступності. Залізнична станція також віддалена під час пересадки на другий рівень терміналу відправлення, пішохідна відстань перевищує 180 м. Отже, можна констатувати, що витягнута лінійна форма ПП не раціональна і не рекомендована до проектування, оскільки збільшує пішохідні відстані міжтранспортних пересадок та площу ТПВ (додаток Д).

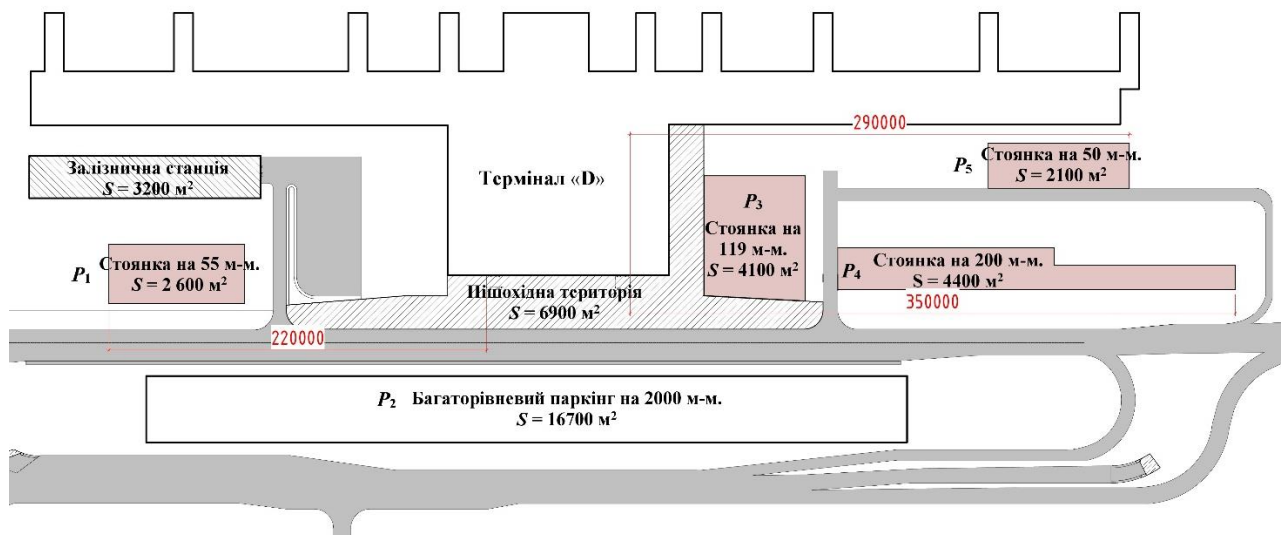


Рис. 1.5. План привокзальної площі першого рівня терміналу «D» («Бориспіль»)

Планування однорівневого ТПВ терміналу «B» аеропорту «Бориспіль» має компактну прямокутну форму, яку можна вважати найоптимальнішою для розташування пунктів зупинок та паркувальних місць у межах пішохідної доступності 180 м (рис. 1.6).

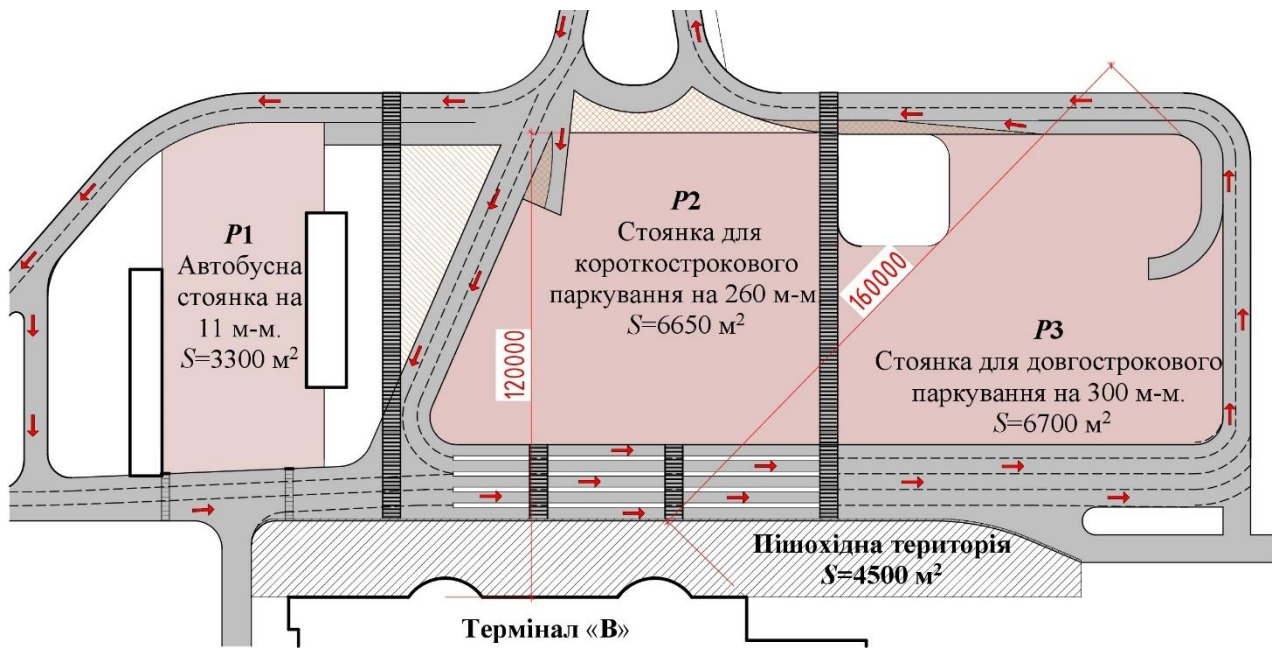


Рис. 1.6. План привокзальної площі терміналу «В» («Бориспіль»)

Однорівнева організація транспортного вузла терміналу «F» аеропорту «Бориспіль» відокремлює зали прибуття, зали відправлення та службові входи один від одного для розподілення потоків пасажирів всередині аеровокзала і зменшення точок пересічення пішохідних і транспортних шляхів на території привокзальної площі. Цей вузол має прямокутну форму з пішохідною доступністю 200 м, що є прийнятним показником (додаток Д).

Підсумовуючи проаналізовані транспортні вузли аеропорту «Бориспіль», можна виокремити їхні недоліки:

- перевищення граничної пішохідної доступності між видами транспорту (понад 200 м), в ТПВ терміналу «D»;
- нераціональне використання площі ТПВ терміналу «D», зумовлене великою кількістю місць стоянок та зупинок в одному рівні та їхньою великою лінійною протяжністю розміщення на території аеровокзального комплексу;
- віддаленість залізничної станції від терміналу «D» на понад 180 м та некомфортна пересадка зі станції на другий рівень вильоту із терміналу, що зумовлена відсутністю прямого сполучення залізниці з аеровокзалом.

Практика проектування ПП українських аеропортів показує раціональні функціональні рішення організації території. Гранична пішохідна доступність у транспортному вузлі на привокзальній площі в середньому становить 160 м (додаток Д), що є нормою порівняно із закордонною практикою [12]. Різноманіття форм ТПВ також диктує свої параметри організації площі перед аеровокзалом. Найзручнішою планувальною формою пересадочного вузла можна вважати прямокутну (аеропорт «Бориспіль» (термінали «В», «F»), аеропорти «Харків» і «Одеса»). Визначена геометрія забезпечує протяжність площі по фронту будівлі аеровокзалу та доступні пішохідні відстані для пересадки в межах 180 м.

Узагальнюючи все вище сказане, можна стверджувати, що нині ТПВ українських аеропортів мають недоліки та проблеми функціонування. З навних проблем варто виокремити: перевищення пішохідної доступності 180 м між видами транспорту в аеропорту «Бориспіль»; відсутність прямого швидкісного, залізничного транспорту в аеропортах з пасажиропотоком понад 1 млн осіб (аеропорти «Київ-Жуляни», «Одеса», «Львів», «Харків»); нестача кількості паркомісць у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту, що виявлена на підставі аналізу території привокзальної площі; відсутність зупинних кишень для громадського транспорту по лінії фронту висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалом. Також результатами дослідження ТПВ українських аеропортів є:

- визначення середнього показника площі паркінгів пересадочного вузла у відсотковому відношенні, який становить близько 48 % до всієї території ТПВ (1/2 частина привокзальної площі);

- визначення граничної пішохідної дальності пересадки на привокзальній площі, яка становить 180 м, що є задовільним показником згідно із закордонним досвідом;

- визначення найоптимальнішої форми ділянки ПП – ТПВ прямокутної форми, яка забезпечить протяжність площі по фронту будівлі аеровокзалу та доступні пішохідні відстані для пересадки в межах 180 м.

1.2. Науково-теоретичний та практичний досвід функціонально-планувальної організації транспортно-пересадочних вузлів у закордонних аеропортах

Раціональне розміщення ТПВ, їх влаштування і функціонування безпосередньо впливає на розподілення транспортних і пішохідних потоків на привокзальній площі аеропортів. Закордонний досвід свідчить, що під час планування транспортно-пересадочних вузлів аеропорту слід враховувати два типи інтермодальних з'єднань. Перший тип – з'єднання з регіональною залізничною або автобусною системою в аеропорту або поряд із ним. Залізничне або автобусне сполучення стає дуже важливим удосконаленням наземної системи доступу до аеропорту. Другий тип з'єднання призначений для залізничних та автобусних транзитних систем в аеропорту. Транзитні станції та проміжні майданчики для них можуть бути окремими, наприклад, центр наземного транспорту (GTC), або складатися з низки станцій та розташовуватися безпосередньо в терміналах або поряд з аеровокзальною площею [13].

Двома важливими чинниками під час планування ТПВ в аеропорту є розташування станцій та шляхів, а також з'єднання аеропорту з регіональною залізничною системою. У світовій практиці зазвичай лише одна станція регіональної системи розміщена в аеропорту. Прикладами є Сан-Франциско, Хартсфілд-Джексон, Атланта, Чикаго, О'Хара та Мідвей, Рейган, Вашингтон та Міннеаполіс-Сент-Пол. Більшість із цих систем є системами типу метро. Зв'язок у Міннеаполісі – Сент-Пол – це система легкорейкового транспорту, яка працює на смугах відведення. У більшості випадків регіональна система під'єднується лише до однієї станції в аеропорту. Ця станція може бути розташована як у терміналі, так і поза ним, на території аеропорту [13].

Під час проєктування ТПВ найважливішим аспектом є врахування двох основних типів інтермодальних об'єктів в аеропорту. Перший призначений для зупинок комерційного транспорту перед відправленням до узбіччя терміналу. Другий тип об'єкта – центр наземного транспорту (GTC), який надає

централізовану зону для всіх типів комерційних автомобілів, де вони можуть забирати та висаджувати пасажирів [13].

Більшість аеропортів світу були змушені удосконалити свою систему функціонування та обслуговування новітніми інтегрованими об'єктами міської транспортної інфраструктури. Велика кількість аеропортів підтримує використання залізничного транспорту, для швидкісного транспортного сполучення між містом та аеропортом. Ефективні приклади різноманітних рішень доступу до аеропорту за допомогою залізничного транспорту такі: метро в Мадриді та Штутгарті; високошвидкісні мережі у Франкфурті, Шарлі де Голлі, Копенгагені; міська залізниця у Вашингтоні/Балтіморі, Бремені; високошвидкісні залізниці у Хітроу, Осло, Стокгольмі, Гонконгу [14].

З наведеного вище можна стверджувати, що закордонна практика організації та формування ТПВ безпосередньо пов'язана із застосуванням залізничного транзитного транспорту, який є одним з основних елементів аеропортового транспортного вузла. Також варто зазначити, що ключовим чинником запровадження залізничного сполучення між містом та аеропортом є його пасажирообіг. Аналіз пропускної спроможності аеропортів дав змогу визначити, що в аеропортах з пасажирообігом понад 2 млн осіб, створюються додаткові транзитні залізничні лінії (табл. 1.3) [15].

Таблиця 1.3

Аналіз застосування додаткових залізничних ліній в аеропортах

Місто	Аеропорт	Пасажиропотік, млн осіб на рік (2019)	Відстань від центру міста, км	Типи залізничних ліній	Час шляху, хв
Токіо	«Ханеда»	85,5	15	Монорельс Намаматсухо	18
Лондон	«Хітроу»	80,89	22	Heathrow Express	25
				Метро	45
Барселона	«Эль-Прат»	44,1	14	Поїд RENFE	25
Шанхай	«Пудун»	35,0	30	Маглев Transrapid	15
Київ	«Бориспіль»	15,26	29	Kyiv Borjyspil Express	40
	«Київ-Жуляни»	2,61	8	–	–
Львів	«Львів»	2,21	7	–	–

Досвід аеропортобудування показує, що залізнична транспортна система аеропортів під'єднана до швидкісної та міжміської залізниць (забезпечуються ефективні та зручні транспортні послуги для пасажирів середніх і близьких відстаней, між сусідніми містами міської агломерації). Швидкісні транзитні лінії безпосередньо формують інтегровані транспортні вузли в аеропортах, які можуть розташовуватися в терміналах (у різних рівнях) та на аеровокзальній площі. Прикладом термінального розташування ТПВ є аеропорт «Хітроу» (Англія), який має загалом чотири термінали. Залізнична лінія аеропорту має одну зупинку в трьох терміналах, лінія метро Piccadilly – станції у всіх чотирьох терміналах. Аеропорт «Гатвік» також має інтегрований вузол всередині терміналів, де проходить британська національна залізниця та аеропортовий експрес (Gatwick Express). Ще одним прикладом є аеропорт «Станстед», що має на першому поверсі терміналу залізничну станцію Airport Express (Stansted Express). Вивчення організації залізничної транспортної системи аеропортів показало, що вона є ключовим чинником формування інтегрованого транспортно-пересадочного вузла.

Запровадження залізничних ліній в аеропорт є відмінною особливістю великих міст у світовій практиці (табл. 1.3). Ключовими критеріями рентабельності будівництва залізничних ліній є:

- достатній рівень пасажиропотоку понад 2 млн пасажирів на рік (без урахування трансферних пасажирів);
- співвідношення ціна/якість послуги;
- віддаленість аеропорту – понад 14 км від центру міста;
- конкурентоспроможність порівняно з іншими альтернативами.

На підставі проведеного аналізу залізничних транспортних систем аеропортів можна зробити висновок, що основним чинником впливу на запровадження рейкового транспорту в ТПВ є пасажиропотік, який визначає особливості формування транспортного сполучення між містом та аеропортом (табл. 1.4).

Підсумовуючи сказане вище, варто додати, що до основних чинників, які впливають на формування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах, належать: наявність транзитних ліній залізничного транспорту всередині аеропорту; включення транспортної системи аеропорту до приміського та міського транспорту; різноманітність автомобільних та залізничних типів транспортних засобів (автобуси, таксі, метро, електротранспорт, монорельси).

Таблиця 1.4

Особливості формування транспортного сполучення між містом та аеропортом

Пасажиропотік аеропорту, млн осіб на рік	Транспорт	Тип транспорту	Приклади аеропортів
0–2,0	Автомобільний транспорт	Автобус, приватний транспорт, таксі	«Сідзуока», «Нагоя», «Nanji Bai Bang», «Антверпен», «Остенде Брюгге», «Льєж», «Донкастер Шеффілд»
2,0–20,0	Будівництво однієї додаткової залізничної гілки	Експрес/поїзд/швидкісний трамвай	«Бориспіль», «Нагоя», «Осака», «Кобе», «Ліль», «Роттердам-Гаага», «Саутенд», «Лутон», «Лондон Сіті», «Бірмінгем», «Ліверпуль»
Понад 20,0	Будівництво кількох залізничних гілок	Поїзд + метро/високошвидкісний поїзд (маглев)	«Ханеда», «Токіо Наріта», «Осака Кансай», «Дюссельдорф», «Хітроу», «Гатвік», «Станстед»

Для ефективнішої пропускної спроможності терміналів аеропортів у світовій практиці значну увагу приділяють функціонуванню простору на основі принципів розташування функціональних зон, які поділяються на системи з вертикальним або горизонтальним розташуванням будівель.

Аеропорт «Шарль де Голль» (Франція). Транспортно-пересадочний вузол європейський приклад з горизонтальним розташуванням зон, як суміщений вокзал-аеропорт, який розміщений у передмісті Парижа і має дві залізничні станції “Aeroport Charles-de Gaulle 1” і “Aeroport Charles-de Gaulle 2-TGV”, де здійснюється пересадка пасажирів з поїзда на літак або навпаки. Національна і високошвидкісна залізнична станція розташовується між шістьма

із семи будівель аеровокзалу [16]. Аеропорт розвивався протягом 30-ти років з моменту відкриття першого терміналу. Термінал 2 складається з шести модульних терміналів, побудованих більш ніж за 20 років. Перші чотири – це термінали 2A – 2D, кожен з приблизно шістьма виходами на посадку, за ними простягається прилегла залізнична станція, на якій розташовується готель. Залізничні колії на нижньому рівні перетинають осі будівель аеровокзалу. Ще два термінали, пронумеровані 2E і 2F, побудовані за межами залізничного вокзалу [16].

Аеропорт «Цюрих» (Швейцарія). Має вертикальне розділення пересадочного вузла. Його розв'язка – національна залізнична станція під будівлею терміналу. За останні 30 років аеропорт «Цюрих» може похвалитися інтеграцією авіаперевезень європейською залізничною мережею завдяки розташуванню під наземним комплексом аеропорту наскрізної залізничної станції. Порівняно з пропускною спроможністю аеропорту 30 років тому, що становила 6 млн пасажирів на рік, сьогодні аеропорт обслуговує понад 20 млн пасажирів на рік завдяки доступності залізниці [16].

Аеропорт «Чикаго О'Хара» (США). Пересадочний вузол – кінцева зупинка метро під трьома з чотирьох будівель аеровокзалу. Цей аеропорт є другим по завантаженості у світі. Три внутрішні термінали обслуговуються із кінцевої залізничної станції величезної будівлі для паркування автомобілів. Лінія метрополітену пропонує 45-хвилинне сполучення з 8-хвилинними інтервалами до центру міста і перевозить 4 % всіх пасажирів, що прямують в аеропорт та у зворотному напрямку [16].

Аеропорт «Інчхон» у Сеулі. Домінує на Далекому Сході (рис. 1.7). Розв'язка має вертикальне зонування – кілька міських і національних залізничних вокзалів пов'язані з одним терміналом, за прогнозами – в майбутньому їх буде більше. Пропускна спроможність аеропорту становить близько 100 млн пасажирів на рік. Віялоподібний центр містить декілька залізничних систем: високорівневе легкорельсове сполучення з новим

Міжнародним діловим мостом, місцева залізниця (платформа 150 м), національна високошвидкісна залізниця (платформа 400 м), міжтермінальний швидкісний транзит і на найнижчому рівні – багажна система [16].

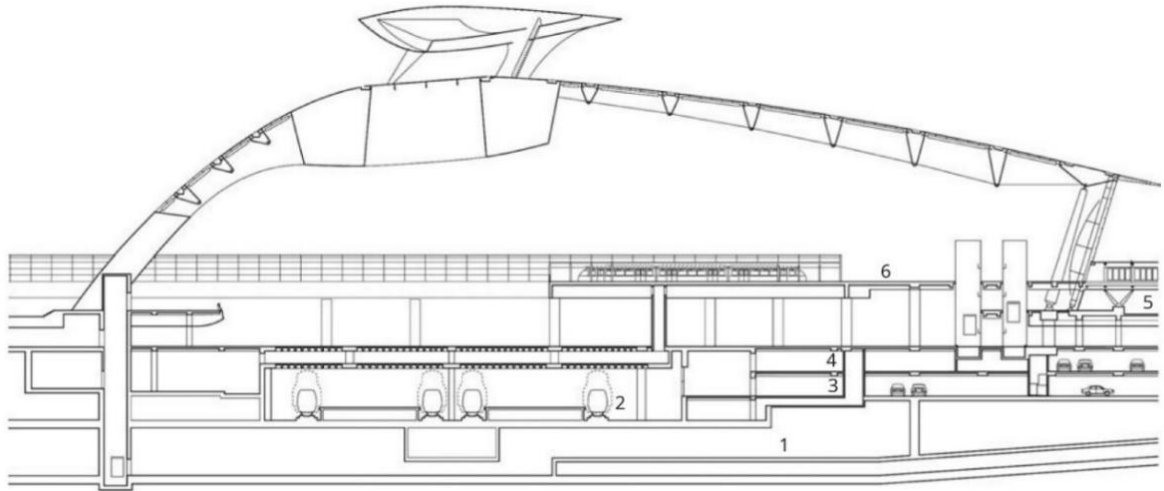


Рис. 1.7. Поперечний розріз транспортного вузла аеропорту «Інчхон» (Сеул, Южна Корея): 1. Оброблення багажу; 2. Платформа залізничної станції і рівень паркування № 1; 3. Рівень паркування № 2; 4. Великий зал, рівень прибуття до аеропорту і рівень паркування № 3; 5. Рівень землі, доступ до автобусів і таксі; 6. Лінія відправлень швидкісного трамвая від та до аеропорту.

Джерело: [16].

Міжнародний аеропорт «Ланьчжоу Чжунчуань» (Китай).

Другорядний аеропорт-хаб у північно-західній частині Китаю. Термінал 2 (Т2) аеропорту «Чжунчуань» відкрито з 2 лютого 2015 року. Цього ж року було відкрито міжміську залізницю, що сполучає Ланьчжоу та Чжунчуань. Міжнародний транспортний вузол аеропорту «Чжунчуань» розташований між Т2 і станцією міжміської залізниці «Чжунчуань» (рис. 1.8). Він об'єднує різні види транспорту, включно з міжміськими автобусами, таксі, трансфером до аеропорту та громадським транспортом. Цей ТПВ показує поєднання автомобільного, залізничного та повітряного транспорту. Організація підземного простору дала змогу збільшити багаточисленні транспортні перевезення. Транспортний вузол складається з двоповерхової будівлі та двох громадських паркінгів. Загальна площа забудови ТПВ 1 160 000 м², з них площа забудови

підземної споруди – 50 тис. м². [17]. Двоповерховий вузол має цокольний та підземний поверхи. Підземний поверх складається з підземного переходу для транспортного вузла та зони пересадки до інших громадських транспортних засобів. Підземний поверх містить платформу для стоянок таксі, дві надземні платформи для міжміських автобусів, трансферів до аеропорту та громадських автобусів, а також чотири смуги для транспортних засобів, одна з яких зарезервована для VIP, а решта призначені для громадського транспорту (ГТ) (рис. 1.9). Пасажири можуть здійснювати пересадки між літаком і поїздом безпосередньо на першому поверсі або пересісти на інший наземний транспортний засіб (ТЗ) на підземному рівні.

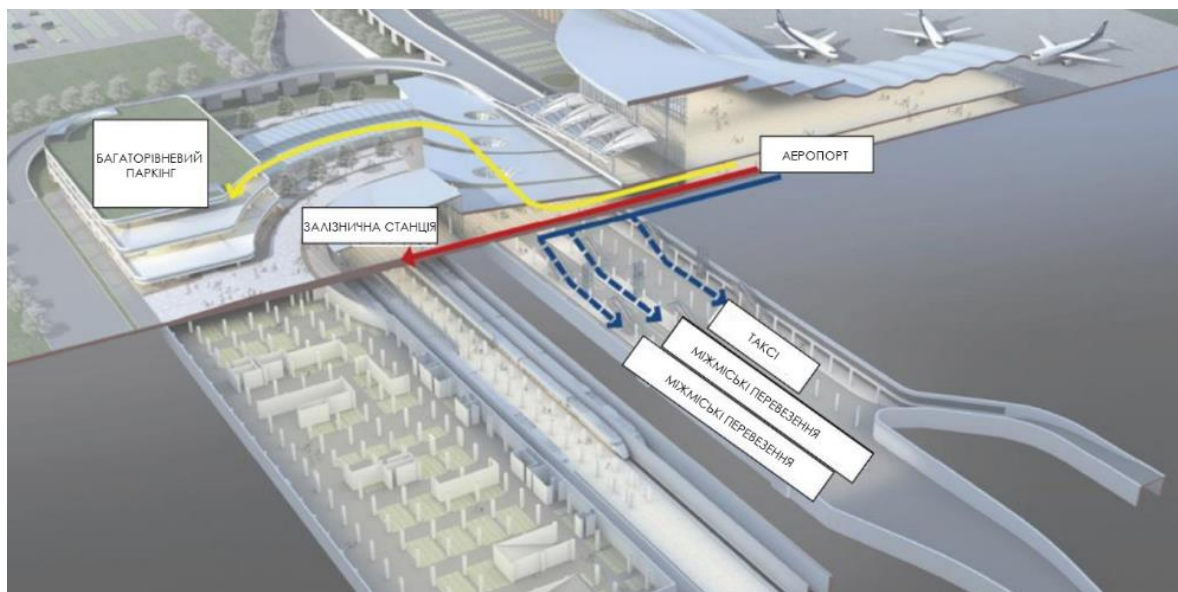


Рис. 1.8. Схема транспортного вузла аеропорту «Ланьчжоу Чжунчуань».

Джерело: [17]

Проаналізуємо ТПВ без інтеграції залізничного транспорту.

Регіональний аеропорт округу Дейн (США). Аеропорт розташований у Медісоні, штат Вісконсін, і є військово-цивільним за призначенням. Цей аеропорт за кількісними характеристиками дещо схожий на українські аеропорти. Його пасажиропотік становив 2,25 млн осіб за 2020 рік, а особливістю є благоустрій та озеленення ПП перед терміналом (рис. 1.9). Аналіз пішохідної

зони перед терміналом дав змогу виявити мінімальну ширину тротуару – 6,8 м та ширину зони озеленення 3,5 м (рис. 1.10).



Рис. 1.9. Благоустрій привокзальної площі регіонального аеропорту округу Дейн (США)

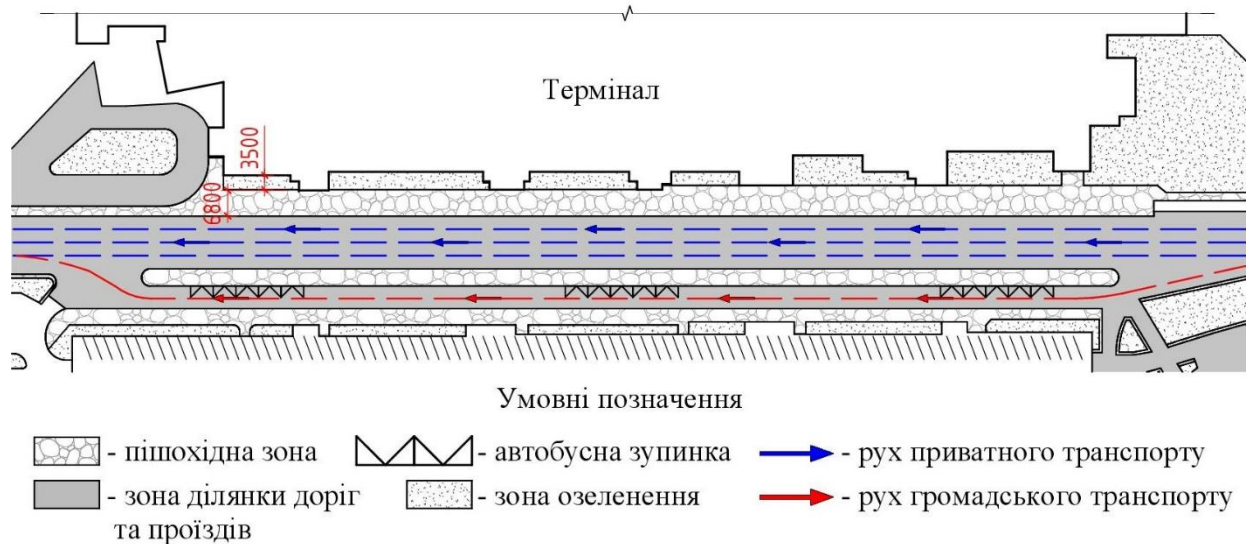


Рис. 1.10. Привокзальна площа регіонального аеропорту округу Дейн (США)

Аеропорт «Вільнюс» – один із провідних аеропортів Литви. Особливістю планувальної структури ТПВ є організація окремих проїзних смуг для висадки та посадки пасажирів, а також приватного та громадського транспорту (рис. 1.11). Таке рішення дає можливість зменшити довжину пішохідної зони привокзальної площі перед терміналом, що своєю чергою зменшує час пересадки пасажирів завдяки подвійному паркуванню ТЗ.

Проїзна смуга для громадських автобусів та маршрутних таксі розташована ближче до споруди терміналу, оскільки для запобігання

накопичення великої кількості пасажирів під час висадки та посадки на тротуарі посеред проїзної дороги раціональніше організувати процеси пересадки безпосередньо біля пішохідної зони аеровокзалу. Характерною особливістю ТПВ аеропорту є комфортна пішохідна доступність від дверей терміналу до найвіддаленішого паркінгу, яка не перевищує 180 м. Мінімальна ширина пішохідної зони перед терміналом становить 10,5 м (рис. 1.11).

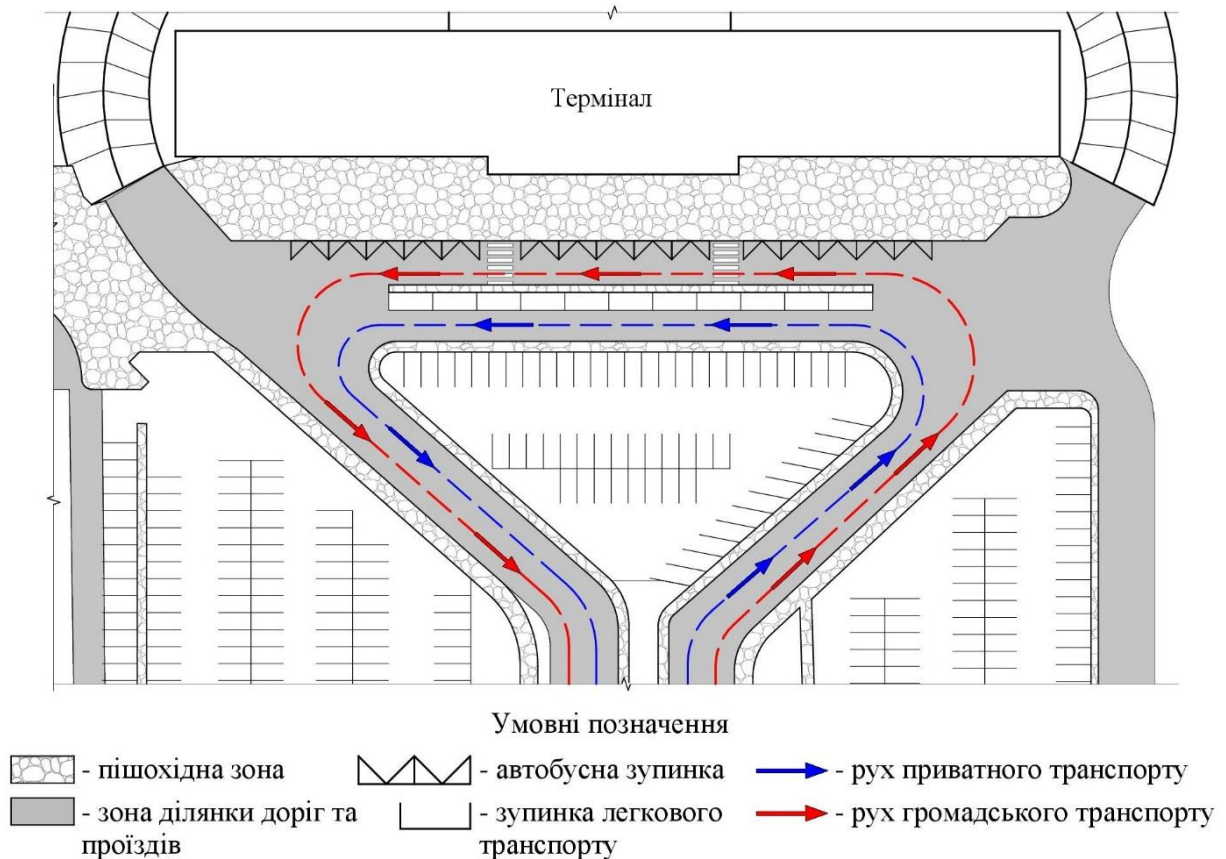


Рис. 1.11. Привокзальна площа аеропорту Вільнюс (Литва)

Аеропорт «Сан-Дієго» (США). З усіх аеропортів, у яких є одна взлітно-посадкова смуга, аеропорт «Сан-Дієго» найзавантаженіший комерційний аеропорт США і другий у світі після лондонського аеропорту «Гатвік». Загальна площа ТПВ аеропорту становить 388,1 тис. м². Межі існуючої ділянки пересадочного вузла проаналізовані з дослідження аеропорту «Сан-Дієго» (додаток Е), [18].

Дослідження [18] показують частки ринку транзитних перевезень в аеропортах США (дані опитування за 1999–2000 рр.). Зокрема, наведені

показники кількості паркувальних місць в аеропортах на мільйон пасажирів, що прибувають на рік. Наведені дані коливаються від 704 в аеропорту «Ла Гуардія» в Нью-Йорку до 3729 у міжнародному аеропорту Денвера.

Аеропорт «Братислава-Іванка» (Словаччина) є найбільшим і найстарішим аеропортом країни. ПП аеропорту облаштована пішохідним островом, який розділяє проїзні смуги для приватного та громадського транспорту. На відміну від аеропорту «Вільнюс» (Литва) проїзна дорога для приватного транспорту розташована ближче до терміналу, а висадка-посадка з та до ГТ здійснюється на пішохідному острові. Мінімальна ширина тротуару перед терміналом становить 9,5 м (рис. 1.12).

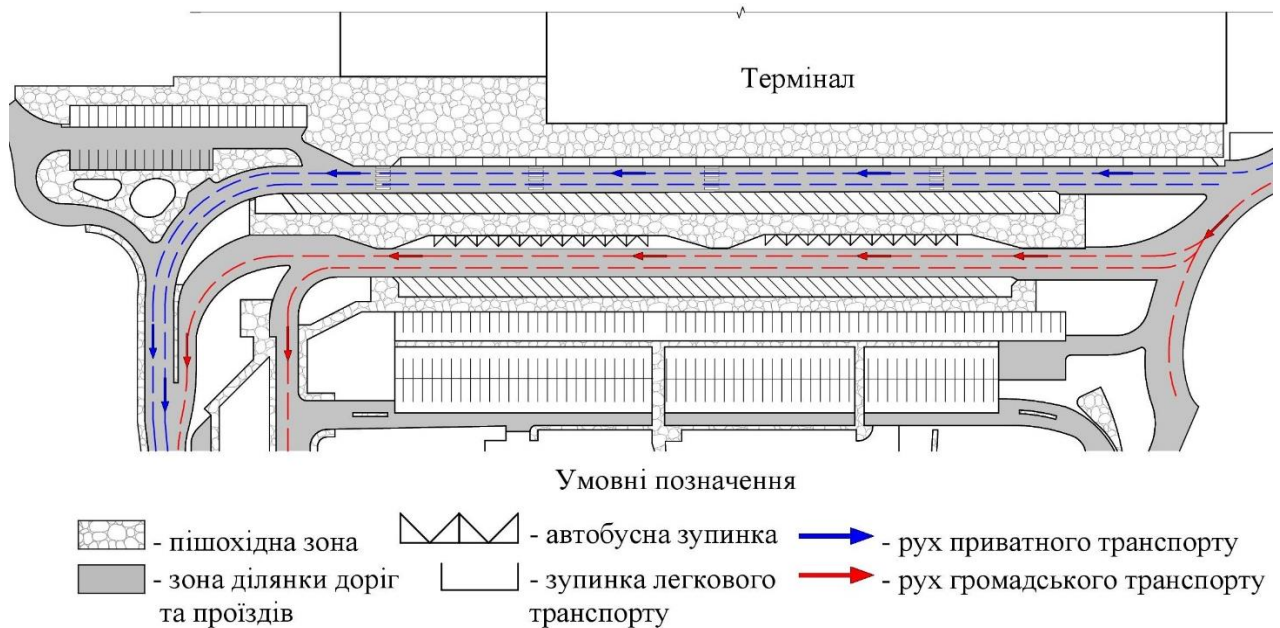
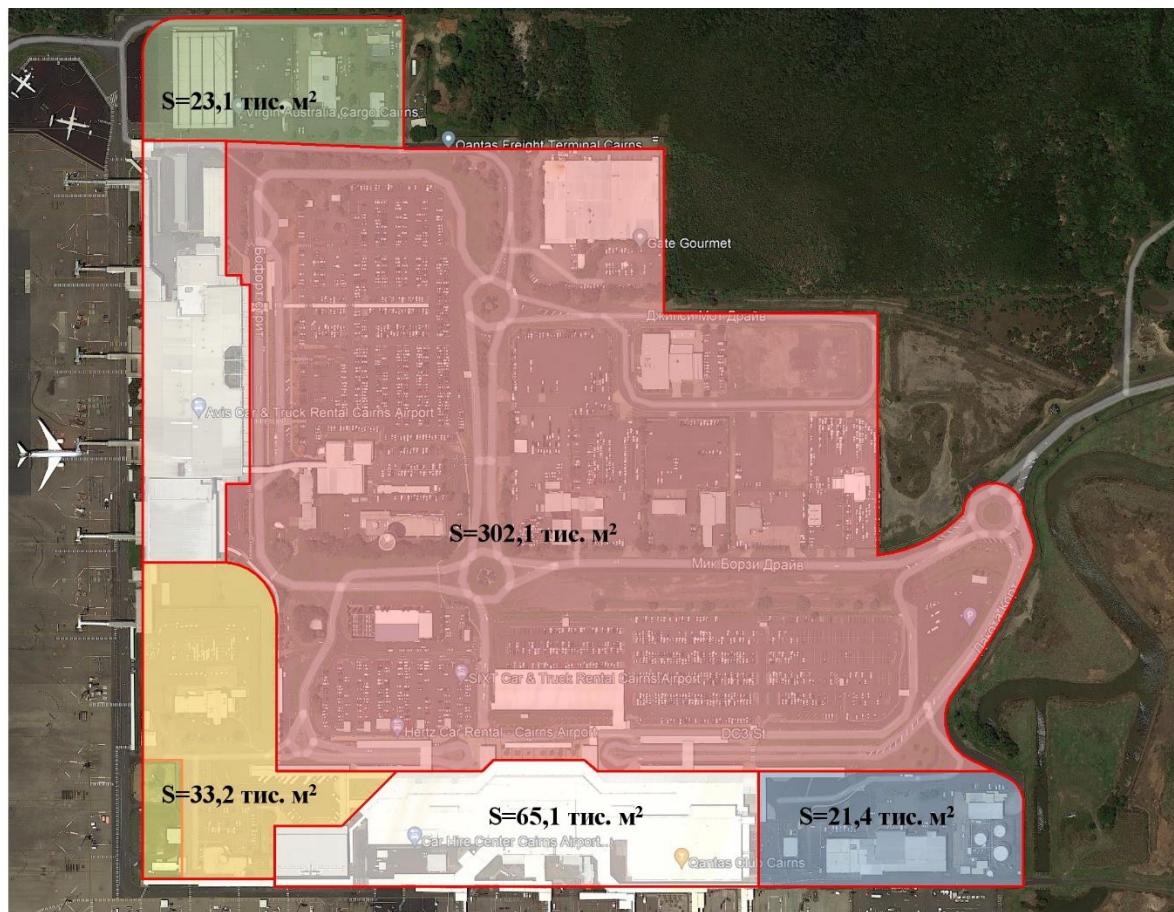


Рис. 1.12. Привокзальна площа аеропорту «Братислава-Іванка» (Словаччина)

Аеропорт «Юджин» (США). Є регіональним комплексом, який розташовується за 11 км на північний захід від Юджина (штат Орегон). Він є п'ятим за величиною аеропортом на північному заході Тихого океану [19]. Загальна площа транспортного доступу аеропорту становить 196,2 тис. м². Найвне зонування пересадочного вузла запозичене з дослідження аеропорту «Юджин», а саме із схеми землекористування аеропорту (додаток Ж), [20].

Аеропорт «Кернс» (Австралія). За дослідженнями [21], площа аеровокзального комплексу становить 44,81 га (додаток І). Проаналізувавши термінальний комплекс, можна виокремити такі його зони та їх показники площі (рис. 1.13). Отже, з огляду на мету дисертаційного дослідження, загальну площу транспортного вузла можна встановити 302 тис. м². Зони готелів, адміністративних будівель, вантажного терміналу вважатимемо прилеглими територіями до ділянки транспортно-пересадочного вузла, де не здійснюються основні пересадки пасажирів з та до аеропорту.

Отже, підсумовуючи результати дослідження закордонних ТПВ, узагальнемо показники площі транспортних вузлів у табл. 1.5.



Умовні позначення

- | | |
|--|--|
| – готельна зона – 33 тис. м ² | – транспортно-пересадочний вузол – 302 тис. м ² |
| – адміністративна зона – 21,5 тис. м ² | – зона вантажного терміналу – 23 тис. м ² |
| – термінальна зона – 65 тис. м ² | Загальна площа – 445 тис. м² |

Рис. 1.13. Зонування аеровокзального комплексу аеропорту «Кернс» (Австралія)

Таблиця 1.5

Площі транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах

№ з/п	Аеропорт	Площа ТПВ, тис. м ²	Пасажиропотік, млн пас/рік (2021)
1	«Кейптаун» (ПАР)	258,0	11,5
2	«Імені короля Шаки» (ПАР)	382,1	6,09
3	«Дейн» (США)	136,2	2,25
4	«Загреб» (Хорватія)	107,7	3,43
5	«Вільнюс» (Литва)	58,7	5,0
6	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	70,1	2,29
7	«Гданськ імені Леха Валенси» (Польща)	233,0	5,37
8	«Сан-Дієго» (США)	388,1	18,12
9	«Юджин» (США)	196,2	1,57
10	«Кернс» (Австралія)	302,1	4,39

Аналіз проїзних смуг привокзальних площ. Смуги проїжджої частини аеровокзалу є досить важливим компонентом аеровокзальної площі, оскільки вони призначені для висадки та посадки пасажирів біля площ прибуття і відправлення. Тому ці транзитні ділянки можна вважати одними із формоутворювальних елементів ТПВ через скупчення великої кількості транспорту та пасажирів. Смуга проїжджої частини складається з внутрішньої смуги (смуг), де транспортні засоби зазвичай зупиняються для посадки або висадки пасажирів, і маневрованої смуги. Корисний простір узбіччя не містить простір, зайнятий пішохідними переходами, зарезервованими для поліцейських, екстрених чи інших транспортних засобів, або іншим чином недоступний для приватних чи комерційних транспортних засобів. Однак власникам/операторам аеропортів слід враховувати масштаб подвійного паркування на внутрішні смуги руху, кількість об'їзних смуг та взаємодію об'їзного руху та транспорту, який в'їжджає на узбіччя та виїжджає з нього. Наприклад, трисмугові узбіччя небажані, оскільки в разі подвійного паркування залишається тільки одна об'їзна смуга. У табл 1.6 подані узагальнені приклади ЗП проїзних смуг.

Таблиця 1.6

Схеми зупинних пунктів, проїжджих частин біля терміналів аеропортів

Тип конфігурації	Схема конфігурації	Приклади аеропортів
Однорівневе узбіччя		Де-Мойн, Манчестер, Бостон, Канзас-Сіті
Дворівневе узбіччя		Лос-Анджелес, Маямі, Остін-Бергстром
Трирівневе узбіччя		Денвер, Орlando, Торонто
Типове розташування автобусної і залізничної станції		<p>А. Примикає до бордюру-аеропорт Філадельфія, аеропорт Портленд,</p> <p>Б. Під або поруч із терміналом-Чикаго, О'Хара, Клівленд</p>

Умовні позначення: **L** – вантажно-розвантажувальна смуга; **M** – маневрена смуга; **T** – прохідна смуга. Джерело: [22]

Підсумовуючи закордонний досвід ТПВ, можна констатувати, що залізничний транспорт досить широко використовується в аеропортах з пасажиропотоком понад 2 млн людей. Тому на підставі проведеного аналізу залізничних транспортних систем аеропортів можна зробити висновок, що основним чинником впливу на запровадження рейкового транспорту в ТПВ є

пасажиропотік, який визначає особливості формування транспортного сполучення між містом та аеропортом. Також закордонний досвід засвідчує виділення двох основних типів функціонально-просторового планування ТПВ: вертикального та горизонтального. Вертикальне рішення ефективне, зокрема щодо економічного використання території аеропорту, а особливостями горизонтального рішення є перетин залізничними шляхами споруд аеровокзалу, що сприяє забезпеченню високошвидкісного сполучення між аеропортом та містом.

Аналіз функціонально-планувальної організації ТПВ дав змогу виокремити такі її особливості: влаштування пішохідної зони на проїзних смугах перед терміналом; організація зупинних кишень для громадського транспорту; відокремлення потоків руху громадського та приватного транспорту.

Аналіз проїзних смуг привокзальних площ показав, що від типу їхньої конфігурації залежить функціонально-просторова організація ТПВ, а саме кількість рівнів для посадки-висадки пасажирів, що своєю чергою, безпосередньо впливає на форму та довжину транспортно-пересадочного вузла.

1.3. Актуальні завдання удосконалення функціонування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах

З розвитком аеропортових комплексів у межах міської та приміської транспортних систем виникає потреба інтеграції та комбінування різних видів пасажирського транспорту на території аеропорту. Це твердження пояснює процес підвищення ефективності функціонування пасажирських транспортних систем, реорганізації старих і формування нових ТПВ у структурі аеропорту. Зменшення часу очікування пасажирів під час пересадки є основним завданням організації взаємодії в транспортно-пересадочних вузлах, що своєю чергою, зменшує їх загальні витрати часу на пересування.

Сучасні реалії ХХІ ст. показують, що неузгодженість роботи перевізників у складних транспортних мережах пересадки аеропортового комплексу,

завдають пасажиром багато незручностей, пов'язаних з необхідністю оформлення декількох проїзних документів, оформлення багажу та збільшення витрат часу на поїздку. Поїздки від та до аеропорту з багатьма пересадками викликають найбільші складнощі для пасажирів через наявність недоліків обслуговування у ТПВ на території аеропортів (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Проблеми обслуговування пасажирів у транспортно-пересадочних вузлах та їх причини

Проблеми обслуговування пасажирів у ТПВ	Причини виникнення проблем обслуговування
Необхідність долаття великих відстаней при зміні виду транспорту	Незручне просторове розташування транспортних мереж різних видів транспорту в межах аеровокзального комплексу Недосконале планування ТПВ
Значний час очікування під час пересадки	Неузгодженість розкладів руху різних видів транспорту Нерегулярність руху транспортних засобів
Відсутність або важкість отримання достовірної інформації щодо розкладу руху, наявності квитків	Недостатність використання інформаційних технологій у системі надання довідкової інформації Ненадання адаптованої інформації для людей з обмеженими можливостями
	Несвоєчасність надходження інформації (повільне оновлення даних на чинних інтернет-сайтах) Неповне дублювання інформації іноземними мовами
Незадовільний рівень безпеки	Небезпечність здійснення транспортних операцій Виникнення небезпечних ситуацій під час знаходження пасажирів у зоні ТПВ

Скорочення часу перебування пасажира під час поїздки та в процесі пересадок може бути досягнуто тільки із застосуванням логістичних технологій. Розвиток ТПВ та удосконалення їхнього функціонування забезпечує раціональне розподілення пасажиропотоків, підвищення мобільності громадян та якнайбільше задоволення пасажирів рівнем якості послуг аеропортової транспортної системи.

З огляду на наукові дослідження [23–29] основні напрями науково-практичних підходів удосконалення ТПВ подані на рис. 1.14.



Рис. 1.14. Напрями удосконалення транспортно-пересадочних вузлів

Напрямок оптимізації технологічних процесів взаємодії в ТПВ є дієвим способом підвищення сервісно-ресурсної ефективності в аеропортах [23]. Цей напрям дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування пасажирів у ТПВ без використання додаткових ресурсів та капіталовкладень в їх розбудову. Порівняно з функціонально-просторовою організацією, технологічні процеси не обмежуються територіальними та фінансовими можливостями аеропортів.

Серед оптимізації технологічних процесів найбільшого поширення отримала синхронізація часових параметрів взаємодії [24]. З огляду на це твердження, важливим аспектом дослідження удосконалення функціонування

ТПВ на території аеропортів є доступ до аеропорту за категорією транспорту, оскільки, від цього залежить синхронізація часу здійснення пасажирами пересадок між маршрутами в межах аеровокзального комплексу.

Першочерговим завданням синхронізації є скорочення часу очікування пасажирами пересадки між маршрутами, що досягається погодженням розкладу руху. Одночасне перебування двох або більше транспортних засобів у ТПВ забезпечує процес очікування пасажирів [25]. Щоб оптимізувати часові параметри, найчастіше застосовують різні моделі часу очікування пересадки. Однак більшість способів синхронізації мають такі недоліки, як недостатня кількість розглядуваних маршрутів у ТПВ, неврахування стохастичності прибуття транспортних засобів, рівня наявних вільних місць та варіативності вибору маршруту поїздки; невключення транзитних пасажирів в облік часу пересадок між маршрутами (які не здійснюють посадку-висадку в зупинних пунктах).

Як видно з дослідження [26], узгодження часових параметрів перебування ТЗ у ЗП з їх пропускнуою спроможністю є важливим елементом оптимізації технологічних процесів. І як наслідок, виявлення фактичної пропускнуої спроможності ЗП на території аеропортів важливий пункт синхронізації часових параметрів пересадок між маршрутами.

У статті [27] Д. О. Бугайко та А. В. Терещенко розглядають питання потреб пасажирів у ТПВ на базі аеропорту. На підставі проведеного дослідження формулюють висновок про необхідність створення мультимодального вузла та формування окремої структури, що контролюватиме інтеграцію роботи різних учасників транспортного ринку під час реалізації перевезень.

Дослідження Li Suiling [28] зупиняється на проблемах узгодження розкладів руху транспортних засобів для підвищення ефективності перевезень пасажирів. Автор пропонує внести зміни до розкладу автобусів, що мають маршрут до аеропорту, для забезпечення «безшовної поїздки». У статті розглянуто багатокритеріальну та дворівневу моделі. Питання проєктування

оптимального розкладу автобусів закладені у верхньому рівні моделі, а визначення максимальної кількості рейсів автобусів з певним розкладом руху використовується у нижньому рівні.

Питання технологічної взаємодії пасажирського транспорту, а саме час суміжного перебування транспортних засобів у транспортно-пересадочному терміналі для зменшення часу очікування пасажирів вивчав В.О. Вдовиченко [29].

Із проведеного аналізу досліджень оптимізації технологічних процесів у ТПВ можна зробити висновок, що важливим аспектом удосконалення функціонування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах є скорочення часу перебування пасажирів під час поїздки та в процесі пересадок між маршрутами.

Зі світової практики й багатьох досліджень ТПВ (М. Б. Касіма [30], Washington Metropolitan Area Transit Authority [18], Д. В. Ломотько [31], Г. О. Самчук [32], В. А. Щурової [33], Р. О. Пустовойта [34]) відомо, що вибір транспортних засобів у транспортних вузлах рекомендовано формувати за часовим сполученням, не більше ніж за 30 хв з міста в аеропорт.

Вибір методів організації транспортних зв'язків між великими містами й аеропортами та видами транспорту в ТПВ залежить від техніко-економічних розрахунків. На початковій стадії слід обрати види транспорту за необхідною пропускною спроможністю. Приблизний середньогодинний пасажиропотік в одному напрямку до чи з аеропорту можна розрахувати за формулою:

$$\Pi = \frac{(P + K) \cdot C}{365 \cdot T},$$

де Π – пасажирів на годину; P – річна кількість пасажирів у аеропорту; K – кількість співробітників у аеропорту; T – кількість робочих годин міського транспорту на добу; C – коефіцієнт, що враховує збільшення потоку шляхом перевезення осіб, які зустрічають і супроводжують пасажирів.

Наступний крок вибору виду ГТ передбачає визначення часу перевезення пасажирів шляхом ділення відстані між містом та аеропортом на швидкість зв'язку конкретного типу транспорту. Щоб скоротити час маршруту, зазвичай організовують громадський транспорт на окремій смузі або на швидкісних автомагістралях.

Покращення функціонування транспортно-пересадочних вузлів залежить не тільки від оптимізації технологічних процесів, а й від функціонально-просторової організації аеровокзальних комплексів (АК). Тому варто зазначити їхню важливість впливу на удосконалення функціонування ТПВ. Від концепцій функціонально-планувальної організації аеровокзальних комплексів залежить довжина шляху від зупинки громадського транспорту до терміналу. Аналіз концепцій показує, що найоптимізованішою схемою є лінійна, за якою середня довжина шляху найменша і становить 30–40 м (табл. 1.8). Це твердження свідчить про необхідність проектування ТПВ на території привокзальної площі та в споруді аеровокзалу.

Таблиця 1.8

Показники основних планувальних рішень аеровокзалів

Найменування концепцій	Площа аеровокзального комплексу (6 місць стоянки літаків), тис. м ²	Середня довжина шляху від громадського транспорту до літака, м	Примітка
Галерейна	206,4	130–150	Залежить від ширини будівлі аеровокзалу
Сателітна	235,9	60–70	Залежить від ширини будівлі аеровокзалу та наявності системи внутрішньовокзального транспортування
Перонні автобуси	361,0	40–60	Залежить від ширини будівлі аеровокзалу
Лінійна	229,8	30–40	За умови, що вхід в аеровокзал навпроти місця стоянки літака

Проаналізувавши АК, акцентуємо увагу на аеровокзалах за технологією обслуговування пасажирів і багажу, які класифікуються на централізовані та децентралізовані (модульні). Аеровокзали децентралізованого (модульного) типу передбачають одноразове транспортне обслуговування пасажирів одного рейсу, всіма аеровокзальними модулями. Водночас аеровокзали централізованого типу мають єдину операційну залу для реєстрації пасажирів та багажу всіх рейсів або їх частини.

Розглядаючи аеровокзали за технологією обслуговування, можна зробити висновок, що децентралізований тип під час використання індивідуальних засобів автотранспорту має значні переваги завдяки можливості під'їхати автомобілем якнайблище до місця реєстрації. Але в разі використання громадського транспорту довжина пішохідного шляху, що проходить пасажир з багажем, у децентралізованому аеровокзалі може різко зрости. В аеровокзалах централізованого типу довжина пішохідних шляхів може бути зменшена за допомогою спеціальних систем місцевого транспорту: тротуарів, що рухаються, рейкового вагонного транспорту та ін.

З метою порівняння децентралізованого і централізованого типів, величини довжини шляху пасажирів від зупинки громадського транспорту до аеровокзалу наведені в табл. 1.9.

З огляду на сказане вище, можна стверджувати, що децентралізовані АК пропонують сприятливіші умови для функціонування ТПВ в структурі аеропорту порівняно з централізованими внаслідок скорочення шляху від зупинки міського транспорту до аеровокзалу та до дверей літака. Оскільки децентралізований тип має компактнішу структуру планування, необхідність розміщення ТПВ ближче до перонної зони нижча. Тому його розташування доцільне на території привокзальної площі. На противагу, в централізованих комплексах планування ТПВ бажано організувати ближче до перону, а саме всередині аеровокзалу чи на території біля зони вильоту та прибуття пасажирів.

Таблиця 1.9

Порівняння довжини шляху пасажира від зупинки громадського транспорту до аеровокзалу

Тип аеровокзального комплексу	Аеропорт	Відстань від зупинки міського транспорту до аеровокзалу, м	
		мінімальна	максимальна
Централізовані аеровокзальні комплекси (побудовані до 1970 р.)	«Каструп» (Копенгаген)	110	550
	«О'Хара» (Чикаго)	117	530
	«Атланта»	200	525
	«Сан-Франциско»	170	400
Нові централізовані аеровокзальні комплекси з використанням системи транспортування пасажирів	«Атланта»	300	1500
	«Гритер» (Пітсбург)	480	800
	«Рейн-Майн» (Франкфурт-на-Майні)	190	700
	«Тампа» (Флорида)	520	580
Децентралізовані аеровокзальні комплекси	«Форт-Уорт» (Даллас)	60	275
	«Канзас-Сіті»	40	130
	«Ганновер»	50	130
	«Звартноц» (Єрван)	50	150

Отже, важливими аспектами удосконалення функціонування ТПВ в аеропортах є: скорочення часу очікування пасажирами пересадки між маршрутами, що досягається погодженням розкладу руху ТЗ на території АК; зменшення шляху від зупинки громадського транспорту до аеровокзалу; скорочення часу перебування пасажира під час поїздки до та від аеропорту.

Дослідження планувальних рішень аеровокзальних комплексів дало змогу виявити їхній значний вплив на функціонування ТПВ. А саме, аналіз концепцій аеровокзалів показав, що найоптимізованішою планувальною схемою є лінійна, за якою середня довжина шляху від зупинки транспорту до терміналу становить 30–40 м. Також дослідження аеровокзалів за технологією обслуговування пасажирів встановило, що децентралізовані АК мають більший вплив на удосконалення функціонування ТПВ порівняно з централізованими, оскільки в їхній планувальній структурі мінімальна відстань від ЗГТ до терміналу – 40–50 м.

Висновки до розділу 1

Нині ТПВ українських аеропортів мають такі недоліки та проблеми функціонування: перевищення пішохідної доступності 200 м між видами транспорту в аеропорту «Бориспіль» (термінал «D»); відсутність прямого швидкісного, залізничного транспорту в аеропортах з пасажиропотоком понад 1 млн осіб; нестача кількості паркомісць у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту; відсутність зупинних кишень для ГТ по лінії фронту висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалом. Водночас дослідження ТПВ українських аеропортів дало такі результати: гранична пішохідна дальність пересадки на територіях ТПВ становить 180 м; найоптимальніша форма ділянки ТПВ – прямокутна; середній відсотковий показник площі паркінгів пересадочного вузла – близько 48 % до всієї території привокзальної площі.

Закордонний досвід ТПВ засвідчує виділення їх двох основних типів функціонально-просторового планування: вертикального та горизонтального. Також аналіз функціонально-планувальної організації закордонних ТПВ дав змогу виокремити такі їх особливості: влаштування пішохідної зони на проїзних смугах перед терміналом; організація зупинних кишень для громадського транспорту; відокремлення потоків руху громадського та приватного транспорту.

Важливими напрямками удосконалення функціонування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах є: оптимізація технологічних процесів, функціонально-просторова організація аеровокзальних комплексів та організація взаємодії пасажирського транспорту. Технологічні процеси передбачають скорочення часу очікування пасажирями пересадки між маршрутами. Функціонально-просторова організація впливає на довжину шляху від зупинки громадського транспорту до аеровокзалу. Організація взаємодії пасажирського транспорту досягається погодженням розкладу руху транспортних засобів.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ

2.1. Загальні методи та методики дослідження в області формування, розвитку та функціонування транспортно - пересадочних вузлів

У дослідженнях функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів здебільшого використовується загальнонаукова методологія. А саме, методи емпіричного дослідження, методи теоретичного пізнання та загальнологічні методи. Ці методи дають можливість зібрати фактичні матеріали щодо кількісного оцінювання та часу переміщення пішохідних і транспортних потоків. Завдяки зібраним даним встановлюються причинно-наслідкові зв'язки переміщення транспортних засобів і людських потоків на території аеропорту. На підставі отриманих вихідних даних про пасажирські та транспортні потоки на території аеровокзальних комплексів розробляються принципи та стратегії розвитку їхніх транспортно-пересадочних вузлів.

Проаналізуємо низку відомих методів, які допоможуть визначити основні прийоми щодо формування, розвитку та функціонування ТПВ. Отже використовуючи наявні методи, розробимо їхню класифікацію згідно з визначеними критеріями (рис. 2.1) [35].

За першу класифікаційну ознаку візьмемо створення і функціонування ТПВ. До цього критерію належать такі методи: створення та розвитку мережі міських транспортно-пересадочних вузлів на базі наявних станцій певного виду транспорту суспільного користування, або на основі теперішніх великих залізничних вокзалів та аеропортів [36, 37], що пропонує вибір планувальних рішень, розрахунок пропускнуої спроможності всіх елементів системи ТПВ, визначення часу на пересадку пасажирів між різними видами транспорту; метод оцінювання функціонування ТПВ [38, 39, 40]; методика визначення пріоритетних (першочергових) ТПВ [41, 42].

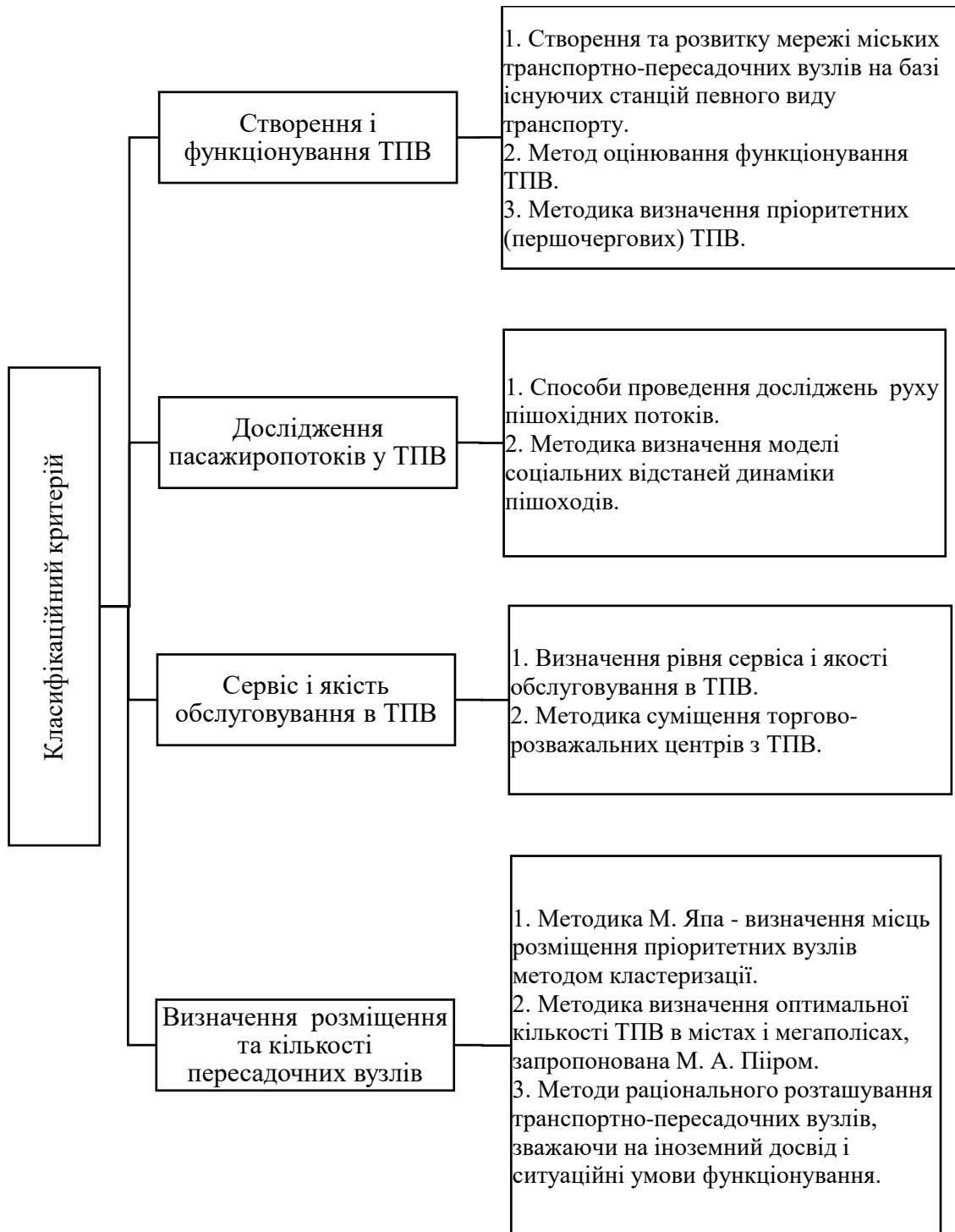


Рис. 2.1. Класифікація методів та методик досліджень формування, розвитку і функціонування ТПВ

Дослідження А. К. Marwa [36] було зосереджено на транспортних вузлах (мультимодальних платформах), які можуть обслуговувати кілька видів транспорту та більше трафіка. Проаналізовано площу Рамзеса (Каїр, Єгипет) як

приклад мультимодальної вузлової зони, яка може бути вдалим рішенням для формування транспортно-пересадочного вузла. Це рішення переважно ґрунтується на інтеграції між різними видами транспорту; залізничних станцій, станцій метро, трамваїв і дорожньої мережі (включно з естакадою), для оптимального вихідного вирішення проблеми заторів та організації пішохідного та транспортного потоків. Обрана методика може бути відтворена в аналогічному контексті в інших країнах, які стикаються з тими самими проблемами заторів і конфлікту між міською динамікою та транспортом.

На рис. 2.2 чітко показано, як відбулося перегрупування різних видів транспорту від розсіяного неорганізованого до мультимодального вузла, зосередженого всередині площі з формуванням центричної композиції обмінного пункту. В кінцевому підсумку можна прослідкувати, що всі види зупинок транспорту були перерозподілені на окремі композиційні осі, які сформували центральну зону транспортно-пересадочного вузла.

У дослідженні [38] пропонується метод оцінювання функціонування пересадочних вузлів на основі даних смарт-карток з метою зробити внесок у реструктуризацію громадського транспорту в регіональних містах.

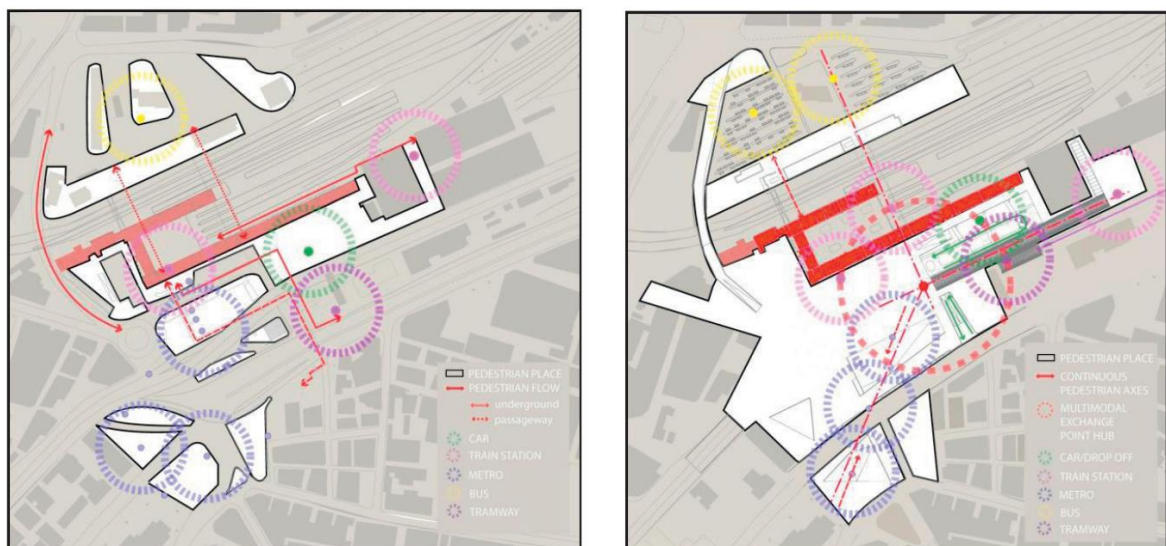


Рис. 2.2. Аналіз площі Рамзеса (Єгипет) до і після реорганізації. Джерело: [36]

Дослідження мало на меті краще зрозуміти використання систем громадського транспорту (трамваїв і автобусів) у центрі міста Кочі в Японії на основі міжмаршрутних пересадок, записаних на смарт-картках користувачів.

Зокрема, це дослідження спрямоване на використання моделі Data Envelop Analysis (DEA), яка дозволяє посилаючись на кілька індексів, щоб оцінити ефективність переміщення користувачів між транспортними системами, зважаючи на час переміщення та вікові групи користувачів. Результати дослідження показують, що ефективність змінюється залежно від часу доби та вікових груп користувачів. Максимальні значення частоти пересадок і час, необхідний для здійснення пересадок щодня в кожному зупинному пункті ТПВ, були розраховані для кожного типу картки, що також дало можливість визначити вікову групу кожного користувача.

У першому дослідженні [40] було проаналізовано понад 40 транспортних розв'язок у м. Гданськ. Воно передбачало детальне картографування кожної транспортної розв'язки, ідентифікацію всіх її платформ і шляхів, запис послуг громадського транспорту та їх частоту, а також вимірювання відстані та часу ходьби між пунктами пересадки. У рамках дослідження автори запропонували метод оцінювання нових транспортних розв'язок, а також функціонування наявних. Цей метод ґрунтується на оцінюванні кількісних показників, які стосуються таких питань: якість базової інфраструктури, просторова інтеграція транспортної розв'язки, доступність для людей похилого віку та осіб з обмеженими можливостями, легкість орієнтування, особиста безпека, безпека руху, інформація для пасажирів, та наявність додаткових послуг.

У другому дослідженні [40], проведеному в 2011 р. (Transplan Consulting, 2011), запропонований вище метод було застосовано для оцінювання 10-и транспортних розв'язок у Варшаві. У ньому наведено основні характеристики 10-и транспортних розв'язок: кількість платформ, кількість рівнів, наявність різних видів громадського транспорту та розташування розв'язки. Під час збирання польових даних застосовувалися два методи: підрахунок пасажирів з опитування та аудит обміну. На етапі оброблення даних були розраховані відсотки компонентів інфраструктури, які відповідають критеріям для кожного показника (табл. 2.1). Щоб проілюструвати метод оцінювання, у табл. 2.1 [40]

наведені зразки розрахунків для розв'язки Рондо де Голля (Варшава). Для кожного із семи індикаторів (W.1, W.3 і до W.8) було використано кілька критеріїв (число платформ та кількість доріжок).

Таблиця 2.1

Приклад розрахунку показника для розв'язки Рондо де Голля (Варшава)

ID	Назва індикатора	Число платформ		Число шляхів (доріжок)		Індикатор значення
		Відповідні	Загалом	Відповідні	Загалом	
W.1	Базова інфраструктурна якість	2	6	7	12	50 %
W.3	Доступність для людей похилого віку	2	6	3	10	31 %
W.4	Легкість орієнтування	Середній відсоток видимих платформ				43%
W.5	Особиста безпека	4	6	12	12	89%
W.6	Безпека руху	Середній показник безпеки для переходів				49%
W.7	Пасажирська інформація					
W.8	Додаткові послуги	Надано 14 послуг із 43-х можливих				33%

Отже, узагальнені кількісні показники для всіх десяти досліджуваних транспортних розв'язок у Варшаві наведені в табл. 2.2 [40]. Порівняння показників, розрахованих для десяти розв'язок, показує, що значення індикаторів загалом залежать від віку розв'язки – нещодавно збудовані чи модернізовані розв'язки отримали кращі бали, ніж старі.

Із цього прикладу дослідження доходимо висновку, що результати оцінювання тепер можна використовувати для підготовки планів модернізації тих розв'язок, де виявлено найбільші проблеми. Низькі значення деяких показників (наприклад, у галузі інформації та доступності для інвалідів) свідчать про можливість підвищення рівня зручності пересадки для пасажирів. Оцінювання показало, що варшавські розв'язки загалом не надто добре інтегровані, середня відстань між платформами коливається від 136 до 327 м, а середній час ходьби між платформами – від 1,87 до 3,27 хв.

Таблиця 2.2

Значення оцінних показників для 10-и транспортних розв'язок у Варшаві

Назва розв'язки	Якість інфраструктури, %	Інтеграція розв'язки, м	Доступність для людей похилого віку, %	Легкість орієнтування, %	Особиста безпека, %	Безпека руху, %	Інформація для пасажирів, %
Bemowo Ratusz	69	136	0	100	63	50	20
Rondo de Gaulle'a	50	168	31	43	89	49	18
PKP Rembertów	65	193	20	40	43	31	20
PKP Włochy	26	191	20	40	65	53	18
Metro Świętokrzyska	35	237	18	76	77	70	38
Rondo Waszyngtona	78	150	0	83	33	85	0
Plac Zawiszy	24	200	9	37	96	59	25
Metro Wilanowska	69	237	33	63	82	42	14
Metro Młociny	69	202	58	66	100	48	40
Metro Marymont	52	327	16	37	93	56	46
Average	54	204	21	59	74	54	24

Другим класифікаційним критерієм методів є дослідження пасажиропотоків у ТПВ. Цей критерій містить такі методики: способи проведення досліджень руху пішохідних потоків у роботах [43, 44]; визначення моделі соціальних відстаней динаміки пішоходів [45].

Третьою ознакою класифікації є критерій сервісу і якості обслуговування в пересадочних вузлах. До неї належать такі методи, як: визначення рівня сервісу і якості обслуговування в ТПВ [46, 32], що передбачає підвищення якості обслуговування пасажирів, забезпечує «безбар'єрне» середовище для маломобільних груп населення; методика суміщення торгово-розважальних центрів з ТПВ [47], що має на меті оцінювання можливого взаємного розміщення ТРЦ і ТПВ, де розглянуті варіанти основних планувальних рішень, встановлення частки комерційних площ у складі пересадочного вузла.

Четвертою класифікаційною ознакою виступає критерій визначення розміщення та кількості пересадочних вузлів. Цей критерій містить такі дослідження: методологія М. Япа [48] – визначення місць розміщення пріоритетних вузлів методом кластеризації, заснований на матриці

пасажиропотоків, отриманої із даних сім-карток, після цього вибирається багато можливих варіантів розміщення ТПВ, відтак вибір здійснюється за топологічним критерієм; методика встановлення оптимальної кількості ТПВ в містах і мегаполісах, запропонована М. А. Піром [49]. Ця методика ґрунтується на розрахунку числа пересадочних вузлів залежно від площі міста і зони впливу ТПВ. Але методика пропонує лише розрахунок кількості ТПВ, без визначення місць їх розміщення. Також методики раціонального розташування транспортно-пересадочних вузлів та вибору схем їх побудови з огляду на іноземний досвід і ситуаційні умови функціонування досліджували І.Є. Савченко і С.В. Зємблінєв.

Дослідження М. Япа [48] пропонує керовану даними, орієнтовану на пасажирів методологію як підготовчий етап виявлення ТПВ за допомогою: 1) визначення значущих вузлів пересадки в мережі міста; 2) ідентифікації підмножин ліній у вибраних вузлах, які потрібно встановити для пріоритету синхронізації передання даних смарт-карток пасажирів. На першому етапі методології здійснювалося визначення просторової межі місць пересадок, використовуючи техніку кластеризації на основі матриці потоку пересадок пасажирів, отриманої з даних смарт-карток. Після цього було обрано підмножину концентраторів (лінії пересадки у вибраних вузлах), які мають пріоритет для синхронізації. На другому етапі були охарактеризовані моделі передання даних у концентраторах на основі топологічного подання з подальшим визначенням можливих варіантів місць розміщення пріоритетних ТПВ. Ця методологія застосовувалася до мережі транспортних вузлів у Гаазі (Нідерланди). Результатами дослідження є визначення пріоритетності розміщення 70 % усіх ТПВ у встановлених місцях пересадок пасажирів.

Узагальнюючи методики в області формування, розвитку та функціонування ТПВ, можна зробити висновок, що майже у всіх працях, присвячених цій проблематиці, містяться дослідження економії часу пасажирів у дорозі й під час пересадки та резервів підвищення швидкості руху

транспортних засобів, оскільки зазначені аспекти виступають метою створення транспортно-пересадочних вузлів.

Із поданих вище методів та методик найбільшої актуальності для дослідження ТПВ на території аеропортів набувають: метод організації різних видів транспорту від розсіяного, неорганізованого до мультимодального вузла з формуванням центричної композиції ТПВ [36]; метод оцінювання функціонування пересадочних вузлів на основі даних смарт-карток із подальшим визначенням вікової групи кожного користувача [35]; метод оцінювання транспортних розв'язок на основі кількісних показників відповідних критеріїв [40]; методика М. Япа [48] – визначення місць розміщення пріоритетних вузлів методом кластеризації, заснованим на матриці пасажиропотоків, отриманій із даних сім-карток.

Дослідження пасажиропотоків у ТПВ є головним аспектом для вибору внутрішніх параметрів ТПВ на території аеропортів. Різні види транспортно-соціологічних досліджень є джерелом отримання вірогідної інформації про пасажиропотоки, яка необхідна для виявлення принципів і прийомів формування та створення транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів. Інформація про пасажиропотоки може бути отримана такими методами обстеження: збирання звітно-статистичних даних, шляхом опитувальних і натурних досліджень.

Кожний метод з дослідження пасажиропотоків має як переваги, так і недоліки (табл. 2.3). Комбінації різних методів дають змогу отримувати різнобічну та гнучкішу інформацію про процеси, що перебігають у ТПВ (табл. 2.4).

Вибір способу отримання конкретної інформації визначається цілями та завданнями програми обстежень. Методом збирання звітних даних визначається добове завантаження ТПВ з виявленням години-пік та її питомої ваги у добовому пасажирообігу.

Таблиця 2.3

Переваги й недоліки методів проведення обстежень пасажиропотоків у транспортно-пересадочних вузлах

Метод обстеження	Переваги	Недоліки	Рекомендації
Звітно-статистичний	Дає змогу отримати динаміку досліджуваних параметрів у часі	–	Використовується під час транспортно-соціологічних дослідженнях
Натурний (відеознімання)	Допомагає отримати різноманітні характеристики руху пішохідних та транспортних потоків на окремих ділянках	Трудомісткість в обробленні матеріалів	Застосовується у процесі спеціальних досліджень для встановлення різних параметрів та закономірностей пересування
Анкетний (опитувальний)	Дозволяє отримати характеристику переміщень пасажирів, врахувати цілі пересування населення, потреби в транспорті та інші чинники	Велика трудомісткість методу, недостатньо обґрунтована вибірка обстежень	Використовується під час спеціальних досліджень для встановлення різних параметрів та закономірностей пересування
Візуальний (натурний)	Дає можливість отримати характеристики пасажирських потоків на будь-якій ділянці, простий у використанні, можлива організація в найкоротші терміни	Потрібне залучення великої кількості спеціальних лічильників, суб'єктивність в оцінюванні досліджуваних параметрів, трудомісткість оброблення одержуваних даних	Застосовується у короткотривалих дослідженнях

За допомогою натурних обстежень (відеознімання) досліджуються якісні та кількісні характеристики переміщень пасажирів, їхньої пересадки з одного виду транспорту на інший. Анкетування, навпаки, допомагає провести опитування пасажирів, які чекають транспортні засоби.

Метод анкетування (опитувальний) аналізує цільову структуру переміщення пасажиропотоків у ТПВ, виявляє тривалість стоянок і численність індивідуального транспорту. Кількісне оцінювання параметрів (кількість пасажирів, щільність, швидкість та час руху) пішохідних потоків фіксується на встановленій ділянці за одиницю часу.

Таблиця 2.4

Рекомендації щодо застосування методів обстеження пасажиропотоків транспортно-пересадочних вузлів

Параметр	Метод обстеження
Величина пасажиропотоку	Візуальний, відеознімання, звітно-статистичний
Тимчасова транспортна та пішохідна доступність ТПВ	Анкетний
Напрями пересування в межах ТПВ	Анкетний, звітно-статистичний
Параметри пішохідних потоків ТПВ (швидкість, щільність, час пересування)	Візуальний, відеознімання
Параметри транспортних потоків у ТПВ (щільність транспортного руху, інтервал руху)	Візуальний, відеознімання, звітно-статистичний

Візуальним (натурним) методом здійснюється облік вхідних та вихідних пасажирів, обстежуваних станцій та зупинних пунктів ТПВ, оцінюються склад пасажиропотоку, його форма, а також виявляються найзавантаженіші пішохідні напрямки та щільність пішохідного потоку. Візуальний метод дослідження дає змогу виявляти загальну картину процесу пересадки. Основними якісними показниками пішохідного (пересадочного) потоку є: довжина та ширина потоку, форма потоку, щільність і швидкість потоку та затримання руху.

Підсумовуючи сказане вище, можна зробити висновок, що наразі існує велика кількість методів та методик досліджень транспортно-пересадочних вузлів. За результатами їхнього аналізу було сформовано класифікацію за чотирма визначеними критеріями:

- створення і функціонування ТПВ;
- дослідження пасажиропотоків у ТПВ;

- сервіс і якість обслуговування в пересадочних вузлах;
- визначення розміщення та кількості пересадочних вузлів.

Дослідження в області формування, розвитку та функціонування транспортно-пересадочних вузлів відображає важливість методології, що застосовується у цьому напрямку. У дослідженнях активно використовуються різноманітні методи, які охоплюють емпіричні дослідження, аналіз літературних джерел, математичне та імітаційне моделювання. Відтак, дослідники не лише аналізують функціонально-просторову організацію ТПВ, але й розробляють стратегії їх розвитку, зважаючи на різні аспекти, такі як створення і функціонування ТПВ, аналіз пасажиропотоків та якість обслуговування.

Класифікація методик у дослідженні ТПВ вказує на широкий спектр аспектів, які беруться до уваги в процесі розроблення та впровадження транспортних вузлів. Ці методики передбачають аналіз різних компонентів, таких як рух пішоходів, розміщення та функціонування вузлів, а також покращення якості обслуговування. Важливим є те, що більшість методик ставлять перед собою мету підвищення ефективності транспортно-пересадочних вузлів шляхом оптимізації різних аспектів їх функціонування.

Дослідження пасажиропотоків у ТПВ відображають важливість цього аспекту для визначення їх внутрішніх параметрів на території аеропортів. Різні методи досліджень пасажиропотоків є ключовим джерелом інформації для виявлення принципів та прийомів формування і створення ТПВ в аеропортах. Зокрема, збирання звітно-статистичних даних, опитування населення та натурні дослідження надають інформацію щодо обсягів пасажирських перевезень, цільової структури переміщень пасажирів та інших важливих параметрів.

Кожний з цих методів має свої переваги та недоліки, і їх комбінація дозволяє отримувати докладнішу та гнучку інформацію. Вибір конкретного методу визначається цілями та завданнями дослідження, і кожен метод надає окремі аспекти цього процесу.

Підсумовуючи зазначене вище, можна стверджувати, що дослідження пасажиропотоків у ТПВ є невід'ємною частиною процесу формування і розвитку аеропортових транспортних систем. Завдяки аналізу різних методик досліджень було сформовано класифікацію методик зважаючи на різні критерії. Однак деякі аспекти, такі як пояснення методики вибору місць розміщення ТПВ та визначення його оптимального розміру, ще не вивчені повністю, тож подальше дослідження в цьому напрямку важливе.

Тому запропоновані дослідження спрямовані на пошук оптимальних рішень щодо розвитку і покращення ТПВ, що має значний науковий та практичний внесок у цю сферу.

2.2. Чинники, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Постійне збільшення річного пасажиропотоку аеропортів зумовлює удосконалення транспортної системи аеровокзального комплексу. Своєю чергою, пасажирські аеровокзальні комплекси призначені для здійснення пересадки пасажирів з наземного транспорту на повітряний і навпаки, і вимушені приймати, обслуговувати і організовувати зростаючі людські і транспортні потоки. Пасажирські термінали для успішної діяльності обслуговування мають взаємодіяти з різними видами транспорту прибуваючих і відбуваючих пасажирів. Без чіткої організації пасажирських і транспортних потоків усередині аеровокзалу та на привокзальній площі така діяльність зазнає неефективних і незадовільних результатів. Тому покращення та удосконалення транспортної інфраструктури аеропортів зумовлюються формуванням на їх території транспортно-пересадочних вузлів.

Широкий спектр методів проведення наукового аналізу у сфері формоутворення ТПВ потребує комплексного аналізу чинників, які впливають на формування та розвиток пересадочних вузлів, а також виявлення їх

особливостей і специфіки взаємодії у процесі проектування будівель і споруд пересадочного вузла.

Основні чинники впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах такі (рис. 2.3) [50, 51]:

- транспортно-інфраструктурні (розподілення пасажирських і транспортних потоків на привокзальній площі перед терміналом);
- функціонально-технологічні (організація руху потоків людей і їхнього багажу);
- містобудівні (розміщення авіаційно-транспортного вузла відносно міста, який може бути простим (з одним аеропортом) або складним (з двома або декількома аеропортами));
- гарантування безпеки і комфортності пасажирів і вантажів;
- соціально-економічні.

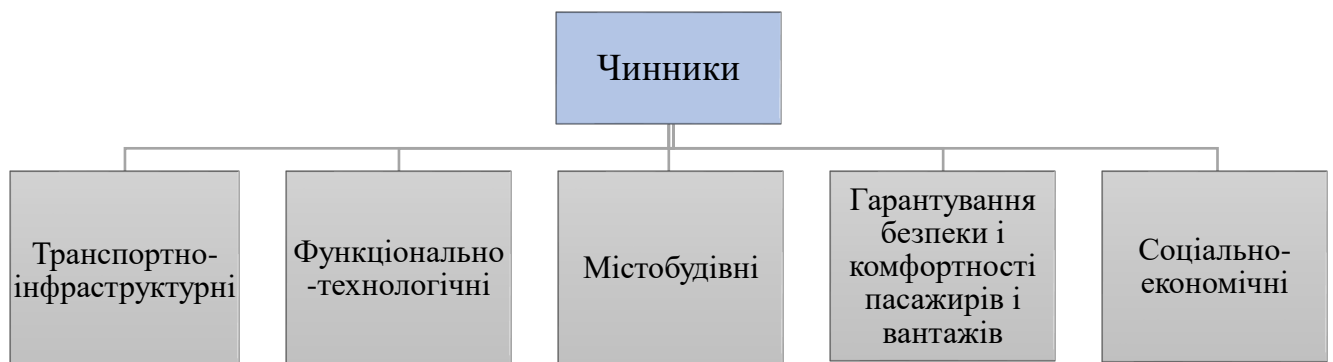


Рис. 2.3. Чинники впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Транспортно-інфраструктурні чинники є одними з найважливіших чинників впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах, оскільки розподіл пасажирських і транспортних потоків на ПП перед терміналом задає місця перетину та скупчення транспорту і пасажирів в аеровокзальному комплексі. Загалом весь аеровокзальний комплекс поділяється на три основні планувальні зони: привокзальна площа, пасажирський аеровокзал та перон. Тому всі ці зони повинні поєднуватися функціонально-технологічними взаємозв'язками.

Функціонально-технологічними чинниками є процес організації потоків пасажирів усередині аеровокзалу. З огляду на це твердження, рішення щодо функціонально-просторової організації ТПВ, а саме координації в ньому пасажирських і транспортних потоків повинно відповідати схемам організації руху потоків пасажирів усередині терміналу. Тому дослідження схем організації руху потоків людей на території аеровокзального комплексу є принципово важливим.

Залежно від функціонально-планувальної організації аеровокзального комплексу існують три схеми організації потоків людей і транспорту на ПП: однорівнева, дворівнева та змішана (рис. 2.4).

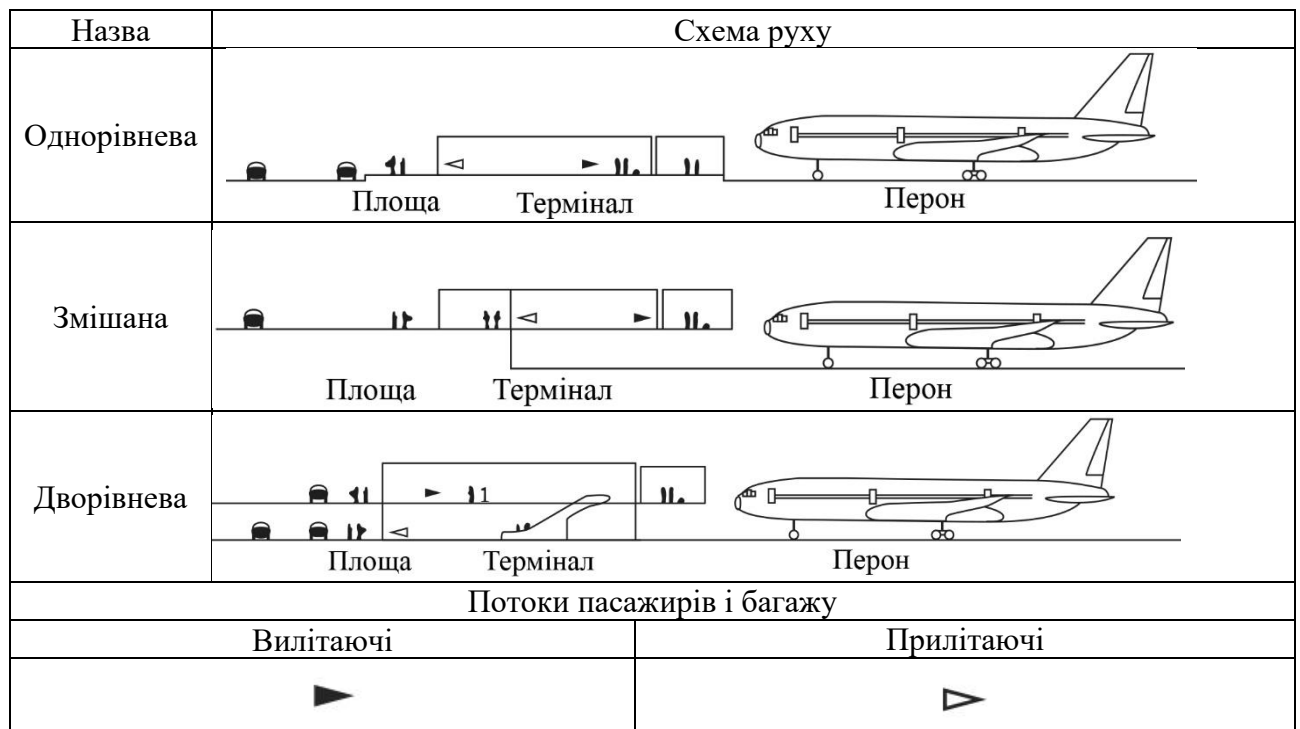


Рис. 2.4. Схеми руху людських потоків і багажу по вертикалі в аеровокзалі.

Джерело: [52]

За дворівневої системи потік пасажирів, які вилітають, попадає в аеровокзал по під'їзній естакаді на другий рівень, а потік пасажирів, які прилетіли, покидає аеровокзал на першому рівні (рис. 2.5). У разі розміщення привокзальної площі в одному рівні – зали прибуття та зали відправлення відокремлюються один від одного для розподілення потоків різних категорій

пасажирів усередині аеровокзалу і зменшення точок пересічення пішохідних і транспортних шляхів на території привокзальної площі (рис. 2.5). Змішана схема передбачає організацію потоків людей і транспорту в різних рівнях, унаслідок складності та різких перепадів рельєфу. Тому будівля аеровокзалу в таких випадках складатиметься з декількох рівнів, потік пасажирів, які вилітають, здійснюватиметься з другого рівня, а прибуваючих з – першого рівня.

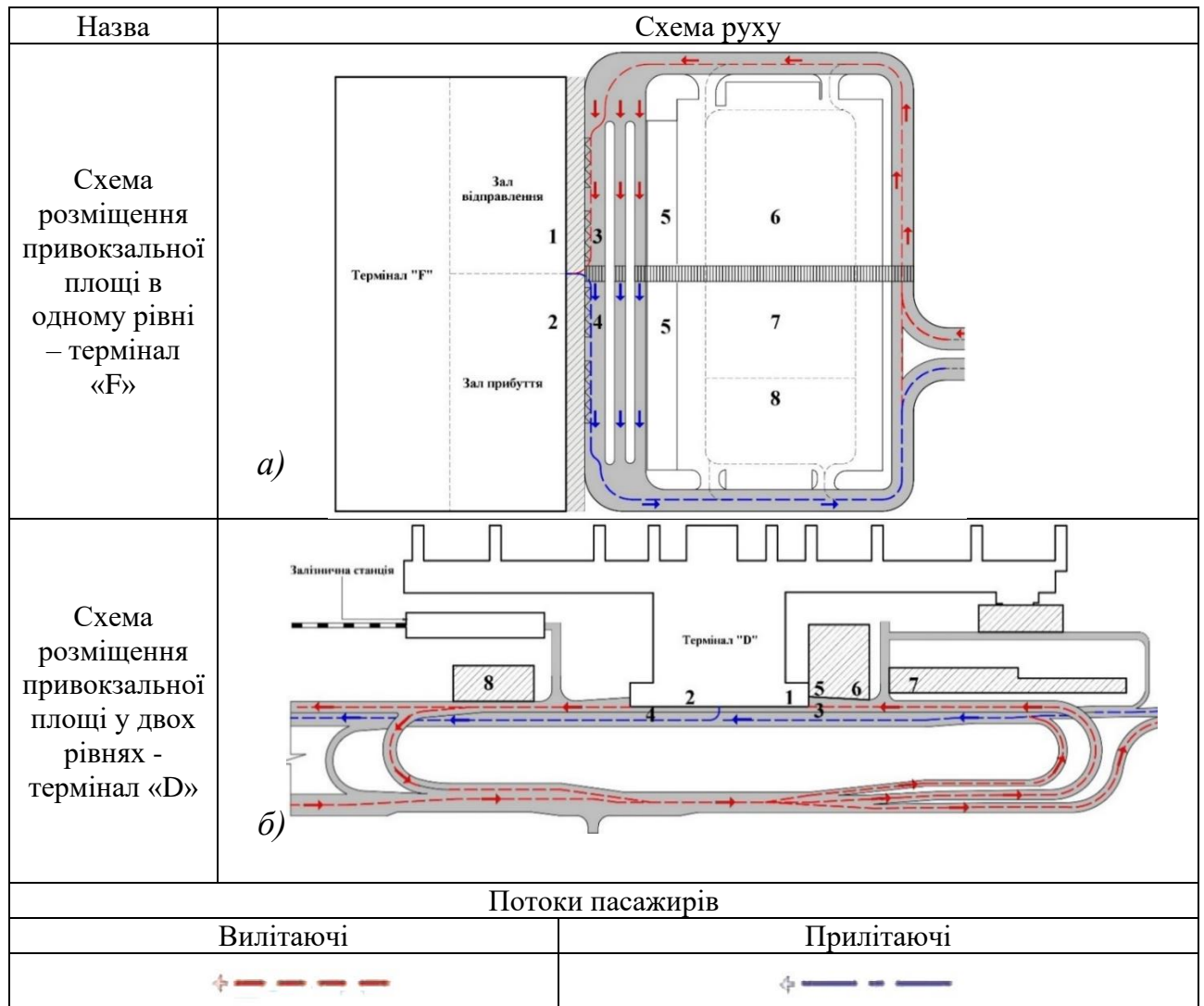


Рис. 2.5. Схеми розміщення технологічних ділянок привокзальної площі: а) в одному рівні; б) в двох рівнях; рух транспортних потоків залежно від вибору схеми на прикладі аеропорту «Бориспіль» (Україна); 1, 2 – пасажирів, які їдуть із міста в місто; 3, 4 – автомобільний транспорт, який прямує із міста і в місто; 5, 6, 7 – стоянки автобуса, таксі й індивідуального транспорту відповідно; 8 – короткотривала стоянка транспорту

Рішення з формування транспортно-пересадочних вузлів напряму залежить не лише від внутрішніх транспортно-інфраструктурних і технологічних, але й від зовнішніх *містобудівних чинників*, оскільки вони пов'язують між собою аеровокзальний комплекс і місто. Організація авіаційно-транспортного вузла задає кількість ТПВ на території аеропорту. За складної організації авіаційно-транспортного вузла, кожний із аеропортів (аеровокзалів), який до нього належить, має більш однорідний потік пасажирів: одного напрямку або тільки визначених повітряних ліній. Як наслідок, кількість ТПВ у таких вузлах буде меншою, що визначатиметься більшою зосередженістю аеропортів у місті. У разі простої організації технологічна схема аеровокзалу ускладнюється, унаслідок збільшення неоднорідності потоку людей і транспорту, що призводить до збільшення кількості ТПВ в аеропорту.

Чинник безпеки і комфортності пасажирів та вантажів визначає й гарантує обслуговування пасажирів декількох видів транспорту (наприклад, авіаційного, автомобільного, залізничного). Уникнути пересічення людських потоків на привокзальній площі в більшості випадків неможливо. Вирішити цю проблему можна скориставшись моделюванням вільного руху людських потоків, зважаючи на обмеження їхньої щільності (наприклад, 1 людина на 1 м²), і на його основі визначити необхідну ширину пішохідних шляхів по довжині пасажирського руху.

Соціально-економічні чинники впливають на сприйняття ТПВ й аеропортового комплексу загалом, адже він є візитною карткою міста або країни. Окрім того, цей чинник є провідним у процесі управління функціонуванням транспортними і пішохідними потоками АК й аеропорту. Прагнення отримати якнайбільше прибутку визначає політику аеропортів і диктує правила під час організації управління. Доцільність розширення або будівництва ТПВ залежить передусім від очікуваного прибутку. Тому під час проєктування та реконструкції транспортних вузлів беруть до уваги насамперед їх доходи і витрати.

Підсумовуючи сказане вище, можна стверджувати, що першочерговими за важливістю є містобудівні, транспортно-інфраструктурні та функціонально-технологічні чинники, які організовують та розподіляють людські і транспортні потоки від міста до аеропорту, на привокзальній площі та всередині аеровокзалу.

Алгоритм комплексного аналізу проєктного рішення ТПВ (додаток К) показує, що архітектурне формоутворення тісно взаємодіє з чинниками та методами наукового аналізу, з подальшим виявленням принципів та прийомів проєктування ТПВ, а також виявленням їх особливостей і специфіки взаємодії в процесі проєктування будівель та споруд. У цьому алгоритмі чинники впливу є першочерговим пунктом для створення об'ємно-просторового рішення ТПВ. Отже, доходимо висновку, що чинники впливу мають суттєвий вплив на формування та розвиток ТПВ.

Аналіз чинників впливу на формування та розвиток ТПВ у аеропортах

Найважливішим та актуальним питанням є аналіз взаємозв'язків чинників впливу на формування ТПВ (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Схема взаємозв'язків чинників впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Першочерговим принципом створення ТПВ є визначення умов середовища, у якому формуватиметься пересадочний вузол. Такими умовами виступають містобудівні чинники, які задають початковий вектор впливу на процес створення ТПВ. Отже, *містобудівні чинники* впливають на:

- формування аеровокзалу аеропорту з розподілом руху пасажирів всередині споруди (*функціонально-технологічні чинники*);
- транспортну інфраструктуру аеропорту, тобто визначають обсяги транспортного та пасажирського трафіка з міста до аеропорту та навпаки, а також розподіляють людські й автомобільні потоки на територіях привокзальних площ (*транспортно-інфраструктурні чинники*);
- економічні умови створення ТПВ, визначають попередню оцінку вартості будівництва (*соціально-економічні чинники*);

Своєю чергою, *транспортно-інфраструктурні чинники*, які розподіляють та задають параметри транспортних та пасажирських потоків на привокзальній площі впливають на такі чинники:

- *функціонально-технологічні* (розподілення потоків на привокзальній площі впливає на параметри потоків всередині аеровокзалу);
- *гарантування безпеки і комфортності пасажирів* (раціональне проектування ТПВ, зважаючи на комфортну щільність пасажиропотоку, впливає на зручність пересування пасажирів на привокзальній площі);
- *соціально-економічні* (транспортна інфраструктура є основною складовою визначення оцінки вартості ТПВ на території аеропорту, оскільки вона визначає габаритні та кількісні показники території привокзальної площі).

Функціонально-технологічні чинники забезпечують прямий зв'язок аеровокзалу з привокзальною площею та розподіляють пасажирські потоки всередині терміналу з подальшим впливом на організацію транспортного та пішохідного руху на привокзальній площі. Тому є очевидним їх суттєвий вплив на транспортно-інфраструктурні чинники.

Соціально-економічні чинники та гарантування безпеки і комфортності пасажирів мають взаємний вплив один на одного, оскільки від витрат на будівництво ТПВ залежать його якість та функціональність обслуговування, а від безпеки і комфортності – вартість реалізації проекту ТПВ. Тобто що вища якість матеріалів будівництва, то безпечніше та комфортніше функціонування пересадочного вузла. Безпека об'єкта проектування може також виявлятися у тривалому терміні служби різноманітних будівельних конструкцій для уникнення завчасних руйнувань.

Своєю чергою, *чинники безпеки та комфортності* впливають на транспортно-інфраструктурні чинники. Раціональне розподілення транспортних та людських потоків на ПП залежить від комфортної щільності та зручності переміщення пасажирів.

Для проведення подальшого дослідження побудуємо модель рівнів ієрархії чинників впливу на формування та розвиток ТПВ у аеропортах, згідно з методикою, запропонованою в праці [53]. Використовуючи отриманий (див. рис. 2.6) взаємозв'язок чинників, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах, можна його подати у вигляді графа взаємозв'язку (рис. 2.7). Номери чинників вважатимемо їхнім умовним кодом, а також, що кожний чинник – це є вершина графа. Для цього позначимо вершини графа:

- 1 – містобудівні чинники;
- 2 – функціонально-технологічні чинники;
- 3 – транспортно-інфраструктурні чинники;
- 4 – соціально-економічні чинники;
- 5 – чинники безпеки і комфортності пасажирів.

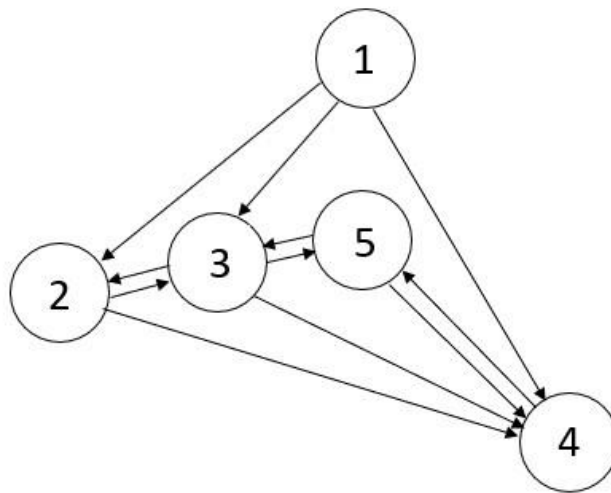


Рис. 2.7. Граф взаємозв'язків чинників, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

На основі даних рис. 2.7 побудуємо матрицю досяжності. Позначимо досяжні чинники $R(i)$, попередні чинники $A(i)$.

Тоді

$$P(i) = R(i) \cap A(i).$$

Звідси, вершини, які не досягаються із будь-якої вершини множини i , визначають певний рівень пріоритетів чинників, що належать до цих вершин. Додатковою умовою за цих обставин є забезпечення рівності.

$$A(i) = P(i).$$

Бінарна матриця $B = \{b_{ij}\}$ визначається так:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i \text{ залежить від } j; \\ 0, & \text{коли } i \text{ не залежить від } j. \end{cases}$$

Звідси,

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Сформуємо матрицю $(I + B)^k$, яка набуде такого вигляду

$$(I + B)^k = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Виконання сукупності вищенаведених дій дає змогу встановити рівні ієрархії для чинників, що впливають на формування ТПВ на території аеропортів. Визначення рівнів чинників впливу на основі залежностей (2.1) і (2.2) здійснимо шляхом використання ітераційних таблиць. Для визначення чинників першого рівня ієрархії - табл. 2.5, визначення чинників другого рівня - табл. 2.6.

Таблиця 2.5

Перша ітераційна таблиця

Фактори (i)	$R(i)$	$A(i)$	$R(i) \cap A(i)$
Містобудівні	1,2,3,4,5	1	1
Функціонально-технологічні	2,3,4,5	1,2,3,4,5	2
Транспортно-інфраструктурні	2,3,4,5	1,2,3,4,5	3
Соціально-економічні	2,3,4,5	1,2,3,4,5	4
Безпеки і комфортності пасажирів	2,3,4,5	1,2,3,4,5	5

Таблиця 2.6

Друга ітераційна таблиця

Фактори (i)	$R(i)$	$A(i)$	$R(i) \cap A(i)$
Функціонально-технологічні	2,3,4,5	2,3,4,5	2
Транспортно-інфраструктурні	2,3,4,5	2,3,4,5	3
Соціально-економічні	2,3,4,5	2,3,4,5	4
Безпеки і комфортності пасажирів	2,3,4,5	2,3,4,5	5

Отже, унаслідок виконання дій над елементами початкового графа (див. рис. 2.7) отримано упорядковану множину номерів чинників, кожний з яких, згідно з виконаними розрахунками, займає окремий рівень ієрархії, де перший рівень ієрархії отримує чинник {1}, на другому рівні {2,3,4,5}, Тоді синтезуємо

модель ієрархії, що імітує пріоритетність впливу вибраних чинників, які впливають на формування та розвиток ТПВ (рис. 2.8).

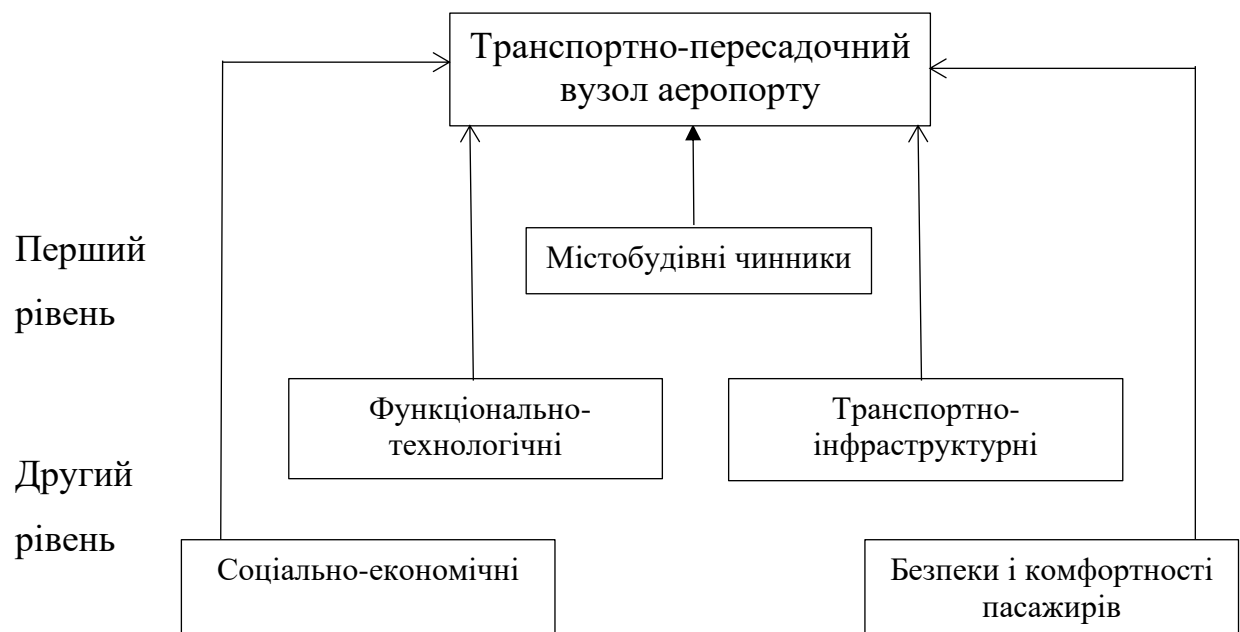


Рис. 2.8. Модель пріоритетного впливу чинників на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

На підставі проведеного аналізу встановлено, що чинники, які впливають на формування ТПВ, за своєю ієрархією розподілені на два рівні.

Ця ієрархія відображає взаємозв'язки між різними чинниками і показує, як вони впливають один на одного у процесі формування та розвитку транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах.

На основі моделі ієрархії чинників, побудуємо математичну модель взаємозв'язку чинників, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах, скориставшись теорією систем та сформулювавши систему рівнянь, що описують взаємодію між різними чинниками.

Позначимо наступні чинники:

- *MB* – містобудівні;
- *FT* – функціонально-технологічні;

- TI – транспортно-інфраструктурні;
- SE – соціально-економічні;
- SC – гарантування безпеки і комфортності пасажирів.

Позначимо вплив кожного чинника на інші як $w_{x,y}$, де x – чинник, який впливає, y – чинник, на який впливають. Тоді запишемо систему рівнянь, яка описує взаємозв'язок між цими чинниками:

$$MB = 0;$$

$$FT = w_{MB,FT} \cdot MB + k_{TI,FT} \cdot TI;$$

$$TI = w_{SE,TI} \cdot SE + w_{FT,TI} \cdot FT + w_{MB,TI} \cdot MB;$$

$$SE = w_{MB,SE} \cdot MB + w_{FT,SE} \cdot FT + w_{TI,SE} \cdot TI + w_{SC,SE} \cdot SC;$$

$$SC = w_{SE,SC} \cdot SE + w_{TI,SC} \cdot TI.$$

Ці рівняння відображають взаємозв'язки між чинниками та їх взаємний вплив на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. Коефіцієнти $w_{x,y}$ можна визначити на основі досліджень, статистичних даних або експертного оцінювання.

Підсумовуючи сказане вище, можна стверджувати, що першочерговими чинниками впливу на формування функціонально-просторової організації ТПВ за важливістю є: містобудівні, транспортно-інфраструктурні та функціонально-технологічні, які організують та розподіляють людські та транспортні потоки від міста до аеропорту, на привокзальній площі та всередині аеровокзалу. Зовнішні містобудівні чинники визначають кількість ТПВ у структурі аеровокзального комплексу. Чинники безпеки і комфортності пасажирів та соціально-економічні чинники обґрунтовують доцільність будівництва ТПВ в межах обслуговування пасажирів різних видів транспорту та фінансових доходів і витрат.

Загальна методика проектування ТПВ на території аеропортів ґрунтується на етапах комплексного функціонально-структурного аналізу архітектури аеропортів (додаток Л) [54]. Функціональний аналіз архітектурного об'єкта передбачає: натурне обстеження, порівняльний і статистичний аналізи (які

стосуються передового досвіду проектування) та комплексний аналіз чинників впливу. В цій методиці аналіз чинників впливу є першим етапом проектування ТПВ, що засвідчує їх важливість. Вихідним пунктом аналізу чинників, місцевості аеропорту та функціональної структури ТПВ є моделювання об'ємно-просторового рішення ТПВ, яке передбачає розроблення: вихідної, робочої й остаточної моделей.

2.3. Типи та класифікація транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Складність структури ТПВ визначається кількістю об'єктів (елементів) інфраструктури, що входять до його складу (залізничні вокзальні комплекси, станції метрополітену, морські та річкові вокзали, аеропорти, зупинки міського пасажирського транспорту тощо), потужністю транспортних та пішохідних пасажиропотоків, розгалуженістю технологічних зв'язків між окремими його об'єктами (елементами) та ступенем їх взаємодії та умовами експлуатації тощо. Отже, складність багатокomпонентності ТПВ встановлює та визначає їх різноманітні класифікації.

У межах дослідження ТПВ у структурі аеропортів класифікація ТПВ для транспортного обслуговування мешканців великих міст та міських агломерацій не зовсім доречна. Через це стає актуальною структурна і однозначна класифікація ТПВ, що дасть можливість найефективніше планувати перспективу розвитку їхніх пасажирських та транспортних систем на території аеропортів.

Питання класифікації транспортно-пересадочних вузлів вивчали багато вітчизняних та закордонних учених. На сьогодні існує безліч варіантів класифікацій ТПВ. Кожний автор висвітлює проблему з погляду конкретного наукового дослідження. Тому варто проаналізувати узагальнені показники та критерії різних варіантів класифікацій ТПВ та виявити ті, які найбільше задовольняють завдання аналізу функціонування ТПВ у структурі аеропортів, об'єднавши їх у єдиний класифікатор.

Однією з актуальних систематизацій ТПВ є транспортна класифікація на основі окремих класифікаційних ознак:

- призначення ТПВ;
- рівень величини пасажиропотоку;
- види пересадок, що реалізуються в ТПВ;
- рівень забезпечуваних міжтранспортних зв'язків.

За призначенням ТПВ поділяються на три типи: регіональні (забезпечують пересадку пасажирів приміських видів транспорту, наземних видів міського пасажирського транспорту та метрополітену), міські ТПВ (забезпечують пересадку пасажирів системи НПТ та метрополітену, а також попутне обслуговування пасажирів та відвідувачів ТПВ об'єктами соціальної та торгової інфраструктури) та міжрегіональні (забезпечують пересадку пасажирів зовнішнього та приміського транспорту між собою та на різні системи міського пасажирського транспорту).

Величина пасажиропотоку транспортно-пересадочного вузла – показник, який враховує кількість пасажирів, які проходять через ТПВ у «пікові» години. За величиною пасажиропотоку виокремлюють чотири класифікаційні групи: малі, середні, великі та надвеликі ТПВ:

- 18 і менше тис. пасажирів у ранкову годину пік – малі ТПВ;
- від 18 до 35 тис. пасажирів у ранкову годину пік – середні ТПВ;
- від 35 до 50 тис. пасажирів у ранкову годину пік – великі ТПВ;
- 50 тис. пасажирів у ранкову годину пік і більше – надвеликі ТПВ.

Види пересадок, що реалізуються у ТПВ, діляться на внутрішньомережні та комплексні. Під час класифікації ТПВ необхідно зважати на види взаємодіючого транспорту через постійні та змінні складові транспортних систем. Постійна складова – громадський транспорт (автобуси, трамваї, тролейбуси, метрополітен, монорейка тощо), а змінна – залізничний транспорт, повітряний транспорт, морський транспорт. На сьогодні існують такі варіанти перетину залежно від видів взаємодіючого транспорту:

1. Громадський транспорт – громадський транспорт.
2. Громадський транспорт – залізничний транспорт.
3. Громадський транспорт – повітряний транспорт.
4. Громадський транспорт – морський транспорт.
5. Громадський транспорт – залізничний – морський транспорт.
6. Громадський транспорт – морський – повітряний транспорт.
7. Громадський транспорт – залізничний – повітряний транспорт.
8. Громадський транспорт – залізничний – повітряний – морський.

Поряд з транспортною класифікацією виокремлюють містобудівну класифікацію ТПВ, що розглядає ТПВ як найважливіший елемент планувальної структури міста та визначає положення ТПВ щодо системи центрів, затвердженої у складі генплану розвитку будь-якого міста. Ця класифікація була отримана на підставі аналізу закордонних громадсько-транспортних центрів (м. Кембридж (США), площа Бонавантюр м. Монреаль (Канада), м. Більбао (Іспанія), Оксфорд м. Лондон). Головне призначення містобудівних центрів – розвиток поліцентричної системи міста. Окрім центрального ядра міста розрізняють два види центрів: міські багатофункціональні та локальні громадські [55].

Відповідно до наявної системи центрів можна назвати такі ТПВ: *центрального ядра міста; міського громадського центру; локального громадського центру; розміщені не в системі міських центрів.*

Продемонструвати загальну класифікацію ТПВ у вигляді структурної схеми можна на основі транспортної та містобудівної класифікації (рис. 2.9).

Для дослідження взаємодії об'єктів інфраструктури аеровокзального комплексу та формування пасажиропотоків на привокзальній площі у транспортних вузлах, з подальшим виділенням їхньої класифікації варто уточнити базові схемні рішення ТПВ та їхню термінологію. Використовувана термінологія та базові схемні рішення об'єктів дослідження наведені в додатку М.

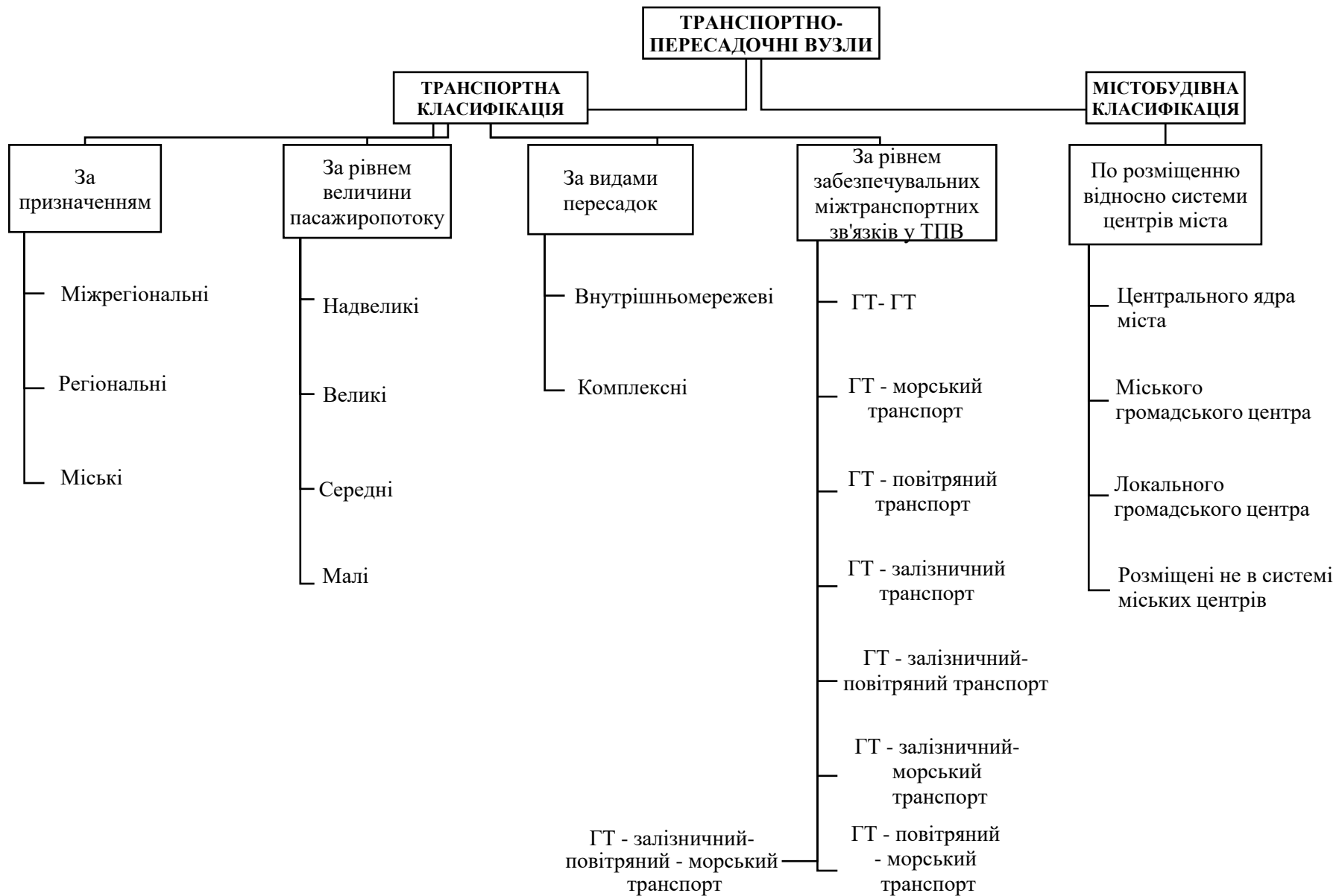


Рис. 2.9. Класифікація ТПВ (ГТ – громадський транспорт)

Визначивши базову термінологію ТПВ, перейдемо до розгляду їх особливостей формування. Із проведеного аналізу функціонально-просторової організації ТПВ в аеропортах (розділ 1.2) можна виокремити характерні особливості планувальних рішень ТПВ у структурі аеропорту (табл. 2.7), які допоможуть сформулювати класифікацію ТПВ на базі аеровокзального комплексу.

Таблиця 2.7

Особливості структурно-планувальних рішень транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів

Місцезнаходження ТПВ	Характерні особливості планувального рішення ТПВ
Аеропорт «Шарль де Голль» (Франція)	Горизонтальне розташування зон ТПВ, суміщений вокзал-аеропорт, дві залізничні станції “Aeroport Charles-de Gaulle 1” і “Aeroport Charles-de Gaulle 2- TGV”. ТПВ розташований між будівлями терміналу 2
Аеропорт «Цюрих» (Швейцарія)	Вертикальне розділення пересадочного вузла. Транспортна розв’язка – національна залізнична станція під будівлею терміналу. Автобусна зупинка на наземному рівні. Багаторівневі паркінги біля будівлі терміналу.
Аеропорт «Чикаго О’Хара» (США)	Вертикальне розділення пересадочного вузла. Пересадковий вузол - кінцева зупинка метро під трьома з чотирьох будівель аеровокзалу
Аеропорт «Інчхон» (Південна Корея)	Розв’язка має вертикальне зонування – кілька міських і національних залізничних вокзалів пов’язані з одним терміналом. Віялоподібний центр містить п’ять залізничних систем: високорівневе легкорельсове сполучення, місцева залізниця (платформа 150 м), національна високошвидкісна залізниця (платформа 400 м), майбутній міжтермінальний швидкісний транзит і на найнижчому рівні – багажна система
Міжнародний аеропорт «Ланьчжоу Чжунчуань» (Китай)	Транспортний вузол складається з двоповерхової будівлі та двох громадських паркінгів. Підземний поверх містить платформу для стоянок таксі, дві наземні платформи для міжміських автобусів, трансферів до аеропорту та громадських автобусів, а також чотири смуги для транспортних засобів, одна з яких зарезервована для VIP, а решта призначені для громадського транспорту
Аеропорт «Франкфурт-на-Майні» (Німеччина)	Залізничний вокзальний комплекс регіонального сполучення, національна залізнична станція (високошвидкісна лінія ICE Кельн – Рейн – Майн), центр AIRail, високотехнологічний офісно-готельний комплекс, розташований над національною залізничною станцією

Отже, на підставі аналізу структурно-планувальних рішень ТПВ на території аеропортів (табл. 2.6) можна виокремити найзначущі критерії для формування подальшої класифікації ТПВ на основі аеропортового комплексу:

- ТПВ за кількістю під'єднаних залізничних ліній (за участю залізничного транспорту);
- ТПВ за функціонально-планувальною організацією (ФПО);
- ТПВ за формою привокзальної площі.

Спочатку систематизуємо класифікатор ТПВ за критерієм кількості під'єднаних залізничних ліній, поданий на рис. 2.10 (додаток Н).

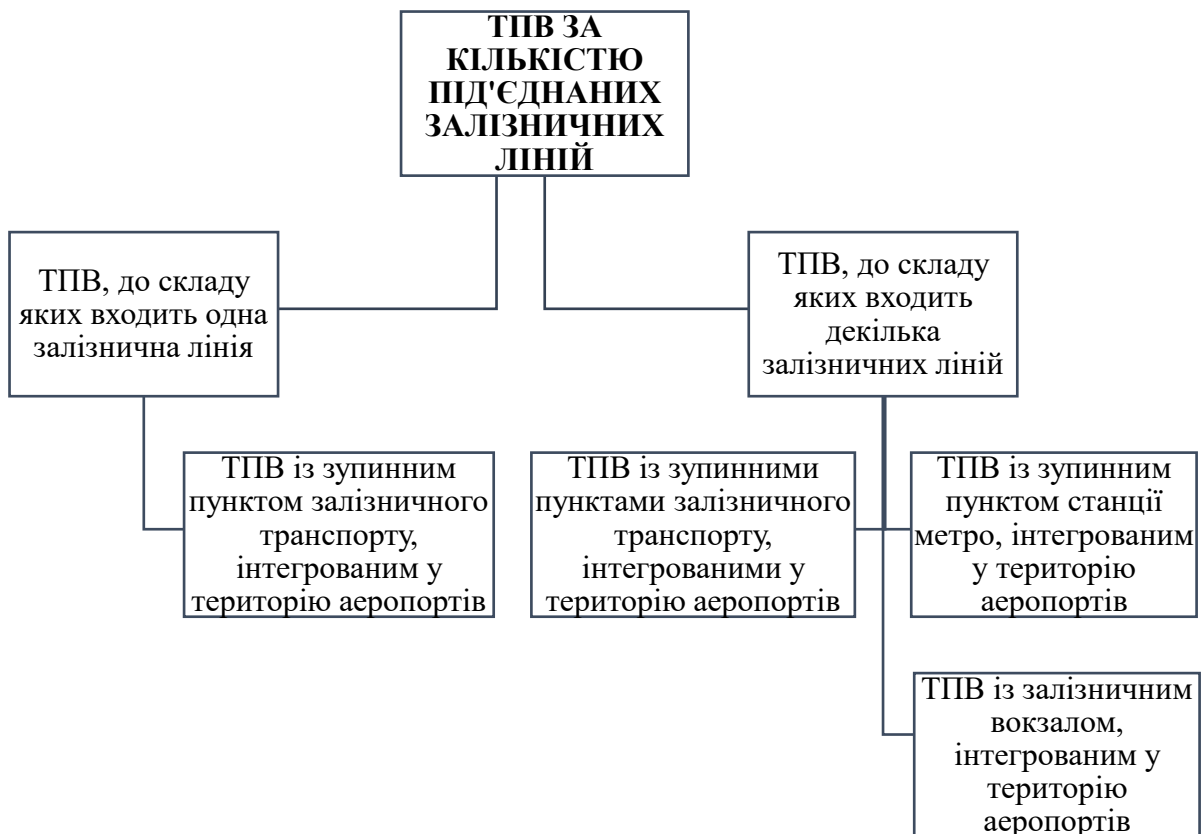


Рис. 2.10. Класифікація ТПВ за критерієм кількості під'єднаних залізничних ліній

Формування ТПВ на території аеропортів з пасажиропотоком понад 2 млн пас. на рік переважно відбувається за участю залізничного транспорту: залізничних вокзалів, головних пасажирських станцій, зонних станцій та зупинних пунктів.

У процесі розроблення функціонально-просторової організації ТПВ на території аеропортів, оцінювання перспектив необхідності та етапності їх розвитку з найменшими витратами на реконструкцію та спорудження, одним із найважливіших питань є виділення класифікаційних груп ТПВ, схожих за особливостями сформованої інфраструктури та умовами функціонування. Особливістю завдання класифікації ТПВ, сформованих на території аеропорту, на відміну від міських ТПВ, є те, що напрямки залізничних ділянок, розміщення на них залізничних станцій і зупинних пунктів під час формування ТПВ, в більшості випадків можна вважати заданим. Це пов'язано з тим, що здебільшого аеропорти розташовуються поза містом і тому напрямки залізничних ліній до аеропорту задається вже сформованою аеропортовою транспортною системою.

Інфраструктура транспорту в ТПВ на території аеропорту, як зазначалося вище, найчастіше подана залізничними вузлами, а саме залізничними вокзалами, головними пасажирськими станціями, зупинковими пунктами, а також кількістю залізничних ліній, що входять до ТПВ. Тому класифікація ТПВ, сформована за участю залізничного транспорту, має брати до уваги дві групи ТПВ за кількістю залізничних ліній (одна чи дві і більше), а також підгрупи ТПВ усередині груп залежно від типу роздільного пункту та потужності його пасажиропотоку. Отже, у першій групі можлива підгрупа ТПВ, сформована за участю зупинного пункту залізничного транспорту, інтегрованого в територію аеропортів, до складу якого входить одна станція або один пункт зупинки однієї залізничної лінії. Друга група має ТПВ, до складу яких входять два і більше ЗП або дві і більше станцій двох і більше залізничних ліній з відповідними підгрупами (рис. 2.10, додаток Н). [56].

Як зазначалося вище, у додатку Н систематизовані ТПВ сформовані за критерієм кількості під'єднаних залізничних ліній залежно від взаємодіючих у ньому видів транспорту, типу планувального рішення та рівня величини пасажиропотоку. В класифікації наведені принципові схеми кореспонденцій пасажиропотоків, а також приклади ТПВ міжнародних аеропортів [57].

У запропонованій класифікації (рис. 2.10) можна виокремити види транспорту, що забезпечують прибуття основного розподіленого пасажиропотоку, та види транспорту зі значно меншою величиною пасажиропотоку, що істотно не впливають на функціонально-просторову організацію ТПВ. Основний пасажиропотік, як правило, забезпечується залізничним транспортом та метрополітеном, а другорядний – наземним пасажирським транспортом та індивідуальним автотранспортом.

Відтак проаналізуємо аеропорти за класифікацією кількості під'єднаних залізничних ліній (рис. 2.10, додаток Н).

Міжнародний Аеропорт «Бориспіль» має залізничну станцію біля терміналу «D» та зупинку наземного пасажирського транспорту на привокзальній площі, що формує ТПВ із зупинним пунктом залізничного транспорту, інтегрованим у територію аеропорту.

Міжнародний аеропорт «Портленд» (США) містить транспортну розв'язку, що є кінцевою зупинкою міського легкорейкового транспорту біля будівлі аеровокзалу. Кінцева зупинка легкорейкового транспорту Tri-met MAX Red Line, є однією з кількох міських залізничних ліній, розміщених безпосередньо біля будівлі аеровокзалу. Отже, можна стверджувати, що ТПВ сформований завдяки зупинному пункту станції метро, інтегрованому в територію аеропорту.

Міжнародний аеропорт «Манчестер» (Англія) має вертикальний тип просторової організації транспортної розв'язки, яка складається з міського залізничного вокзалу та автовокзалу, сполученої з трьома будівлями аеровокзалу довгими коридорами і переходами («Скайлінк»). Транспортно-пересадочний вузол, який містить міську залізничну станцію, забезпечує 15-хвилинну подорож до центру Манчестера. Зала першого рівня транспортного вузла обслуговує автобусний вокзал, а зала підземного рівня – залізничну станцію. Переходами та коридорами між ТПВ і терміналами є вестибюлі різних рівнів «Скайлінк».

Аеропорт «Вашингтон» імені Рональда Рейгана (США) має транспортну розв'язку ТПВ, сформованого за участю зупинних пунктів залізничного транспорту, інтегрованих у територію аеропорту, до складу яких входить метро, що з'єднує дві із трьох будівель аеровокзалу.

Міжнародний аеропорт «Сан-Франциско» (США) містить кінцеву обмінну станцію метро, яка з'єднана з п'ятьма окремими будівлями аеровокзалів за допомогою трамвайного та автобусного транспорту.

Закордонна практика проектування ТПВ наводить різноманітні рішення організації пересадочних вузлів (додаток П). Нинішні схеми планування можна класифікувати за критерієм ФПО (рис. 2.11):

– *ТПВ із залізничним вокзалом, інтегрованим у територію аеропортів* (ТПВ термінала 4 аеропорту Мадрида, ТПВ терміналів 1, 2 аеропорту Берліна, ТПВ термінала 1 аеропорту Франкфурта на Майні, ТПВ аеропорту Ланьчжоу Чжунчуань, ТПВ терміналів 1, 2, 3 аеропорту Ханеда (Японія));

– *ТПВ із автобусним вокзалом, інтегрованим у територію аеропортів;*

– *ТПВ без під'єднання залізниці* (аеропорт «імені короля Шаки» (ПАР), аеропорт «Кейптаун» (ПАР), аеропорт «Братислава-Іванки» (Словаччина), аеропорт «Вільнюс» (Литва));

– *ТПВ із залізничним та автобусним вокзалами, інтегрованими у територію аеропортів* (ТПВ аеропорту «Манчестер» (Англія), ТПВ аеропорту «Цюрих» (Швейцарія)).

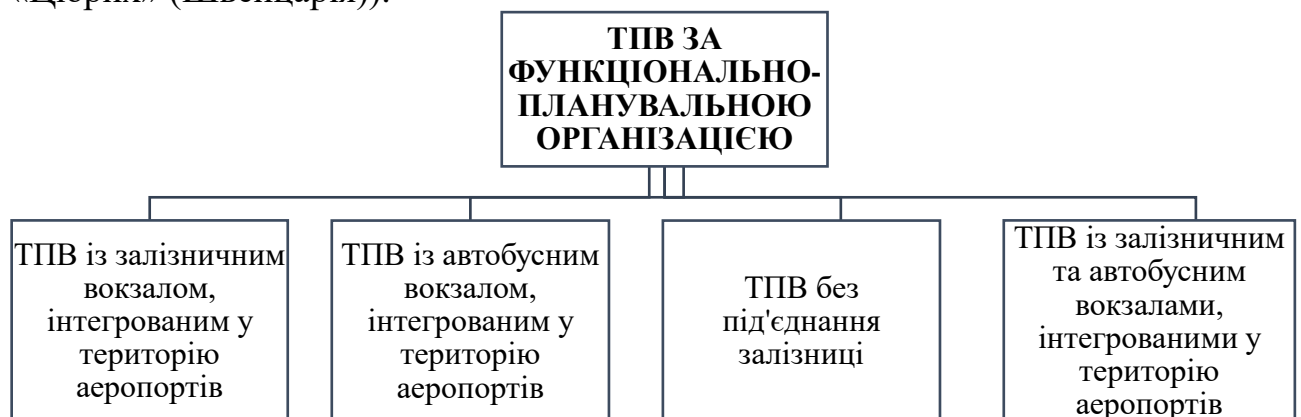


Рис. 2.11. Класифікація ТПВ за критерієм функціонально-планувальної організації


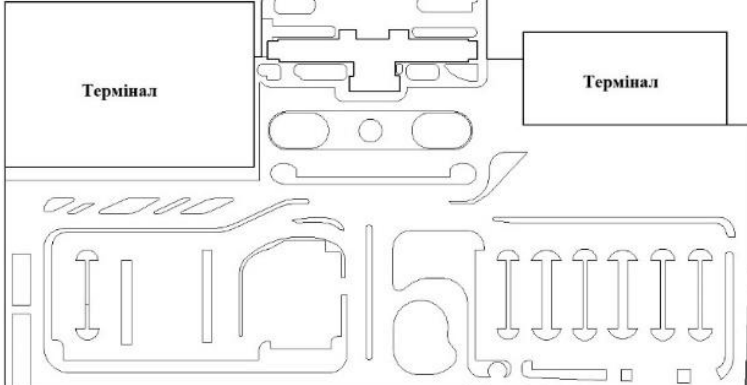
Дослідження ТПВ дало змогу виділити третій критерій класифікації, а саме форму привокзальної площі. Тому проаналізувавши вітчизняний і закордонний досвід ТПВ на території аеропортів, встановимо класифікацію за формами привокзальних площ (табл. 2.8):

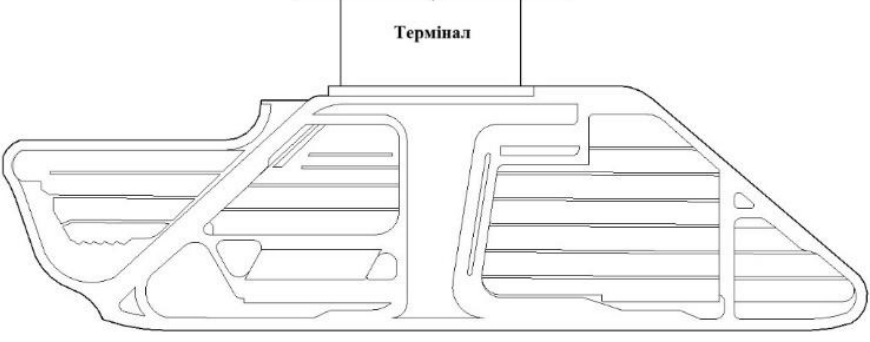
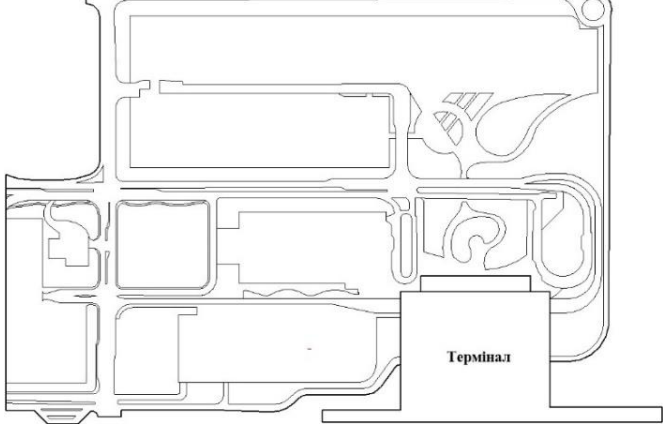
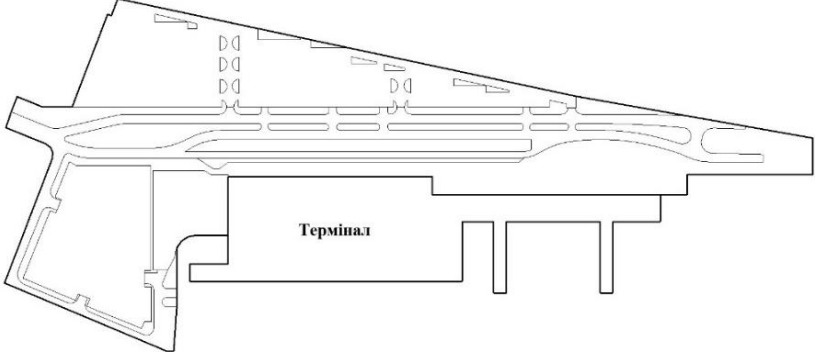
- *лінійні площі* (аеропорт «Бориспіль» (термінал «D»));
- *прямокутні* (аеропорти: «Бориспіль» (термінали «F», «B»), «Харків»);
- *трапецієподібні* (аеропорт «Загреб» (Хорватія));
- *квадратні* (аеропорти: «імені короля Шаки» (ПАР), «Київ-Жуляни»);
- *трикутні* (аеропорт «Львів імені Данила Галицького»).

Із зазначених вище форм ділянок привокзальних площ найфункціональнішою можна вважати прямокутну, оскільки вона забезпечує протяжність фронту висадки-посадки пасажирів по всій довжині аеровокзалу та забезпечує пішохідні відстані в межах 180 м.

Таблиця 2.8

Класифікація транспортно-пересадочних вузлів за формою привокзальної площі

№ з/п	Тип ТПВ	Схема площі
1	Лінійний (аеропорт «Бориспіль» (термінал D))	
2	Прямокутний (аеропорт «Харків»)	

№ з/п	Тип ТПВ	Схема площі
3	Трапецієподібний (аеропорт «Загреб» (Хорватія))	
4	Квадратний (аеропорт «імені короля Шаки» (ПАР))	
5	Трикутний (аеропорт «Львів імені Данила Галицького»)	

Підсумовуючи всі визначені та встановлені класифікації ТПВ на території аеропортів, можна сформуванати загальну аеропортову класифікацію ТПВ у вигляді структурної схеми, поданої на рис. 2.12.

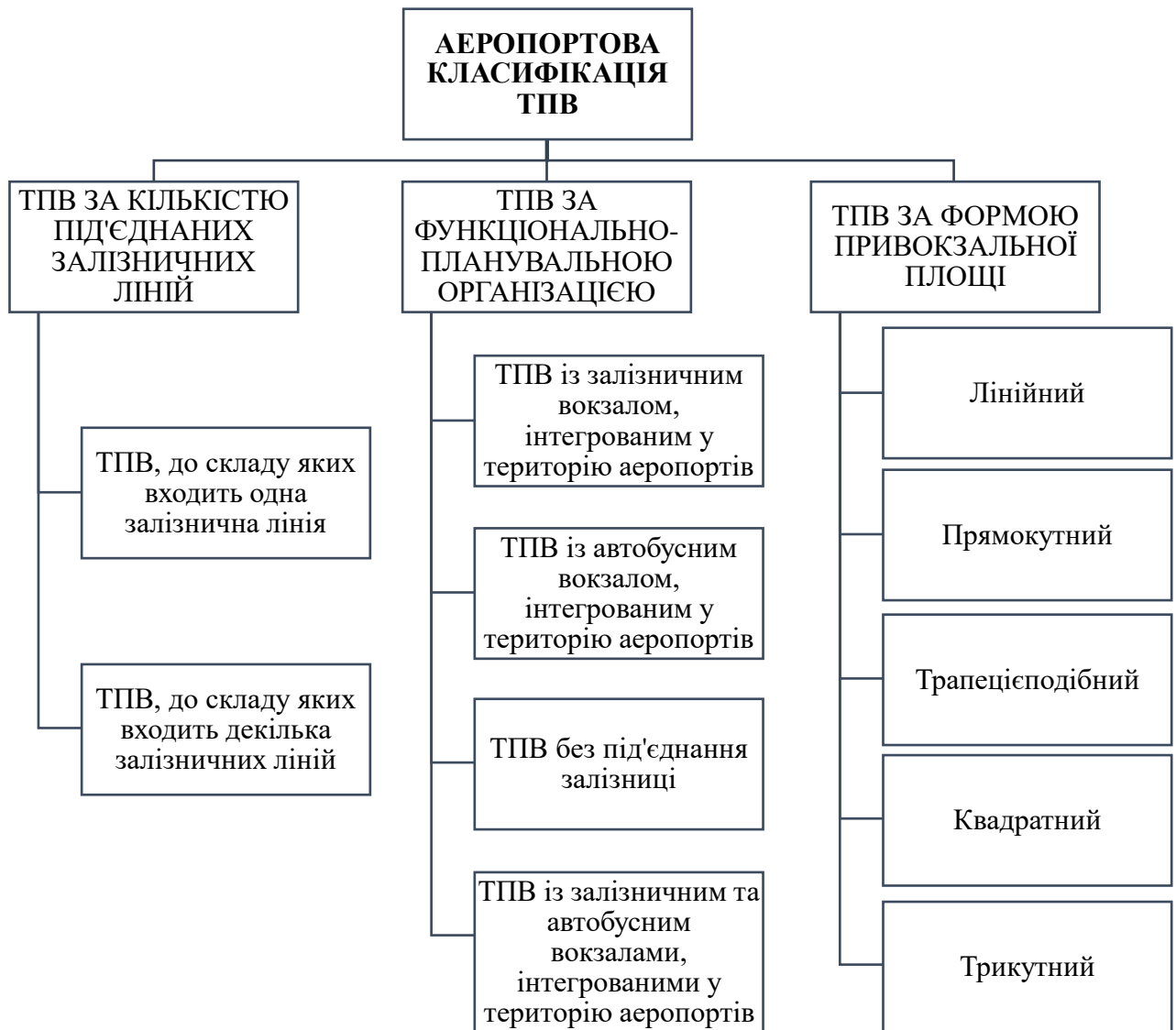


Рис. 2.12. Аеропортова класифікація ТПВ

Отже, дослідження типології транспортних вузлів дало змогу виокремити такі критерії класифікації ТПВ на території аеропортів: кількість під'єднаних залізничних ліній, функціонально-планувальна організація ТПВ та форма привокзальної площі. Класифікація ТПВ за критерієм кількості під'єднаних залізничних ліній має такі складові ознаки: ТПВ, до складу яких входить одна залізнична лінія; ТПВ, до складу яких входить декілька залізничних ліній (дві і більше). Класифікація ТПВ за функціонально-планувальною організацією має

такі компоненти: ТПВ із залізничним вокзалом, інтегрованим у територію аеропортів; ТПВ із автобусним вокзалом, інтегрованим у територію аеропортів; ТПВ без під'єднання залізниці; ТПВ із залізничним та автобусним вокзалами, інтегрованими в територію аеропортів. Класифікація ТПВ за формою ПП має лінійну, прямокутну, трапецієподібну, квадратну та трикутну типологію. На основі визначених типів класифікацій ТПВ було сформовано загальну аеропортову класифікацію (рис. 2.8), яка може стати доповненням до вже наявних транспортної та містобудівної систематизацій ТПВ.

2.4. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Ефективність параметрів місць прибуття та відправлення людей перед аеровокзалом можна оцінити за допомогою таких методів: коефіцієнта використання протяжності фронтів висадки і посадки пасажирів та співвідношення обсягу площі до потужності пасажиропотоку. Метод розрахунку довжини фронту привокзальної площі враховує такі показники: погодинну кількість ТЗ, час їхнього перебування біля площі прибуття чи відправлення та необхідної довжини кишені для паркування транспортного засобу (7,6 м для автомобілів та 15 м для громадських автобусів) [58]. Необхідна довжина ПП розміщена для найзавантаженіших годин, коли створюється найвищий попит. Математично це можна подати так [58]:

$$R_a = V \cdot \frac{D_i}{60} \cdot L,$$

де R_a – середня довжина площі прибуття та відправлення, необхідна для розміщення транспортних засобів, що зупиняються біля площі; V – кількість транспортних засобів, які зупиняються біля місць прибуття та відправлення на годину; D_i – середній час очікування автомобіля біля бордюру (у хвиликах); L – середня довжина місця зупинки одного транспортного засобу.

Щоб оцінити ефективність використання привокзальної площі, введено коефіцієнт використання наявної проїжджої частини – співвідношення між необхідною довжиною площі висадки та посадки пасажирів та дійсної протяжності площі прибуття або відправлення.

Метод розрахунку довжини площі підходить для використання на ранніх стадіях планування та проектування нового фронту прибуття та відправлення. Цей метод використовується для обчислення протяжності бордюру, необхідної для обслуговування заданого попиту пасажирів, але він не забезпечує прогнозування таких параметрів, як середня затримка або ймовірність черги. Крайню смугу проїжджої частини можна розглядати як низку зупинних місць, кожне з яких може вмістити один транспортний засіб. Середня кількість ТЗ, яку може обслужити кожне місце протягом певного періоду часу, обернено пропорційна середній тривалості часу (час перебування транспортного засобу), протягом якого транспортний засіб займає місце біля площі).

Отже, фронт ПП для висадки та посадки пасажирів перед аеровокзалом можна вважати довжиною пішохідної зони транспортно-пересадочного вузла, оскільки це місце є обмінним пунктом пересадки. Тому, в цьому контексті, доцільно проаналізувати зонування ТПВ на території аеровокзальних комплексів для визначення їх габаритів та показників площ відповідних зон.

Варто зазначити, що транспортно-пересадочний вузол становить собою комплекс структурних елементів, які можна розподілити за відповідними зонами: транспортно-пішохідна, зона архітектурних споруд та об'єктів соціального призначення (за наявності) і резервна зона (за наявності) (рис. 2.13). [59, 60, 61].

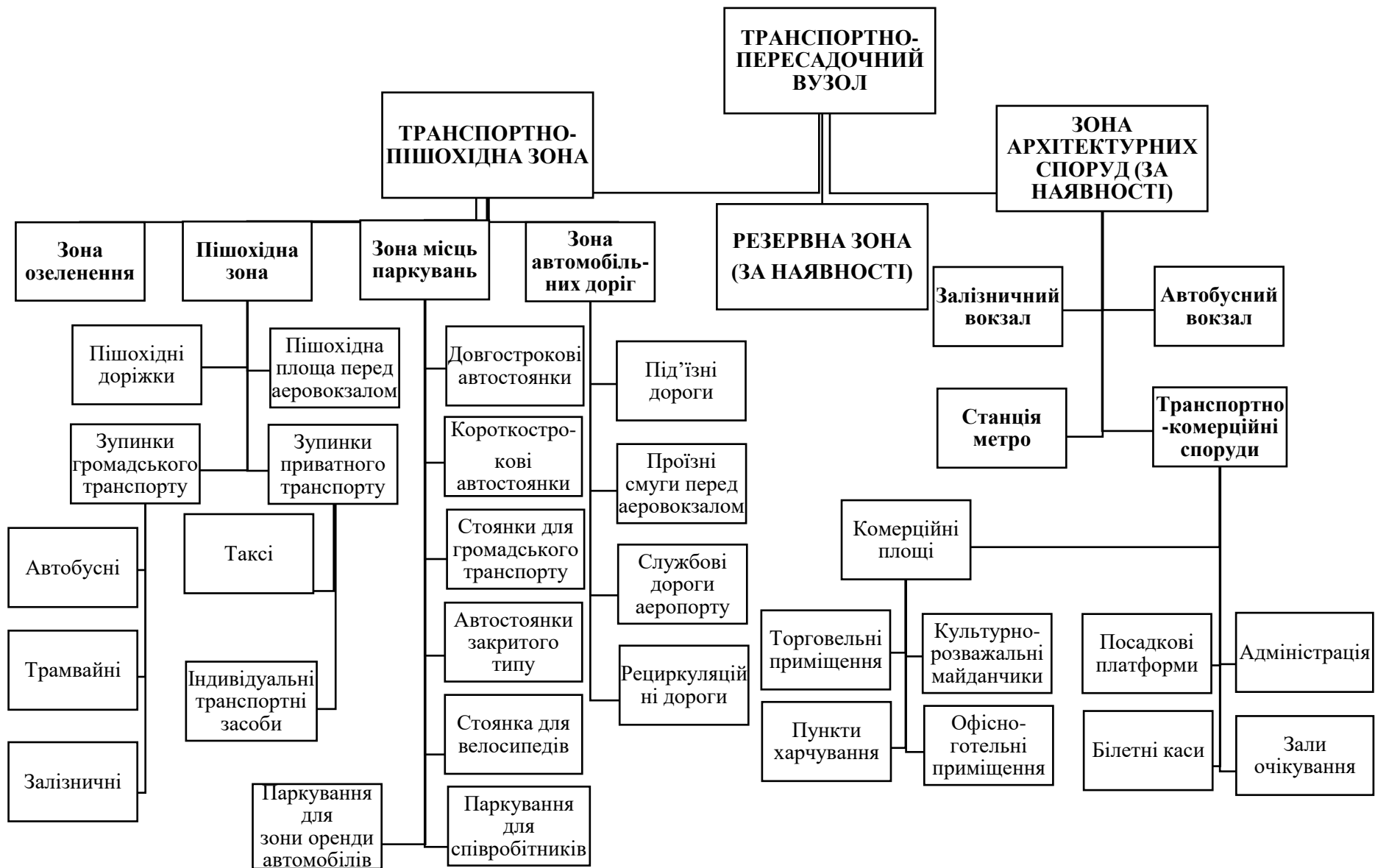


Рис. 2.13. Структура ТПВ на території аеропорту

Транспортно-пішохідна зона є основною одиницею аеропортового ТПВ, де розміщуються зупинні пункти різних видів транспорту та транспортно-пішохідні шляхи, що об'єднують пункти пересадки пасажирів (рис. 2.14). Транспортно-пішохідна зона розташовується на привокзальній площі, де здійснюються пересадки пасажирів між маршрутами перед аеровокзалом. Відповідно ця територія складається з таких підзон: зони озеленення та благоустрою, пішохідної території, зони місць паркування і проїзних частин та зони автомобільних доріг [62].

Зона озеленення та благоустрою складається з місць відпочинку пасажирів та зелених насаджень.

Пішохідна зона містить доріжки та пішохідну площу перед аеровокзалом та зупинки громадського та приватного транспорту. Оскільки зупинки транспорту складаються з ділянки скупчення пасажирів перед пересадкою та місцем зупинки транспорту, то їх можна включити до складу пішохідної зони. Своєю чергою, зупинки ГТ класифікуються на автобусні, трамвайні та залізничні пункти висадки та посадки пасажирів. До приватного транспорту належать зупинки таксі та індивідуальних транспортних засобів.

Зона місць паркування та проїжджих частин складається з паркувальних майданчиків, які можна класифікувати на такі типи:

1. Короткострокові автостоянки для приватного транспорту.
2. Довгострокові автостоянки, що обслуговують приватний транспорт на добу і більше.
3. Стоянки для громадського транспорту (автобусів, трамваїв та таксі).
4. Автостоянки закритого типу (будівлі багаторівневих паркінгів).
5. Стоянка для велосипедів (зазвичай для співробітників аеропорту).
6. Стоянка для співробітників – зарезервована для осіб, які працюють в аеропорту.
7. Паркувальні місця для зони оренди автомобілів – використовуються для зберігання автомобілів, а також для їхнього обслуговування (заправлення, мийка).

Зона автомобільних доріг містить транспортні сполучення, які розподіляються на такі типи (рис. 2.14):

1. Службові дороги аеропорту – громадські та приватні дороги всередині аеровокзального комплексу, що забезпечують доступ до аеровокзалів, паркувальних місць, інших споруд аеропорту й регіональних, магістральних автомобільних доріг/шосе.

2. Під'їзні дороги – забезпечують рух транспорту між мережею доріг області, магістральних доріг та зоною аеровокзального комплексу.

3. Проїзні смуги перед аеровокзалом – дороги, розташовані поруч із площами прибуття та відправлення пасажирів і призначені для висадки та посадки пасажирів перед аеровокзалом.

4. Рециркуляційні дороги – транспортні шляхи, призначені для приватного та громадського транспорту, для висадки та посадки пасажирів у межах зупинних пунктів та на територіях паркувальних майданчиків.

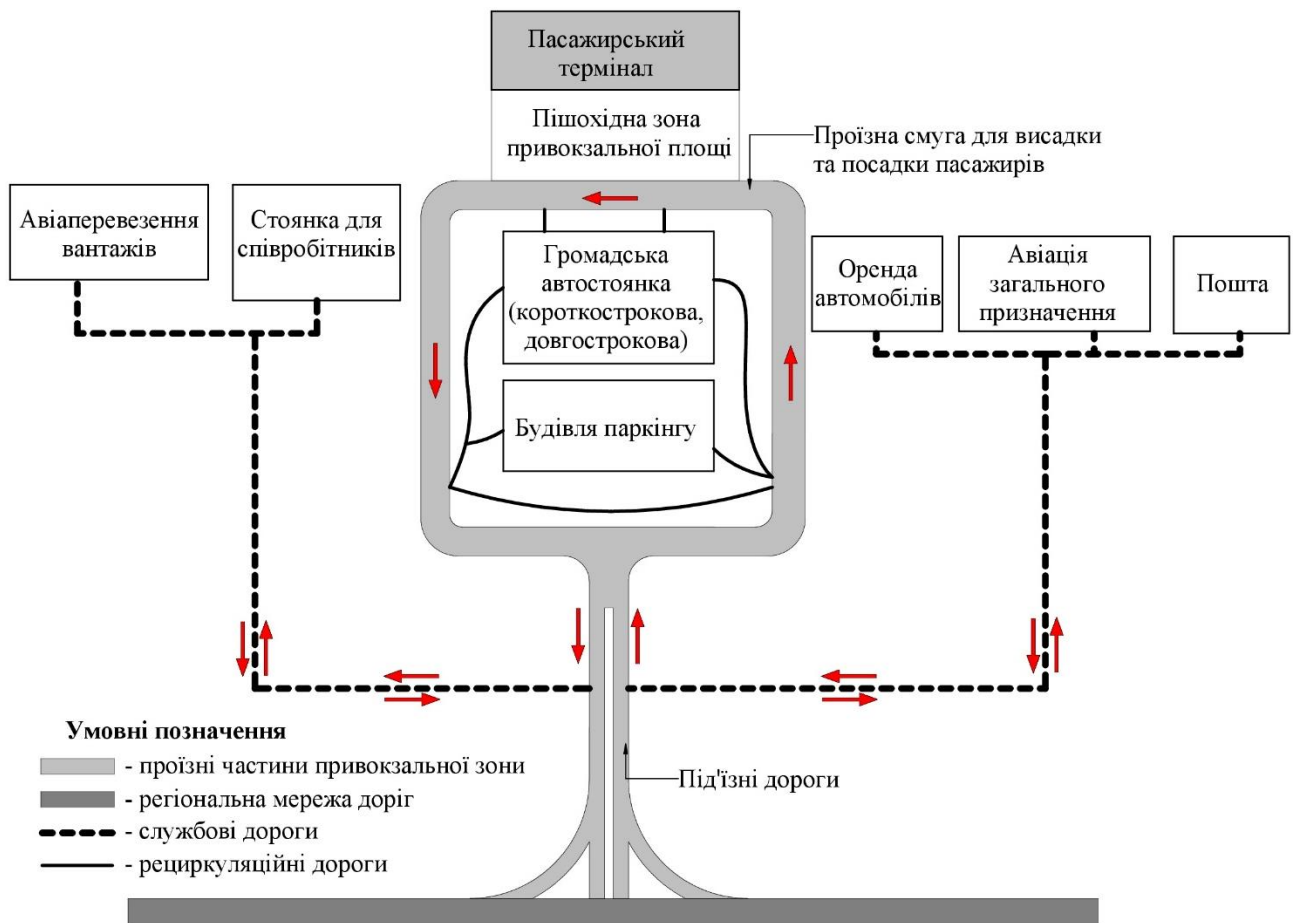


Рис. 2.14. Планувальна структура привокзальної площі

Зона архітектурних споруд (за наявності). У разі формування ТПВ на основі вокзалу, станції громадського транспорту чи транспортно-комерційної споруди на території АК до структури ТПВ додається зона архітектурних споруд та об'єктів соціального призначення. До її складу може входити: залізничний чи автобусний вокзал, станція метро та інші транспортно-комерційні споруди. Своєю чергою, до кожної транспортної будівлі входять такі основні приміщення: адміністрація, зали очікування, квиткові каси та посадкові платформи. Для надання додаткових послуг можуть виділятися комерційні площі: торговельні, культурно-розважальні, харчувальні тощо, що підвищує інвестиційну привабливість ТПВ [62].

Прикладом ТПВ із зоною архітектурних споруд є аеропорт Франкфурта (Німеччина). Головним елементом транспортного вузла аеропорту виступає центр AIRail, який є офісно-готельним комплексом, розташованим над національною залізничною станцією. Він має дев'ять поверхів загальною площею 185 000 м² із багатьма комерційними площами та об'єктами додаткового обслуговування [16]. Також варто зазначити інші ТПВ, до складу яких входять транспортні споруди, а саме: аеропорт «Мадрид» (Іспанія) – залізнична, багаторівнева станція перед терміналом; аеропорт «Ланьчжоу Чжунчуань» (Китай) – міжнародний транспортний вузол, розташований між терміналом і станцією міжміської залізниці «Чжунчуань» та містить різні види транспорту: міжміські автобуси, таксі, трансфер до аеропорту та залізничний транспорт [17]; аеропорт «Інчхон» у Сеулі (Республіка Корея) – транспортний вузол, який містить декілька залізничних систем: легкорейкове сполучення, місцева залізниця, національна високошвидкісна залізниця та міжтермінальний швидкісний транзит [16].

Резервна зона (за наявності). Розширення та розбудова ТПВ можливе шляхом використання резервної території у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту, його попиту та інтенсивності прибуття транспортних засобів або в разі її відсутності — влаштування багаторівневого вузла з відокремленими площами прибуття та відправлення пасажирів [62].

Підсумовуючи теоретичну частину дослідження складу ТПВ на території аеропортів, можна стверджувати, що основною зоною є транспортно-пішохідна територія, яка визначає габарити та форму транспортно-пересадочного вузла.

Звідси, на практичному прикладі проаналізуємо транспортно-пересадочний вузол терміналу «В» аеропорту «Бориспіль» (рис. 2.15), визначивши його структуру та складові елементи. ТПВ терміналу «В» найбільшого аеропорту України містить лише транспортно-пішохідну зону. Територія транспортного вузла займає значну прилеглу частину привокзальної площі перед будівлею аеровокзалу, що зумовлюється наявністю великого обсягу паркувальних місць. Доцільно вважати, що наявність різних типів транспортних засобів під час пересадок на території ТПВ визначає його межі та габарити. Отже, розмірами ТПВ терміналу «В» є транспортно-пішохідна територія, яка ділиться на такі підзони (рис. 2.15):

- зона озеленення та благоустрою – 8,2 тис. м²;
- пішохідна зона — 5,35,3 тис. м²;
- зона місць паркування та проїжджих частин – 21,45 тис. м²;
- зона автомобільних доріг – 13,8 тис. м².

Зона озеленення та благоустрою містить клумби та зелені насадження.

Пішохідна зона складається з доріжок та площі перед аеровокзалом, яка є головною пішохідною територією транспортно-пересадочного вузла, де формуються основні пасажиропотоки для процесу пересадки з літака на інші види транспорту та навпаки. До складу пішохідної зони також входять зупинки громадського та приватного транспорту, тобто місця скупчення та очікування пасажирів для пересадки на транспортні засоби.

Зона місць паркування та проїжджих частин охоплює: автобусну стоянку, короткострокову та довгострокову стоянку, проїжджі частини та паркування для співробітників.

Зона автомобільних доріг складається з під'їзних, рециркуляційних, службових та проїзних (проїзні смуги привокзальної площі) доріг.

Підсумовуючи аналіз транспортного вузла терміналу «В» аеропорту «Бориспіль», можна виокремити відсоткові співвідношення площ у ТПВ (рис. 2.16). З графіка видно, що найбільший відсоток займає зона паркувань – 45,0 %, пішохідна зона становить 11,0 %, зона автомобільних доріг – 28,0 %, зона озеленення – 16,0 %. Із проведеного аналізу можна зробити висновок, що 1/2 частина вузла (45,0 %) відводиться під зону паркування, пішохідна зона становить 1/9 частину (11,0 %), ділянка доріг – 1/3,5 частину (28,0 %), зона озеленення – 1/6 частину (16,0 %).

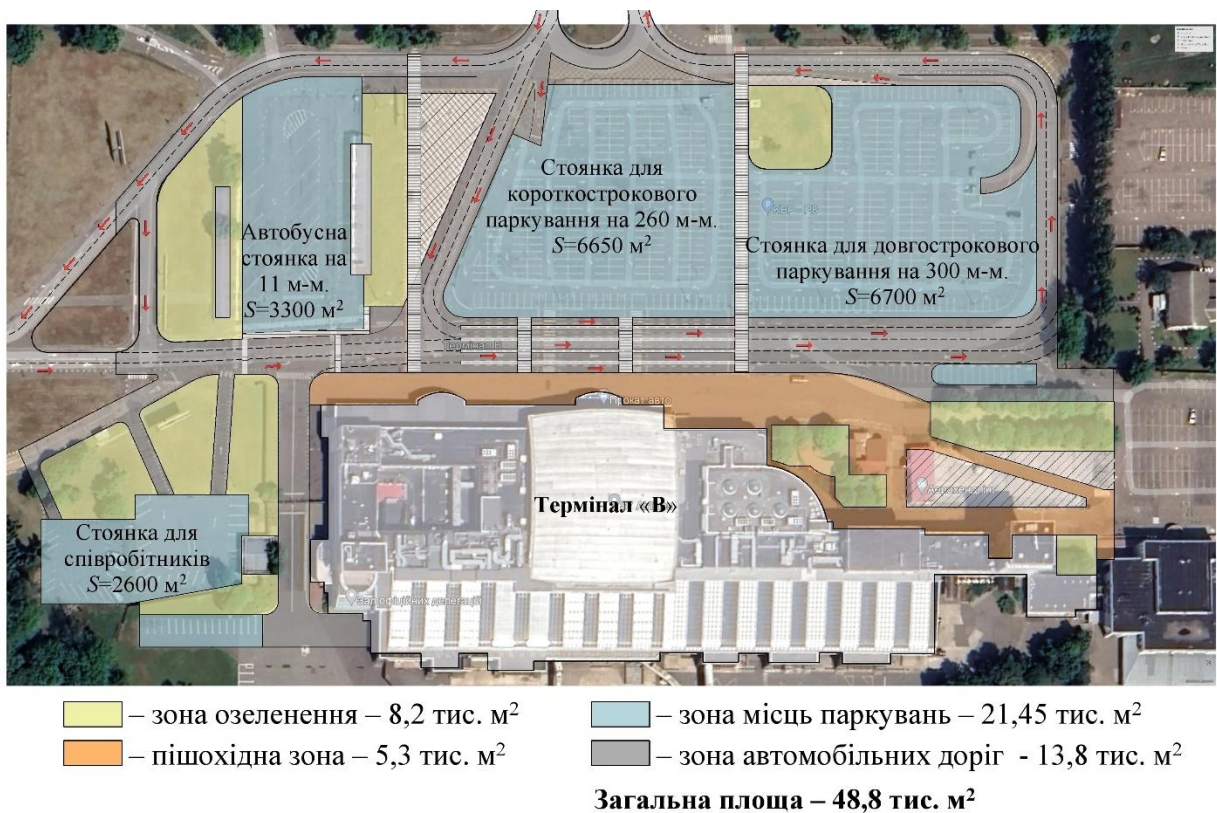


Рис. 2.15. Функціональне зонування ТПВ терміналу «В» аеропорту «Бориспіль» (Україна)

Отже, на основі визначених зон функціональної організації транспортно-пересадочних вузлів проаналізуємо зонування територій ТПВ вітчизняних та закордонних аеропортів з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік з подальшим визначенням показників площ відповідних зон (табл. 2.9, додаток С).

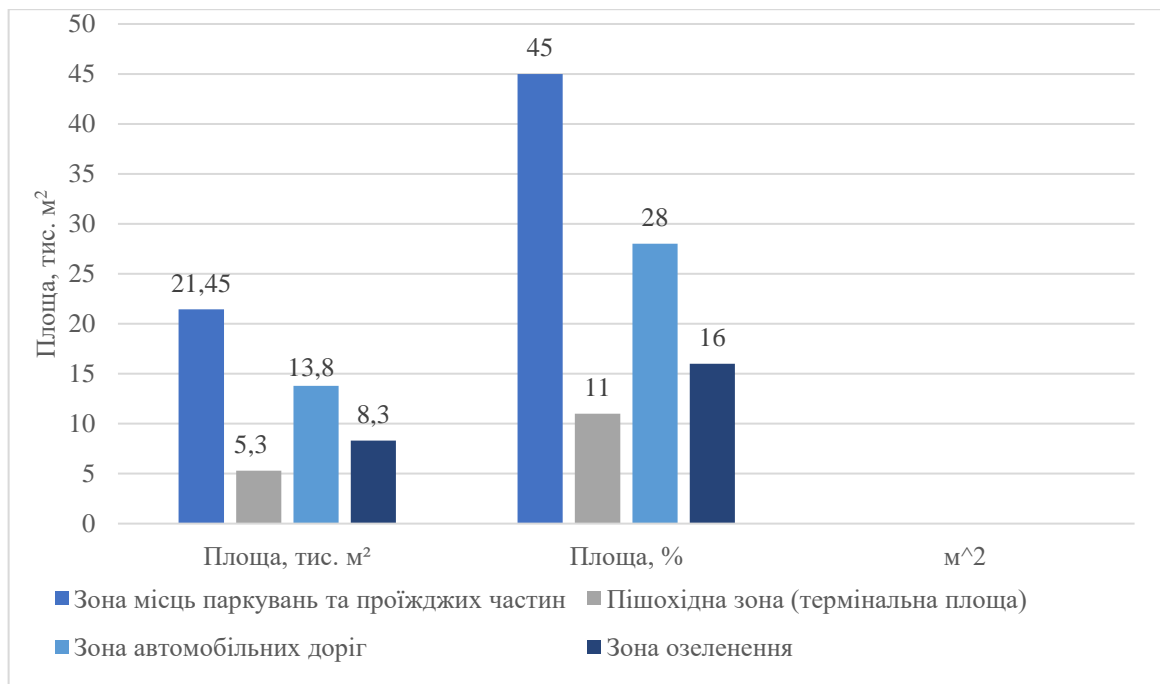


Рис. 2.16. Відсоткові співвідношення площ у ТПВ терміналу «В» аеропорту «Бориспіль» (Україна)

Таблиця 2.9

Показники площ зонування транспортно-пересадочних вузлів аеропортів

№ з/п	Аеропорт	Площа пішохідної зони, тис. м ²	Площа озеленення тис. м ²	Площа паркінгів, тис. м ²	Площа автомобільних доріг, тис. м ²	Площа ТПВ, тис. м ²
Українські						
1	«Бориспіль», термінал «В»	5,3	5,3	18,8	12,0	41,4
2	«Бориспіль», термінал «F»	3,5	9,5	23,0	9,1	45,0
3	«Харків»	17,05	3,15	20,06	26,7	67,5
4	«Львів» імені Даніла Галицького	11,8	15,0	37,3	16,2	80,3
Закордонні						
5	«Дейн» (США)	9,0	25,8	71,0	30,4	136,2
6	«Загреб» (Хорватія)	15,1	14,2	44,4	33,3	107,7
7	«Вільнюс» (Литва)	8,75	5,35	31,95	12,65	58,7
8	«Імені короля Шаки» (ПАР)	31,2	117,0	162,9	71,0	382,1
9	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	10,2	17,3	26,4	16,2	70,1
10	«Гданськ» (Польща)	19,2	59,5	103,2	39,8	221,7

На основі показників площ зонування (табл. 2.9) були встановлені їх відсоткові значення (табл. 2.10) для розрахунку середніх показників відповідних зон. Узагальнені результати показали, що найбільшу площу ділянки транспортно-пересадочного вузла займає зона місць паркувань та проїжджих частин (45,0 %), другою зоною за площею є зона автомобільних доріг (24,2 %), третьою – зона благоустрою (17,3 %), четвертою – пішохідна територія (13,5 %).

Таблиця 2.10

Відсоткові показники площ зонування транспортно-пересадочних вузлів аеропортів

№ з/п	Аеропорт	Відсоткові показники функціональних зон ТПВ				
		Пішохідна зона, %	Озеленення, %	Паркінги (стоянки), %	Авто-мобільні дороги, %	Пасажиропотік, млн/рік
Українські						
1	«Бориспіль», термінал «В»	12,8	12,8	45,5	28,9	2,0
2	«Бориспіль», термінал «F»	8,7	21,1	51,0	20,2	2,6
3	«Харків»	26,0	5,1	31,2	39,7	1,34
4	«Львів» імені Даниїла Галицького	15,7	18,6	46,5	20,2	1,83
Закордонні						
5	Регіональний аеропорт округу Дейн (США)	7,0	18,5	52,1	22,3	2,25
6	«Загреб» (Хорватія)	14,3	13,4	41,2	31,1	3,43
7	«Вільнюс» (Литва)	14,9	9,11	54,4	21,5	5,0
8	«Імені короля Шаки» (ПАР)	9,7	30,1	42,6	18,6	6,09
9	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	14,6	24,7	37,6	23,1	2,29
10	«Гданськ» (Польща)	9,9	26,8	46,5	18,0	5,37
Середні значення		13,5	17,3	45,0	24,2	

Проаналізувавши показники площ ТПВ вітчизняних і закордонних аеропортів можна зробити висновок, що аеропорти з пасажиропотоком понад 2 млн пас/рік, здебільшого, мають загальну площу забудови транспортно-пересадочного вузла понад 100 тис. м².

До прикладу, визначення території ТПВ проаналізуємо аеропорт Вільнюса, який є найбільшим із трьох комерційних аеропортів Литви за пасажиропотоком, з однією злітно-посадковою смугою і п'ятьма мільйонами пасажирів на рік. Досліджуючи зону території аеровокзального комплексу аеропорту «Вільнюс» [63], із джерела підготовки генерального плану Вільнюського міжнародного аеропорту були взяті показники розподілу термінальної зони, наведені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Показники площ термінальної зони аеропорту «Вільнюс»

Промислова зона, га	Зона допоміжних служб, га	Зона аеровокзального комплексу, га
13,5	5,8	12,18

Джерело: [63]

Наведені вище показники є результатом організації земельних ділянок у межах аеропорту, запропонованих для відповідності критеріїв доступу до перону.

Отже, запропоноване зонування є визначенням трьох ліній забудови (промислова зона, зона допоміжних служб, зона аеровокзального комплексу) (рис. 2.17).

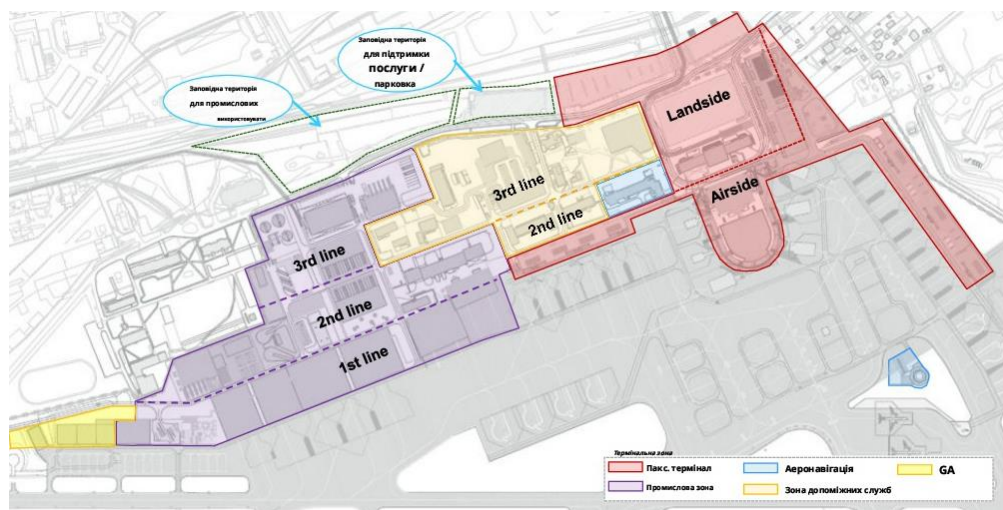
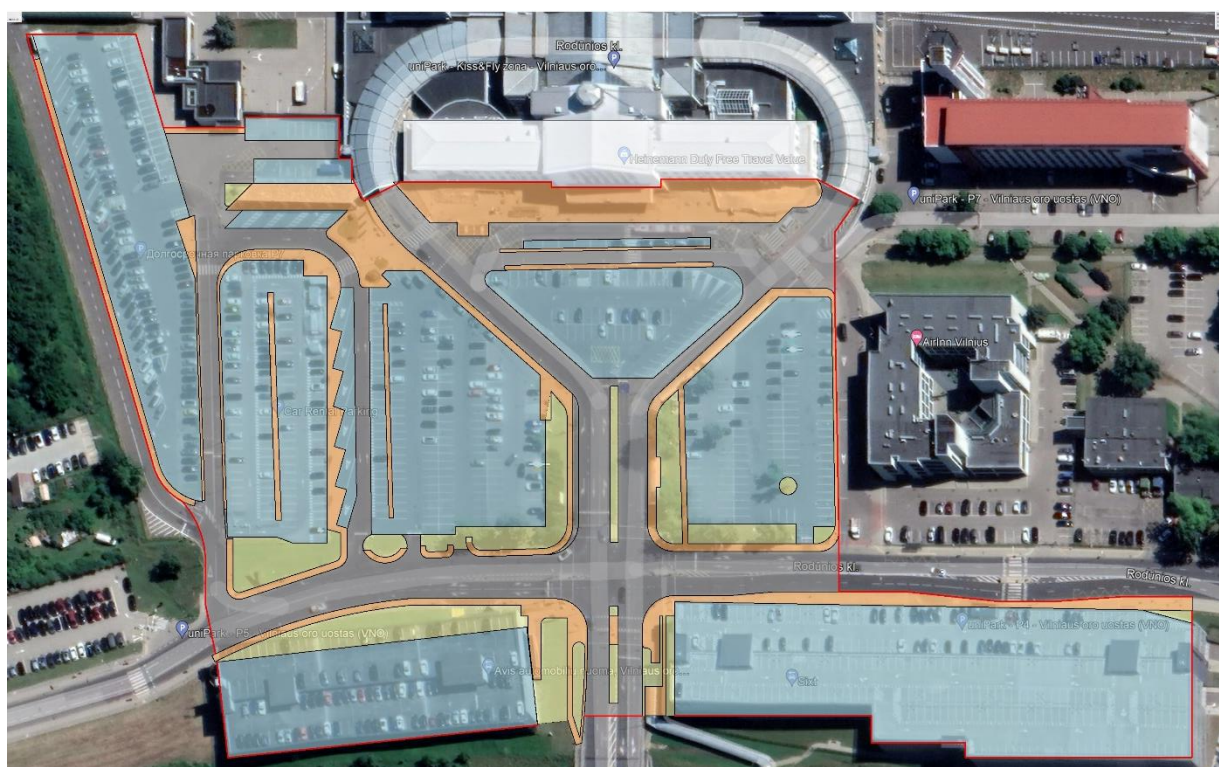


Рис. 2.17. Схема зони терміналу щодо близькості перону аеропорту «Вільнюс» (Литва). Джерело: розробка ALG [63]

Значення показників з табл. 2.11 порівняємо з показниками власного дослідження транспортно-пересадочного вузла аеропорту «Вільнюс». Отже, якщо виділити ТПВ (привокзальну площу) безпосередньо перед аеровокзалом, без будівель паркінгів, то її площа становитиме 34,7 тис.м² (3,4 га). Тоді як, з багатоповерховими паркінгами площа ТПВ визначатиметься в 58,7 тис.м² (5,8 га).

Таким чином, загальна частка площі транспортно-пересадочного вузла становить 5,8 га (рис. 2.18), що складає майже 1/2 частину площі всього аеровокзального комплексу (табл. 2.11).



 – зона озеленення – 5,4 тис. м ²	 – загальна площа паркінгів – 32,0 тис. м ²
 – пішохідна зона – 8,7 тис. м ²	 – зона ділянки доріг та проїздів – 12,6 тис. м ²

Загальна площа – 58,7 тис. м²

Рис. 2.18. Зонування ТПВ аеропорту «Вільнюс» (Литва)

Важливою територією зонування ТПВ є місця стоянок громадських автобусів, які входять до складу зони місць паркування та проїжджих частин. Звідси, ділянку для паркування громадських транспортних засобів можна назвати зоною відстою, де перебуватимуть автобуси в години свого простою (очікування). З аналізу автобусних стоянок на території аеропортів (додаток Р), можна

прослідкувати, що аеропорти з річним пасажиропотоком від 2,29 млн пас. до 10,0 млн пас. мають площу зони відстою громадських транспортних засобів у межах 1500 – 4100 м² з кількістю стоянок від 8 до 16 машино-місць (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Автобусні стоянки та станції на території аеропортів

№ з/п	Аеропорт	Пасажиропотік (2019), млн/рік	Площа забудови (машино-місця), м ²
Автобусні стоянки (зони відстою)			
1	«Вільнюс» (Литва)	5,0	2200 (11 м-м.)
2	«Бориспіль» (Україна)	15,26	3300 (13 м-м.)
3	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	2,29	1500 (8 м-м.)
4	«Загреб» (Хорватія)	3,72	3300 (11 м-м.)
5	«Гданськ» (Польща)	5,9	4100 (16 м-м.)
6	«Імені короля Шаки» (ПАР)	6,09	3000 (8 м-м.)
7	«Імені Ференца Ліста» (Угорщина)	16,17	5700 (20 м-м.)
8	«Берлін – Бранденбург» (Німеччина)	23,07	10000 (30 м-м.)
Автобусні станції			
9	«Хітроу» (Англія)	80,10	12250 (12 м-м.)
Транспортні вузли (поєднання залізничної та автобусної станцій)			
10	«Манчестер» (Англія)	29,37	21500, (14 м-м.)
11	«Мадрид» (Іспанія)	35,0	21000
Залізничні станції			
12	«Імені Антуана де Сент-Екзюпері» (Франція)	11,03	5600 [65]
13	«Берлін – Бранденбург» (Німеччина)	23,07	11000
14	«Бориспіль» (Україна)	15,26	3200
Транспортні комплекси (поєднання залізничної, автобусної станцій та блока обслуговування)			
15	«Франкфурт на Майні» (Німеччина)	70,56	21 000 [16]
16	«Ланьчжоу-Чжунчуань» (Китай)	12,8	50 000 – площа забудови підземної споруди [17]

Дослідження аеропортів з великим пасажиропотоком (понад 10 млн пас/рік) показали, що такі авіаційні вузли зазвичай мають окрему транспортну споруду

обслуговування зі стоянками для транспортних засобів (табл. 2.12). Наприклад, аеропорт «Хітроу», з річним пасажиропотоком близько 80 млн пасажирів, має центральну автобусну станцію, яка обслуговує термінали 2 і 3 і може вмістити кілька автобусних відсіків та зон очікування пасажирів. Така станція займає площу приблизно 12 250 м², зважаючи на масштаб території аеропорту і кількість його пасажирів [64].

Водночас такі аеропорти, як «Манчестер» та «Мадрид» з річним пасажиропотоком близько 30 млн пас/рік, мають транспортні вузли в поєднанні залізничної та автобусної станцій.

Окремим аспектом дослідження зонування ТПВ є знаходження площ зупинок громадського транспорту. Як зазначалося вище, зупинки громадського транспорту складаються з ділянки скупчення пасажирів перед пересадкою та місцем зупинки транспорту. Мінімальні розміри посадкових майданчиків для автобусних зупинок слід взяти 2,4 м (8 футів) завширшки та 3,0 м (10 футів) завглибшки, для забезпечення безпечної посадки та висадки пасажирів [66]. Захищені зони очікування: зони з навісами та місцями для сидіння зазвичай потребують більше простору, приблизно 4,6 м (15 футів) завширшки та 9,1 м (30 футів) завдовжки [67]. До прикладу, аеропорт «Чангі» (Сінгапур) з пасажиропотоком 32,2 млн пас/рік, має площу зони автобусної зупинки кожного терміналу 500–700 м², забезпечуючи місце для кількох автобусів. Тоді як, міжнародний аеропорт Лос-Анджелеса (США), з пасажиропотоком 80,0 млн пас/рік, має загальну площу автобусних зупинок поблизу його кількох терміналів близько 1000 м² із виділеними зонами для автобусів FlyAway та інших маршрутних транспортних засобів.

Підсумовуючи вище зазначене, можна зробити висновок, що структура ТПВ на території аеропортів може складатися із трьох зон: транспортно-пішохідної, зони архітектурних споруд (за наявності) та резервної зони (за наявності). Проведений аналіз функціонального зонування транспортно-пересадочних вузлів вітчизняних та закордонних аеропортів з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік, дав

можливість узагальнити середні відсоткові значення площ відповідних ділянок транспортно-пішохідної зони, які склали:

- пішохідна зона – 10–15 %;
- благоустрій, озеленення – 15–20 %;
- паркінги, стоянки – 45–50 %;
- зона доріг та проїзних частин – 20–25 %.

Проаналізувавши зонування ТПВ доходимо висновку, що 1/2 його території відводиться під зону паркування транспортних засобів (45 %).

Дослідження аеропортів з пасажиропотоком понад 7–10 млн пас/рік показало, що ТПВ таких авіаційних хабів переважно мають окрему будівлю транспортного вузла в обліку автобусної чи залізничної станції або їх поєднання з можливими блоками обслуговування пасажирів.

Висновки до розділу 2

У процесі аналізу наявних методів досліджень формування та розвитку ТПВ було сформовано їх класифікацію зважаючи на різні критерії: створення і функціонування ТПВ; дослідження пасажиропотоків у ТПВ; сервіс і якість обслуговування в пересадочних вузлах; визначення розміщення та кількості пересадочних вузлів. Однак деякі аспекти, такі як пояснення методів та прийомів вибору місць розміщення ТПВ та визначення його оптимального розміру, ще не вивчені повністю, тож подальше дослідження в цьому напрямку доволі важливе.

Під час дослідження транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів були виявлені чинники, які впливають на формування їх функціонально-просторової організації. На підставі аналізу взаємозв'язків чинників впливу було створено їх модель ієрархії, яка розподілилась на два рівні. До першого рівня належать містобудівні чинники, які є найпріоритетнішими у формуванні ТПВ. Другий рівень містить такі чинники, як: транспортно-інфраструктурні, функціонально-технологічні, чинники безпеки і комфортності пасажирів та соціально-економічні.

Розгляд типології транспортних вузлів дав можливість сформувати такі критерії класифікації ТПВ на території аеропортів: кількість під'єднаних залізничних ліній, функціонально-планувальна організація ТПВ та форма привокзальної площі. На основі визначених типів класифікацій ТПВ було сформовано загальну аеропортову класифікацію, яка може стати доповненням до вже наявної транспортної та містобудівної систематизації ТПВ.

Узагальнені результати аналізу територій ТПВ аеропортів з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік показали, що найбільшу площу ділянки транспортно-пересадочного вузла займає зона місць паркувань та проїзних частин (45,0 %), другою зоною за площею є зона автомобільних доріг (24,2 %), третьою – зона благоустрою (17,3 %), четвертою – пішохідна територія (13,5 %).

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1. Обстеження та обґрунтування умов та особливостей пішохідного руху на території аеровокзальних комплексів

Щорічне збільшення обсягів пасажирських перевезень повітряним транспортом, яке спостерігається останніми роками в усьому світі, призводить до збільшення кількості людей, що перебувають на території аеропортів, унаслідок чого погіршуються умови пішохідного руху, очікування, перебування та обслуговування пасажирів на території аеровокзальних комплексів. Зрозуміло, що така тенденція призводить до збільшення кількості людей, які одночасно перебувають та переміщуються пішки в приміщенні аеровокзалу або на території аеропорту. Використання просторів пішохідних зон на території аеровокзальних комплексів неоднорідні за своїм призначенням і тому повинні диференціюватися за функціональними ознаками.

Відомо, що впровадження заходів з організації та управління пішохідним рухом складніше порівняно з транспортним рухом. Пішохідний рух має свої особливості та закономірності і здебільшого на нього впливає низка як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Одним зі складних завдань і важливих умов оптимальної організації пішохідного руху є врахування психофізіологічних особливостей та фізичних можливостей людей. Тому під час вирішення завдань із організації та безпеки руху пішоходів на території аеровокзальних комплексів необхідно мати найбільш достовірну інформацію про його величину і характер.

Гарантування зручності та безпеки руху пішоходів є одним із найвідповідальніших заходів у прийнятті інженерно-планувальних рішень (ІПР) для усіх елементів міської транспортної інфраструктури, але водночас ще досі недостатньо розробленим розділом з організації руху. Складність полягає в тому, що поведінка пішоходів важче піддається регламентації, ніж поведінка водіїв, а

в розрахунках режимів регулювання важко враховувати психофізіологічні чинники з усіма відхиленнями, притаманними окремим групам людей.

Одним із показників зручності та комфортності пішохідного переміщення людей є оптимальна швидкість їхнього руху. Так, саме така швидкість, яка є найприйнятнішою і влаштовує конкретного пішохода, зважаючи на його фізичні можливості та потреби. Зрозуміло, що таку швидкість можна отримати лише за умови забезпечення відповідного ступеня свободи руху. Для пішохідного потоку залежно від ступеня свободи переміщення характерні такі режими руху: вільний, допустимо вільний, щільний, дуже щільний і затор (тіснява). Ступінь свободи руху залежить від щільності пішохідного потоку, а своєю чергою, на щільність пішохідного потоку основний вплив має його інтенсивність та швидкість.

Необхідно також зазначити, що пропускна спроможність пішохідних зон залежить не тільки від їхніх параметрів, а й від швидкості руху.

Зрозуміло, що в більшості випадків пішохідний рух на території аеровокзальних комплексів необхідно розглядати саме як рух пішохідних потоків, спрямованих до вхідної частини аеровокзалу та від неї. І саме це вказує на те, що пішохідний рух на території аеровокзальних комплексів здебільшого цілеспрямований, і для покращення та забезпечення належних умов для такого руху необхідно впровадження відповідних організаційних та планувальних заходів.

Отже, щоб вжити раціональних планувальних та організаційних заходів для забезпечення зручних, комфортних і безпечних умов пішохідного руху на території аеровокзальних комплексів, необхідно провести дослідження, які допоможуть виявити наявні специфічні особливості, тенденції, закономірності формування та руху пішохідних потоків у транспортно-пересадочних вузлах закордонних та вітчизняних аеропортів.

Одним із важливих параметрів пішохідного руху на території аеровокзальних комплексів є щільність потоку пасажирів. Для визначення щільності руху в ТПВ аеропортів, було використано співвідношення між

пропускною спроможністю терміналів закордонних та українських аеропортів із площею їхніх пішохідних зон перед аеровокзалом. Продемонструвати пішохідну зону перед аеровокзалом можна на прикладі аеропорту «Бандаранайке» (Шрі-Ланка) (рис. 3.1).

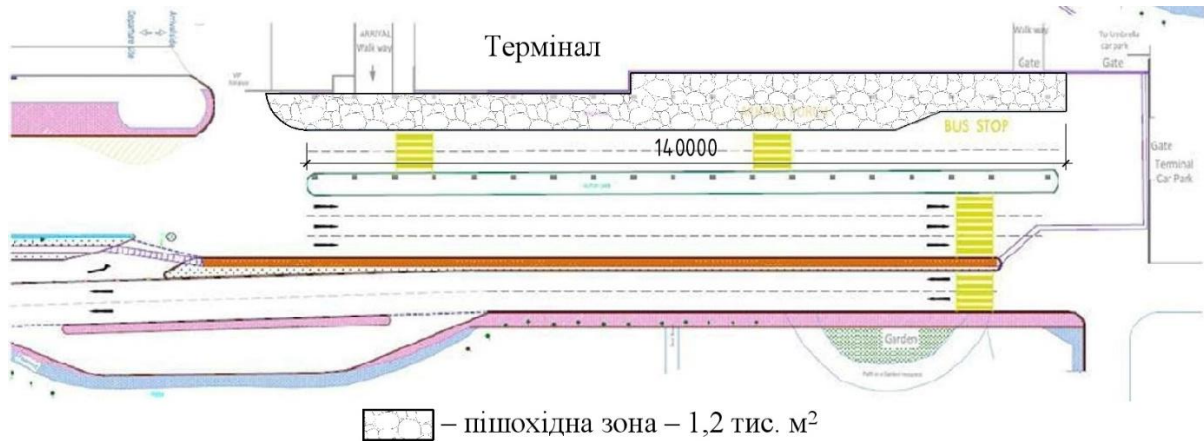


Рис. 3.1. Пішохідна зона перед аеровокзалом аеропорту «Бандаранайке» (Шрі-Ланка). Джерело: [72]

Максимальну пропускну спроможність терміналів за одну годину використано як показник максимальної кількості одночасного перебування людей у пішохідній зоні перед аеровокзалом. Результати наведені в табл. 3.1.

Із проведеного аналізу максимальних щільностей пішохідних потоків на територіях пішохідних зон ТПВ аеропортів з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік визначено його середній показник – 0,93 пас/м².

Останніми роками багато вітчизняних і зарубіжних учених досліджували пішохідні потоки та використовували моделі для вирішення завдань організації пішохідного руху.

Наприклад, у працях [73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80], розглянуто питання щодо покращення умов пішохідного руху саме на вулично-дорожній мережі та удосконалення методів формування пішохідних просторів у містах. На сьогодні здебільшого ці питання вже вирішені. Але пішохідний рух існує не лише на вулицях міст. У своїх працях В. Предтеченський зазначав, що рух людей супроводжує кожний функціональний процес, тому в будівлях та спорудах

різного призначення створення простору для переміщення людей вкрай необхідне. Саме рух людей у будівлях та на територіях вокзальних комплексів різних видів транспорту є головною функцією більшості їхніх громадських приміщень. У відповідних транспортних комплексах під час вивчення людського руху необхідно приділяти увагу пішоходу-пасажиру, який переміщується з певною кількістю багажу, розміщеного у валізах різних видів та форм.

Таблиця 3.1

**Максимальні щільності пішохідних потоків у пішохідних зонах ТПВ
на території аеровокзальних комплексів**

№ з/п	Аеропорт	Максимальна щільність потоку в пішохідній зоні, пас/м ²	Пропускна спроможність терміналу пас/год	Площа пішохідної зони перед аеровокзалом, тис.м ²
1	Регіональний аеропорт «Дейн» (США)	0,74	1700	2300
2	«Загреб» (Хорватія)	1,05	1800 [68]	1700
3	«Вільнюс» (Литва)	0,7	1 200 [69]	1700
4	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	0,45	1500 [70]	3300
5	«Гданськ» імені Леха Валенси, термінал 2 (Польща)	1,3	2400 [71]	1800
6	«Бориспіль», термінал «D», перший рівень (Україна)	0,43	3000	6900
7	«Бориспіль», термінал «D», другий рівень (Україна)	1,03	3000	2900
8	«Бориспіль», термінал «B» (Україна)	0,57	1600	2800
9	«Бориспіль», термінал «F» (Україна)	1,63	1800	1100
10	«Львів» (Україна)	0,5	2000	4000
11	«Бандаранайке», термінал 2, перший рівень (Шрі-Ланка)	1,33	1600 [72]	1200
12	«Бандаранайке», термінал 2, другий рівень (Шрі-Ланка)	1,5	1500 [72]	1000
Середнє значення		0,93		

Отже, наприкінці 1960-х років були сформульовані основи теорії руху людських потоків, які ґрунтувалися на оцінюванні впливу кількості людей (вираженої через щільність людського потоку) на швидкість та інші параметри руху. Були зроблені спроби визначити емоційний стан людей за допомогою слабо обґрунтованих теоретичних математичних алгоритмів.

Наприкінці 1970-х років вітчизняними та закордонними дослідниками було проведено багато натурних спостережень та експериментів, що передбачають вимірювання швидкості людського потоку (дані досліджень із горизонтальних шляхів подані на рис. 3.2 [81, 82, 83–94]). У США, Німеччині, Японії [81, 82, 83–94] були проведені спостереження, які дали змогу встановити регресійну залежність, що пов'язує швидкість руху людського потоку V та його щільність D на підставі законів психофізики та фізіологічної теорії функціональних систем за допомогою методологічних принципів, заснованих на теорії ігор (принцип узгодженого оптимуму) та теорії статистичних рішень (теорія крайніх членів вибірки).

Унаслідок досліджень [81, 82, 83–94] було вирішено найважливішу для нормування проблему – отримання обґрунтованої залежності, що описує закономірності зв'язку між параметрами людського потоку під час руху з різних видів шляху (табл. 3.2). Проаналізувавши результати, наведені в табл. 3.2, можна вважати допустиме комфортне порогове значення щільності в транспортно-пересадочних вузлах на території аеропортів на рівні 0,69 люд/м², оскільки горизонтальний вид шляху поза будинками прийнятний для вуличних просторів, у тому числі і для ТПВ на території привокзальних площ аеропортів.

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнтів a та D_0 залежно від виду шляху

Вид шляху	a (коефіцієнт)	D_0 , люд/м ² (порогове значення щільності)
Горизонтальний поза будинками	0,407	0,69
Горизонтальний у будинках	0,295	0,51
Проріз	0,295	0,65
Сходи вниз	0,400	0,89
Сходи вгору	0,305	0,67

Закордонна практика дослідження параметрів пішохідного руху показує різноманітні значення щільності та швидкості пішохідних потоків під час руху горизонтальними шляхами (рис. 3.2). Важливою особливістю, варто відмітити, що із встановлених закономірностей швидкостей людей у потоці залежно від їх щільностей, можна прослідкувати, що найбільші швидкості руху пішоходів 110–120 м/хв мають такі транспортні комплекси, як пересадочні вузли та метрополітени. Такі пікові швидкості пояснюються метою якнайшвидших пересадок між видами транспорту. За максимальних швидкостей переміщення пасажирів їхня щільність становитиме $0,5 \text{ пас/м}^2$. Для порівняння, середній показник максимальної щільності пішохідних потоків на територіях пішохідних зон транспортно-пересадочних вузлів аеропортів – $0,93 \text{ пас/м}^2$ (див. табл. 3.1). Отже, можна зробити висновок, що показники щільності руху людей за їх швидкостей переміщення 110–120 м/хв можуть досягати $0,5 \text{ пас/м}^2$ у ТПВ на території аеропортів.

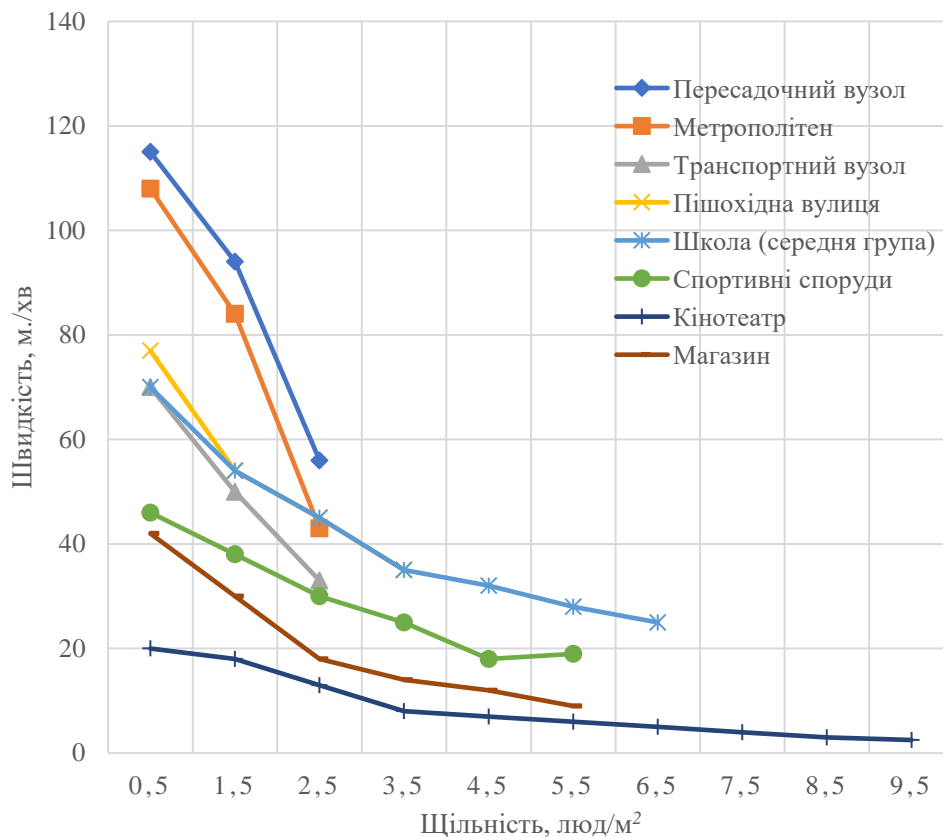


Рис. 3.2. Значення швидкості та щільності людського потоку при русі горизонтальними шляхами. Джерела: [81, 82, 83-94]

Як уже було зазначено вище, пішохідні потоки підпорядковуються певним закономірностям, зумовленим залежністю між щільністю потоку і швидкістю пересування та способом організації руху пішоходів.

Відомо, що швидкість пішохідного потоку залежить від швидкості пересування усіх пішоходів у відповідному потоці. Численними спостереженнями встановлено діапазон швидкості пішоходів, що становить від 0,33 до 1,8 м/с [76, 79].

Швидкість людського потоку є залежністю функції щільності потоку на визначеній ділянці,

$$v = f(D)$$

де v – швидкість людського потоку; f – функція; D – щільність людського потоку.

Щільність потоку може бути виражена так:

$$D = \frac{N}{l \cdot \delta}$$

де δ – ширина відповідної ділянки шляху; N – інтенсивність руху пішоходів; l – довжина відповідної ділянки шляху; D – щільність потоку.

Відтак, маючи показники швидкості руху людського потоку в місцях масових пішохідних переміщень, можна визначити щільність та інтенсивність людського потоку, а звідси – необхідну ширину, яку займатиме потік для забезпечення нормальних умов руху певної кількості людей.

$$\delta = \frac{N}{l \cdot D}.$$

Проаналізувавши дослідження [76, 77, 79] в галузі формування пасажиропотоків у натурних умовах, можна зробити висновок, що найбільша щільність потоку становить $q = 1,01$ – $1,5$ особи/м², а за щільності або $q = 1,51$ – $3,0$ особи/м² виникає таке явище, як тіснява, де рух пішоходів повністю неможливий.

Розглядаючи рух людей на території аеровокзальних комплексів, потрібно звернути увагу на те, що більшість із них переміщуються, маючи якусь валізу. У такому разі потрібно враховувати не скільки людей може перебувати на якійсь

площині, наприклад, на один метр квадратний (особи/ м²), а яку площу займає пішохід разом із речами, які він переміщує.

Тому кількість людей у такому потоці має бути виражена не кількістю людей, а сумою горизонтальних проєкцій на поверхню. Тоді маємо, що:

$$N = \sum f,$$

де f – площа горизонтальної проєкції однієї людини, м².

Отже, щільність такого потоку буде виражена (м²/м²):

$$D = \frac{\sum f}{l \cdot \delta}, \quad (3.1)$$

де δ – ширина відповідної ділянки шляху; $\sum f$ – сума горизонтальних проєкцій людей; l – довжина відповідної ділянки шляху; D – щільність потоку.

Як форму горизонтальної проєкції людини обрано еліпс, у якому ширина – a і товщина – c людини відповідає його діаметру (рис. 3.3).

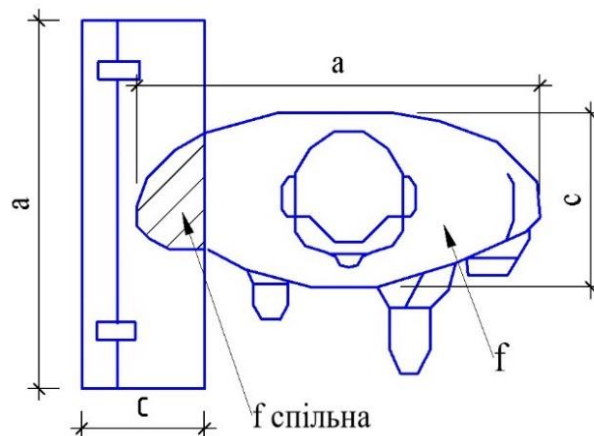


Рис. 3.3. Площа горизонтальної проєкції людини з багажем

Головною умовою відповідного обраного значення є пропозиція про те, що форма еліпса (проєкції людини) не піддається деформації під час стиснення потоку. У наукових працях [95] в галузі формування пасажиропотоків рекомендується максимальну щільність потоку брати $D = 0,92$ м²/м². Але потрібно зазначити, що людське тіло пружне під час значного стискання, тому його форма і площа проєкції зазнає змін, унаслідок чого фізична межа щільності може перевищувати 0,92 м²/м².

Дослідження людських потоків на привокзальній площі показують, що більшість людей, які формують потік, мають із собою ручну ношу (валізи, рюкзаки, сумки, портфелі). Часто в потоці люди йдуть із дітьми, тримаючи їх на руках або ведучи їх за руку. Усереднені показники параметрів людей різного віку в різному одязі наведені в табл. 3.3 [96] і взяті як розрахункові. Але ці показники застарілі і потребують оновлення та доопрацювання. Тому в рамках дослідження було проведено експеримент із визначення площі горизонтальних проєкцій параметрів людей з багажем, унаслідок якого встановлено максимальне значення площі, яку займає людина з валізами під час руху (рис. 3.4) та людей з інвалідністю (рис. 3.5). Розміри валіз наведені в табл. 3.4 [97].

Таблиця 3.3.

Розрахункові середні показники параметрів людини

Вік людини	Ширина a , м	Товщина c , м	Площа горизонтальної проєкції f , м ²
Дорослі в одязі:			
літньому	0,46	0,28	0,100
вуличному міжсезонному	0,48	0,30	0,113
вуличному зимовому	0,50	0,32	0,125
Підліток	0,43 - 0,38	0,27 - 0,22	0,090 - 0,067
Дитина	0,34 - 0,30	0,21 - 0,17	0,056 - 0,040

Із проведеного експерименту з визначення площі горизонтальної проєкції людини з валізами було встановлено максимальне значення площі проєкції, яке дорівнює 1,11 м²/люд (рис. 3.6). Цей показник є вихідним значенням для визначення залежності швидкості потоку від його щільності.

$f = 0,26 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,66 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,70 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,43 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,46 \text{ м}^2/\text{люод}$
$f = 0,57 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,58 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,65 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,71 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,78 \text{ м}^2/\text{люод}$
$f = 0,82 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,85 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,95 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 0,98 \text{ м}^2/\text{люод}$	$f = 1,11 \text{ м}^2/\text{люод}$

Рис. 3.4. Значення площ горизонтальних проєкцій людей із різноманітним багажем і дітьми

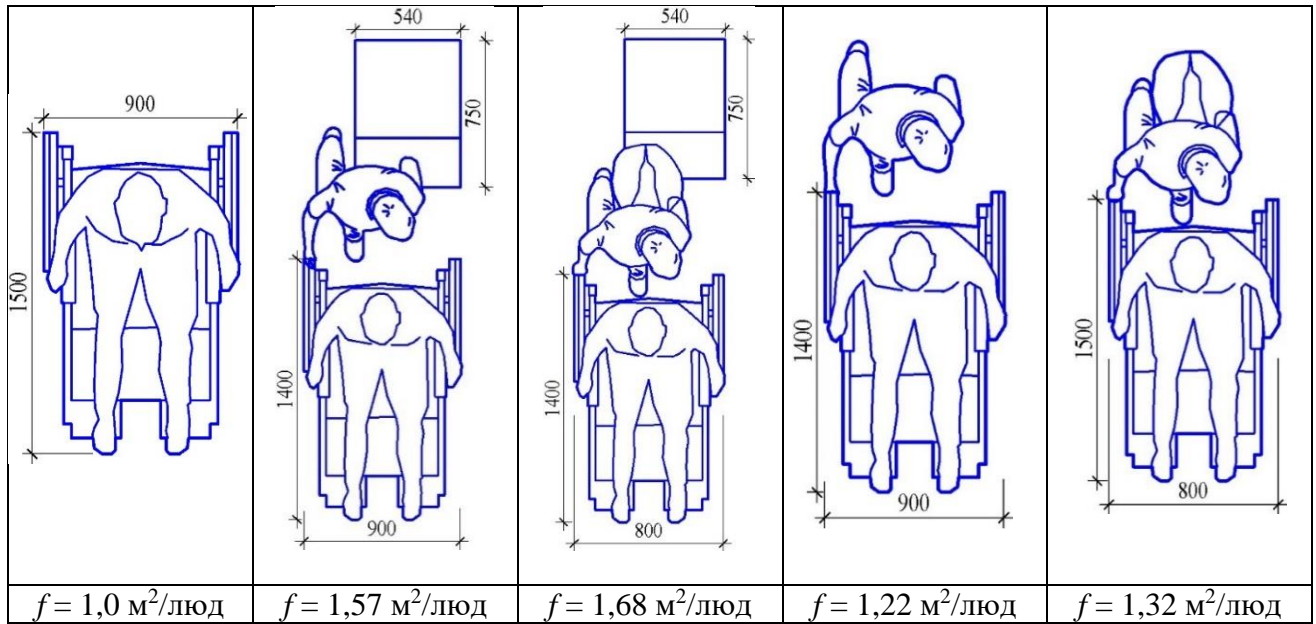


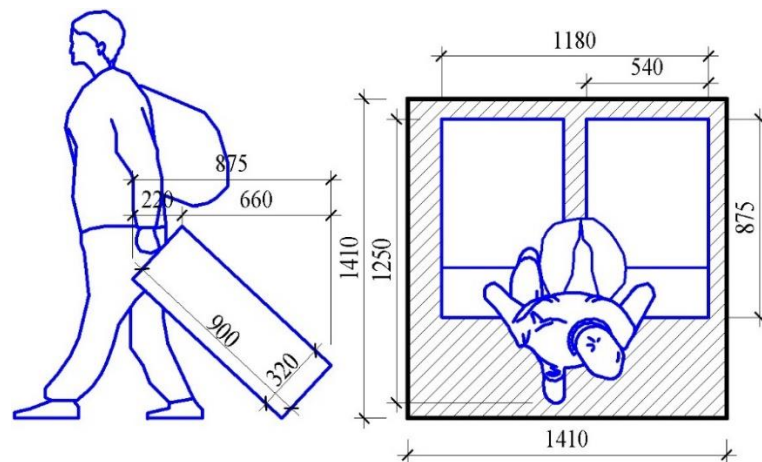
Рис. 3.5. Значення площ горизонтальних проєкцій людей з інвалідністю

Таблиця 3.4

Класифікація валіз за розмірами

Розмір	Параметри (в х ш х г)
S	55 x 40 x 20 см
M	65 x 40 x 20 см
L	70 x 50 x 30 см
XL	81 x 54 x 32 см
XXL	90 x 54 x 32 см

Використовуючи формулу (3.1), можна визначити як довжину потоку, так і його ширину, що своєю чергою дорівнюватиме площі, яку займатиме потік.

Рис. 3.6. Горизонтальна проєкція людини з багажем, $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$

Для того щоб визначити ширину та довжину потоку та їх залежність від щільності, потрібно перевести одиниці щільності $\text{м}^2/\text{м}^2$ на $\text{люд}/\text{м}^2$, тобто щоб площа проєкції людини впливала на те, скільки людей може поміститися на площі ділянки. Таким чином, за умови максимальної щільності пасажиропотоку, що становить $D = 0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$, можна визначити щільність у $\text{люд}/\text{м}^2$. Для експерименту візьмемо максимальне значення площі проєкції $1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$. За умови площі проєкції $1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$ та за щільності $0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$ кількість людей на 1 м^2 становитиме $0,92/1,11 = 0,83 \text{ люд}/\text{м}^2$ (тобто, на 1 м^2 може поміститися $0,83$ людини з багажем). Тому при $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$ швидкість потоку матиме залежність від щільності, подану на рис. 3.7. Розрахунки щільності в одиницях $\text{люд}/\text{м}^2$ наведені в табл. 3.5 [98].

Проаналізувавши швидкість стосовно щільності, можна зробити висновок, що за умови збільшення щільності швидкість зменшуватиметься, а під час зменшення – збільшуватиметься. Також можна встановити максимальне граничне значення щільності потоку, яке відповідатиме $0,94 \text{ люд}/\text{м}^2$.

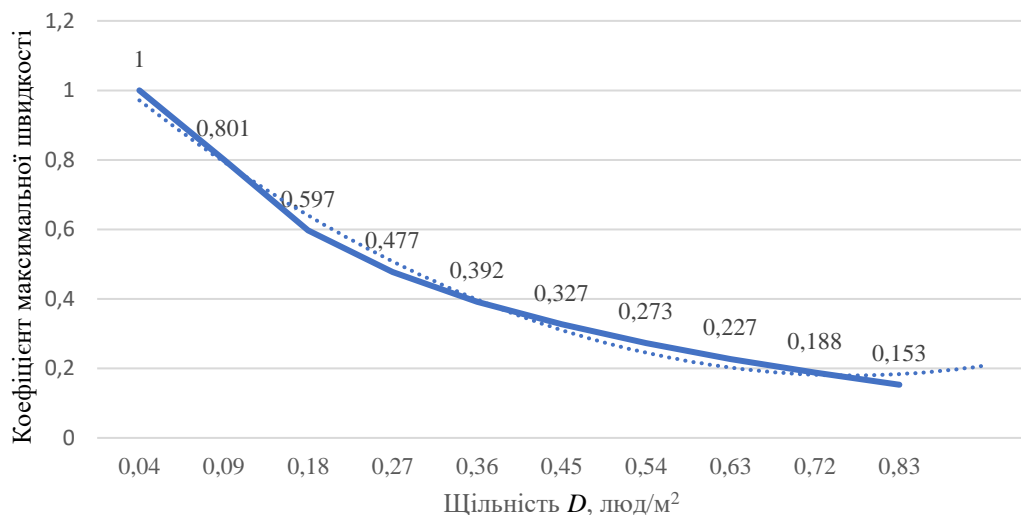


Рис. 3.7. Залежність швидкості від щільності при $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$

На підставі отриманих результатів проведеного кореляційного аналізу встановлено регресійну модель залежності між коефіцієнтом максимальної швидкості пішохідного потоку і його щільності.

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,995$.

Рівняння регресії має вигляд:

$$v = 0,0112 \cdot D^2 - 0,2103 \cdot D + 1,1704.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,991$.

Таблиця 3.5

Розрахунки щільності в одиницях люд/м² за максимальною

$$f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$$

Щільність, м ² /м ²	Розрахунок щільності в одиницях люд/м ²
0,05 м ² /м ²	0,05/1,11 = 0,04
0,1 м ² /м ²	0,1/1,11 = 0,09
0,2 м ² /м ²	0,2/1,11 = 0,18
0,3 м ² /м ²	0,3/1,11 = 0,27
0,4 м ² /м ²	0,4/1,11 = 0,36
0,5 м ² /м ²	0,5/1,11 = 0,45
0,6 м ² /м ²	0,6/1,11 = 0,54
0,7 м ² /м ²	0,7/1,11 = 0,63
0,8 м ² /м ²	0,8/1,11 = 0,72
0,92 м ² /м ²	0,92/1,11 = 0,83

Зважаючи на показник щільності 0,92 м²/м², що дорівнює 0,83 людини на 1 м² за $f_{\text{люд}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$, встановимо таку залежність, що на площі 2 м² (сторони ділянки 1,41x1,41м) зможе розміститися:

$$N = D \cdot \delta \cdot l = 0,83 \cdot 2 \text{ м}^2 = 1,66 \text{ люд.}$$

Отже, для повноцінного комфорту поміститься одна людина з багажем (рис.3.5). З огляду на комфортний показник одна людина на 2 м² за максимальної $f_{\text{люд}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$, можна констатувати мінімальну ширину шляху для руху на привокзальній площі 1,41 м. Далі встановимо прийнятну щільність для $f_{\text{люд}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$. До прикладу, проаналізуємо $D = 0,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за якої на один метр квадратний розміститься 0,54 люд, тоді як на площу 2 м² кількість людей дорівнюватиме:

$$N = D \cdot \delta \cdot l = 0,54 \cdot 2 \text{ м}^2 = 1,08 \text{ люд.}$$

Комфортну щільність можна вважати $D = 0,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за якої на площі 2 м² розміститься одна людина з горизонтальною площею проєкції $f_{\text{люд}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$ за мінімальної ширини тротуару на ПП 1,41 м. Цей показник щільності можна порівняти із закордонними дослідженнями [81, 82, 83–94], у яких значення

щільності в ТПВ за максимальних швидкостей руху людей становить 0,5 люд/м². Звідси, можна зробити висновок, що наші експериментальні дослідження доцільні і близькі за значеннями до показників параметрів руху людей згідно із закордонним досвідом [98].

Також варто зазначити, що в закордонних дослідженнях мінімальна ширина пішохідних доріжок розраховується відповідно до SN-норм (SN 640201) [99]. Ширина доріжок складається з ширини різних призначених смуг, які визначаються статичною шириною пішоходів і додатковою та безпечною шириною по обидва боки кожної смуги. Ширина двосмугових доріжок розрахована на обхід двох пішоходів (один з багажем, інший без багажу), (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Стандартна та мінімальна ширина двосмугових доріжок

Ширина доріжки	Доріжка 1: пішохід з багажем		Доріжка 2: пішохід без багажу		Загальна ширина, м
	Основна ширина, м	Доповнення для динаміки і безпечної ширини, м	Основна ширина	Доповнення для динаміки і безпечної ширини, м	
Стандартна	0,80	0,40	0,60	0,40	2.20
Мінімальна	0,80	-	0,60	-	1.40

Джерело: [99]

За табл. 3.6 стандартна ширина двосмугового тротуару повинна бути 2,20 м. Мінімальна ширина 1,40 м має використовуватися лише на коротких ділянках. У пішохідних зонах, які використовуються багатьма відвідувачами (наприклад, залізничні станції, аеропорти), найпоширенішим випадком руху будуть пішоходи з багажем в обох напрямках (базова статична ширина 80 см). Тому загальна ширина таких доріжок повинна бути не менше ніж 2,40 м.

Наступний розмір трисмугових доріжок розрахований на обхід трьох пішоходів (одна особа з багажем, інші двоє без багажу). Стандартна ширина трисмугової доріжки повинна становити 3,2 м [99]. Загальна ширина шляху із врахуванням руху пішоходів з багажем на всіх смугах доріжки повинна бути не менше ніж 3,6 м.

Під час розрахунку параметрів руху пасажирів з багажем на аеровокзальній площі в аеропортах може бути також використаний показник площі, що припадає на одного пасажирів S ($\text{м}^2/\text{пас}$) у процесі руху. Графік залежності щільності пасажиропотоку D ($\text{люд}/\text{м}^2$) при $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2$ і пропускної спроможності $1,41 \text{ м}$ ширини комунікаційних шляхів від значень площі S на одну людину ($\text{м}^2/\text{люд}$) подано на рис. 3.7. Значення ширини шляху $1,41 \text{ м}$ було визначене як мінімальне під час комфортного переміщення пасажирів з максимальною площею горизонтальної проєкції $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$. Із проведених натурних досліджень терміналу «D» аеропорту «Бориспіль» можна встановити середню швидкість пасажирів з валізою – $4,5 \text{ км}/\text{год}$, що відповідає $75 \text{ м}/\text{хв}$. На основі швидкості і площі, виділеної на одного пасажирів, можна встановити пропускну спроможність Q пас/хв потоку маючи ширину комунікаційного шляху $1,41 \text{ м}$, поділивши швидкість потоку на площу на одного пасажирів (рис. 3.8).

$$Q = \frac{V}{S},$$

де Q – пропускна спроможність; V – швидкість пасажирського потоку; S – площа на одного пасажирів.

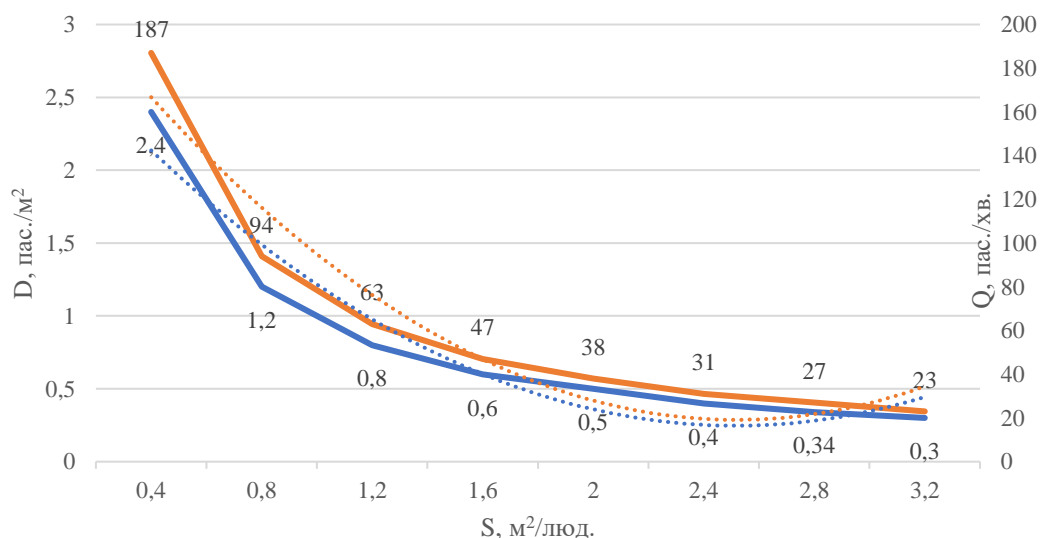


Рис. 3.8. Залежність щільності пасажиропотоку за умови $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$ і пропускної спроможності $1,41 \text{ м}$ ширини комунікаційних шляхів від значень площі S на одну людину ($\text{м}^2/\text{люд}$)

Із проведеного вище дослідження та визначення мінімальної ширини комунікаційного шляху для пасажира з багажем за умови площі $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2$ можна встановити пропускну спроможність потоку за відповідно заданою шириною ділянки руху.

Унаслідок проведеного кореляційного аналізу (рис. 3.8) встановлено регресійні залежності: між щільністю пасажиропотоку D і площі S на одну людину та між пропускну спроможністю Q 1,41 м ширини комунікаційних шляхів і площі S на одну людину. Отримане поле кореляції між щільністю і площею вказує на існування лінійного зв'язку з коефіцієнтом кореляції $r = 0,963$. Отримане рівняння регресії має вигляд:

$$D = 0,0675 \cdot S^2 - 0,8492 \cdot S + 2,9175.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,927$.

На основі другої регресійної моделі між пропускну спроможністю і площею було визначено коефіцієнт кореляції, який дорівнює $r = 0,964$. Рівняння регресії має вигляд:

$$Q = 5,2619 \cdot S^2 - 66,262 \cdot S + 227,75.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,930$.

Площу, яка припадає на одного пасажира, можна показати як довжину та ширину шляху пасажирського потоку. Отже, показники площ переведемо в ділянки з рівними значеннями довжини і ширини потоку. Тому значення площ на одну людину матимуть параметри комунікаційних шляхів, наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Параметри пасажирських потоків на основі площі на одного пасажира

Площа м ² /люд	Ширина потоку, м	Довжина потоку, м
0,4	0,64	0,64
0,8	0,9	0,9
1,2	1,1	1,1
1,6	1,27	1,27
2,0	1,41	1,41
2,4	1,55	1,55
2,8	1,68	1,68
3,2	1,79	1,79

Визначивши показники ділянок руху відповідно до площ на одного пасажера, прослідкуємо залежність щільності пасажиропотоку пропускної спроможності від ширини l комунікаційних шляхів на рис. 3.9.

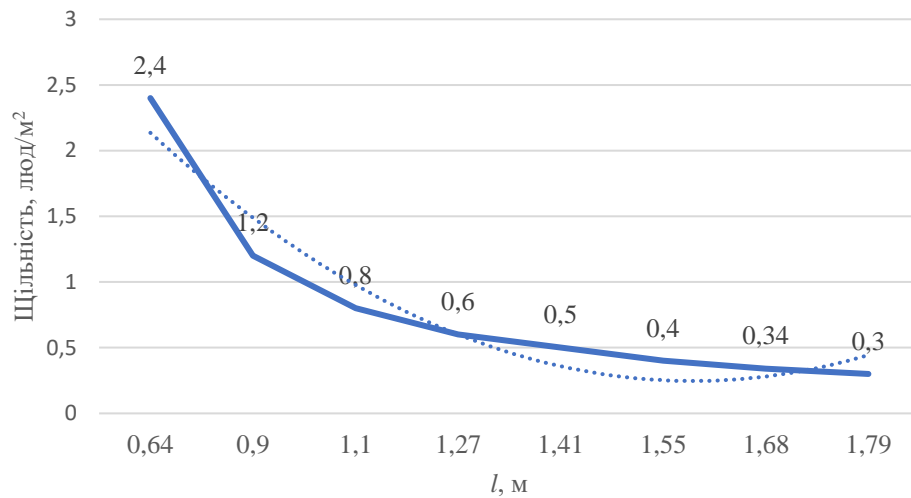


Рис. 3.9. Залежність щільності пасажиропотоку за умови $f_{\text{пас}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$ пропускної спроможності від ширини l комунікаційних шляхів, м

Унаслідок проведеного дослідження встановлено регресійну залежність між щільністю пасажиропотоку D пропускної спроможності і шириною l комунікаційних шляхів.

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,9632$.

Рівняння регресії має вигляд:

$$D = 0,0675 \cdot l^2 - 0,8492 \cdot l + 2,9175.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,927$.

Із графіка робимо висновок, що за умови збільшення ширини комунікаційного шляху зменшується щільність потоку, а в разі зменшення ширини потоку – щільність, навпаки, збільшується.

На підставі проведених досліджень та виконаних розрахунків можна виокремити основні вимоги щодо планувальної організації привокзальної площі з мінімально допустимою шириною пішохідної зони, яка забезпечить вільний рух пасажирів із багажем. Мінімальна ширина пішохідної зони аеропорту для того, аби щонайменше два пішоходи з багажем могли комфортно рухатися, не

створюючи взаємного впливу, дорівнює 3,6 м. За таких умов, одна смуга для руху становить 1,8 м. Із проведеного аналізу максимальних щільностей пішохідних потоків на територіях пішохідних зон транспортно-пересадочних вузлів, аеропортів з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік, визначено його середній показник – 0,93 пас/м². Беручи до уваги закордонні дослідження по параметрах пішохідного потоку, під час переміщення горизонтальними шляхами, було встановлено показник щільності руху людей – 0,5 пас/м², за їх максимальних швидкостей руху 110–120 м/хв у ТПВ на території аеропортів. Показник щільності 0,5 пас/м² (згідно із закордонним досвідом) близький до встановленого комфортного значення щільності, на основі власних досліджень – 0,54 пас/м² (0,6 м²/м²) із врахуванням максимальної площі горизонтальної проєкції людини з багажем – $f_{\text{люд}} = 1,11 \text{ м}^2/\text{люд}$.

3.2. Аналіз результатів експериментальних досліджень щодо особливостей функціонування транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах

Раціональні рішення функціонально-планувальної організації ТПВ на території аеропортів залежать насамперед від запроєктованих площ їхніх ділянок. Компактна ділянка привокзальної площі перед аеровокзалом забезпечує комфортність та доступність переміщення пасажирів з гранично допустимими пішохідними відстаннями між видами транспорту. Тому дослідження площ території транспортно-пересадочних вузлів є першочерговим завданням для виявлення особливостей їх функціонування. Для аналізу загальних показників площ території ТПВ були використані закордонні та вітчизняні аеропорти та їхні найбільші річні обсяги пасажиропотоків (табл. 3.8). У процесі дослідження територій транспортно-пересадочних вузлів було виявлено закономірність між річним пасажиропотоком аеропортів та загальними площами їхніх ТПВ, яка показала, що зі збільшенням пасажиропотоку збільшується і площа транспортного вузла (рис. 3.10).

Таблиця 3.8

Закордонний та вітчизняний досвід площ ТПВ в аеропортах

№ з/п	Аеропорт	Площа ТПВ, тис. м ²	Пасажиропотік, млн пас/рік
1	«Кейптаун» (ПАР)	258,0	10,82
2	«імені короля Шаки» (ПАР)	382,1	6,09
3	Регіональний аеропорт «Дейн» (США)	136,2	2,25
4	«Загреб» (Хорватія)	107,7	3,72
5	«Вільнюс» (Литва)	58,7	5,0
6	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	70,1	2,21
7	«Гданськ імені Леха Валенси» (Польща)	233,0	5,90
8	«Сан-Дієго» (США)	388,1	24,0
9	«Юджин» (США)	196,2	1,71
10	«Кернс» (Австралія)	300,0	5,07
11	«Бориспіль» (Україна)	150,0	15,26
12	«Бориспіль», термінал «D» (Україна)	63,3	12,66
13	«Бориспіль», термінал «F» (Україна)	45	2,61
14	«Київ-Жуляни», термінал «А» (Україна)	40,0	2,61
15	«Львів» (Україна)	80,3	2,21
16	«Одеса» (Україна)	39,0	1,69
17	«Харків» (Україна)	67,5	1,34
18	«Будапешт» (Угорщина)	310,0	16,17
19	«Брюссель» (Бельгія)	450,0	25,68

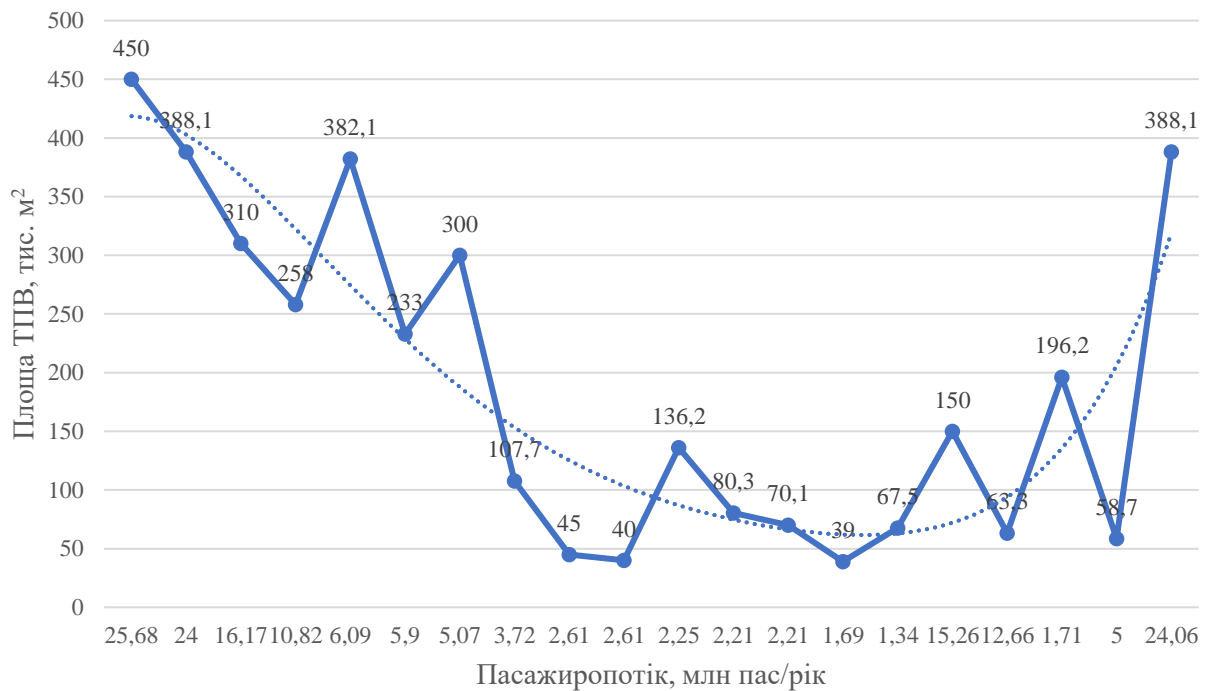


Рис. 3.10. Залежність площі ТПВ від річного пасажиропотоку аеропорту

На основі отриманих результатів проведеного кореляційного аналізу встановлено регресійну модель залежності між загальною площею транспортно-пересадочного вузла і річним пасажиропотоком аеропорту (рис. 3.10).

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,875$. Рівняння регресії має вигляд:

$$S = 0,0031 \cdot P^5 - 0,1563 \cdot P^4 + 2,9736 \cdot P^3 - 23,953 \cdot P^2 + 37,451 \cdot P + 402,21,$$

де S – площа транспортно-пересадочного вузла; P – річний пасажиропотік аеропорту.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,767$.

Досліджуючи площу ТПВ, було виявлено другу залежність між довжинами фронтів висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалом (табл. 3.9, додаток Т) та річним пасажиропотоком аеропортів (рис. 3.11).

Таблиця 3.9

Довжини фронтів висадки-посадки пасажирів в аеропортах

№ з/п	Аеропорт		Рівні площі	Загальна довжина фронтів, м	Пасажиропотік, млн/рік
Канадські [100, 101]					
1	«Торонто Пірсон» Термінал 1		3	1735	29,0
2	«Ванкувер»		2	1600	24,9
3	«Монреаль-Трюдо»		2	1213	20,38
4	«Калгарі»		2	1250	18,49
5	«Едмонтон»		3	990	8,25
6	«Оттави Макдональд-Картъє»		2	840	5,10
Українські					
7	«Бориспіль», термінал «D»	Нижній рівень	2	300	12,66
		Верхній рівень		200	
8	Бориспіль, термінал «F»		1	150	2,61
9	«Львів»		1	250	2,21
Закордонні					
10	«Гданськ» (Польща)		1	310	5,90
11	«Загреб» (Хорватія)		2	330	3,72
12	«Братислава» (Словаччина)		1	250	2,21
13	«Дейн» (США)		1	310	2,25
14	«Вільнюс» (Литва)		1	200	5,0
15	«Бандаранаїке» (Шрі-Ланка) [72]	Нижній рівень	2	140	7,5
		Верхній рівень		140	
16	«Мемфіс» (США) [22]	Нижній рівень	2	246	11,25
		Верхній рівень		251	

Унаслідок проведеного кореляційного аналізу встановлено регресійну залежність між довжиною фронту висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалом і річним пасажиропотоком аеропорту (рис. 3.11).

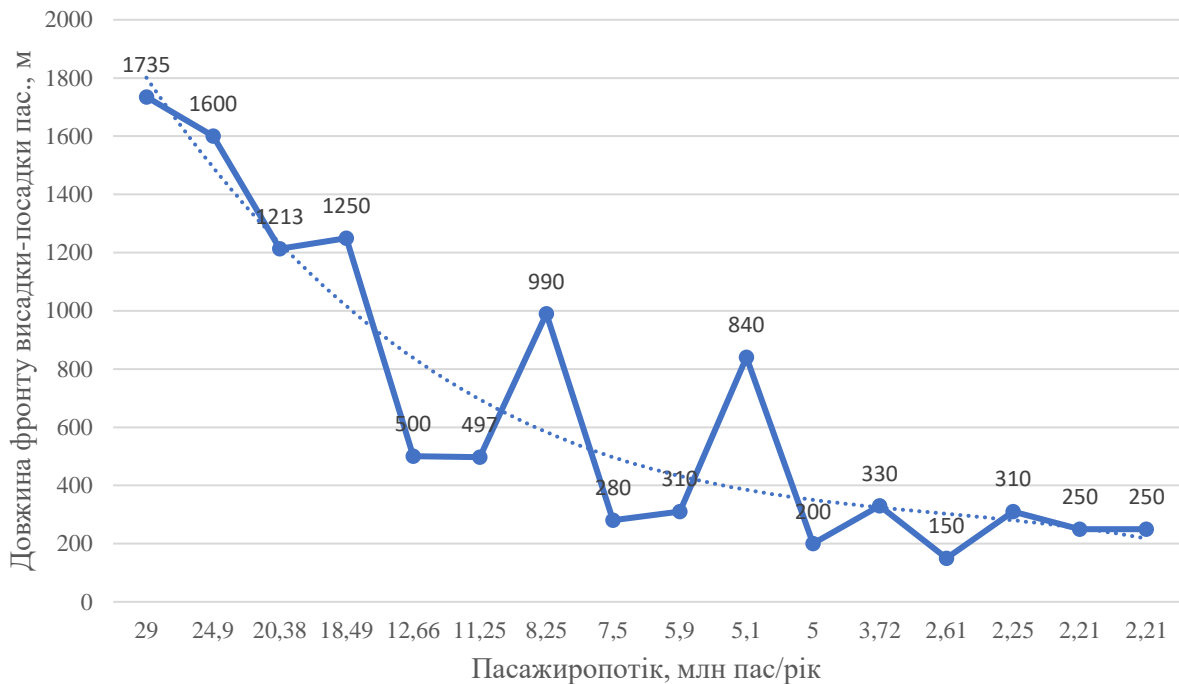


Рис. 3.11. Залежність довжини фронту висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалом від річного пасажиропотоку аеропорту

Отримане поле кореляції вказує на існування лінійного зв'язку з коефіцієнтом кореляції $r = 0,9117$.

Рівняння регресії має вигляд:

$$L = -0,7305 \cdot P^3 + 28,353 \cdot P^2 - 388,15 \cdot P + 2161,8,$$

де L – довжина фронту висадки-посадки пасажирів; P – річний пасажиропотік аеропорту.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8312$.

На основі графіка рис. 3.11. можна зробити висновок, що зі збільшенням довжини фронту висадки-посадки пасажирів збільшується і річний пасажиропотік аеропорту.

Також варто зазначити, третю закономірність між площею пішохідної зони ТПВ перед аеровокзалом та максимальною щільністю людського потоку в

пішохідній зоні ТПВ (табл. 3.10). Залежність показує, що зі збільшенням площі пішохідної території зменшується щільність людського потоку в пішохідній зоні ТПВ, а в разі зменшення площі, навпаки, щільність збільшується.

Унаслідок проведеного дослідження встановлено регресійну залежність між площею пішохідної зони ТПВ перед аеровокзалом і максимальною щільністю людського потоку в пішохідній зоні ТПВ (рис. 3.12).

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,9489$.

Рівняння регресії має вигляд:

$$S_p = 3,7478 \cdot D^4 - 83,859 \cdot D^3 + 621,43 \cdot D^2 - 1475,8 \cdot D + 2045,7,$$

де S_p – площа пішохідної зони ТПВ перед аеровокзалом; D – максимальна щільність людського потоку в пішохідній зоні ТПВ.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9006$.

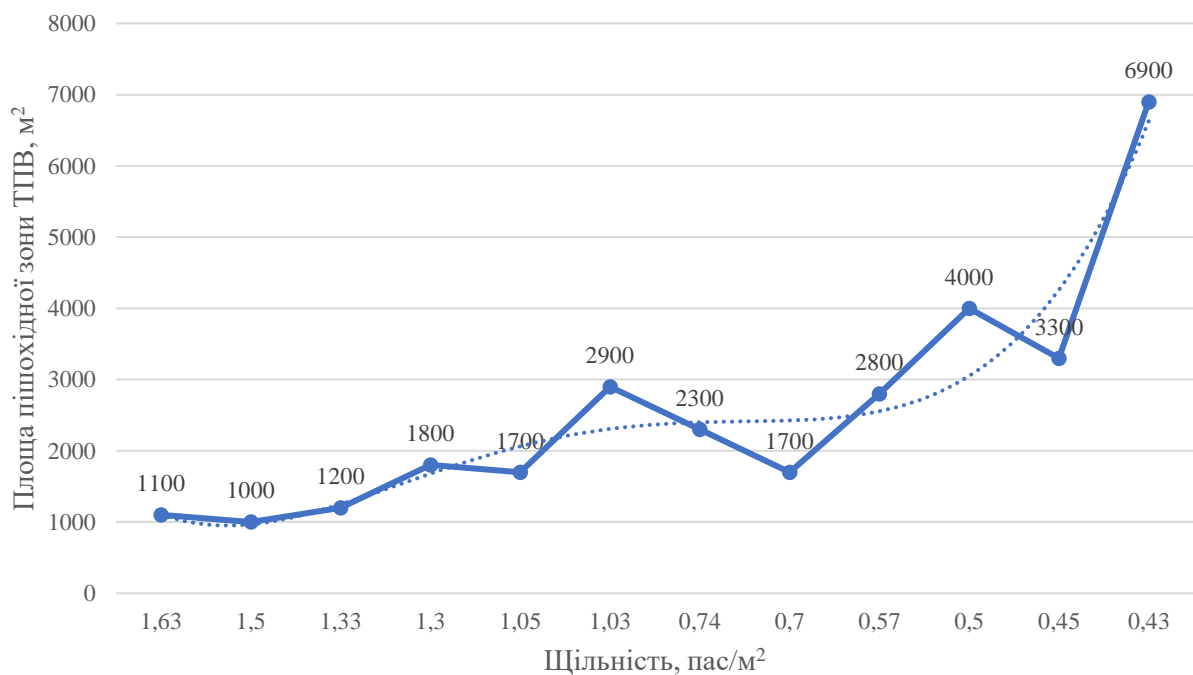


Рис. 3.12. Залежність площі пішохідної зони ТПВ перед аеровокзалом від максимальної щільності людського потоку в пішохідній зоні ТПВ

Таблиця 3.10

**Максимальні щільності пішохідних потоків у пішохідних зонах ТПВ
на території аеровокзальних комплексів**

№ з/п	Аеропорт	Максимальна щільність потоку в пішохідній зоні, пас/м ²	Пропускна спроможність терміналу, пас/год	Пішохідна зона перед аеровокзалом, м ²
1	Регіональний аеропорт «Дейн» (США)	0,74	1700	2300
2	«Загреб» (Хорватія)	1,05	1800 [68]	1700
3	«Вільнюс» (Литва)	0,7	1200 [69]	1700
4	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	0,45	1500 [70]	3300
5	«Гданськ ім. Леха Валенси», термінал 2 (Польща)	1,3	2400 [71]	1800
6	«Бориспіль», термінал «D», перший рівень (Україна)	0,43	3000	6900
7	«Бориспіль», термінал «D», другий рівень (Україна)	1,03	3000	2900
8	«Бориспіль», термінал «B» (Україна)	0,57	1600	2800
9	«Бориспіль», термінал «F» (Україна)	1,63	1800	1100
10	«Львів» (Україна)	0,5	2000	4000
11	«Бандаранайке», термінал 2, перший рівень (Шрі-Ланка)	1,33	1600 [72]	1200
12	«Бандаранайке», термінал 2, другий рівень (Шрі-Ланка)	1,5	1500 [72]	1000
Середнє значення		0,93		

Досліджуючи площі транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів, були виділені ділянки автобусних стоянок (табл. 3.11), на основі яких виявлено закономірність, що зі збільшенням річного пасажиропотоку аеропорту збільшується площа території відстою автобусних транспортних засобів.

Тому на підставі отриманих результатів проведеного кореляційного аналізу, встановлено регресійну залежність між площами автобусних стоянок (зон відстою) на території ТПВ і річними пасажиропотоками аеропортів (рис. 3.13).

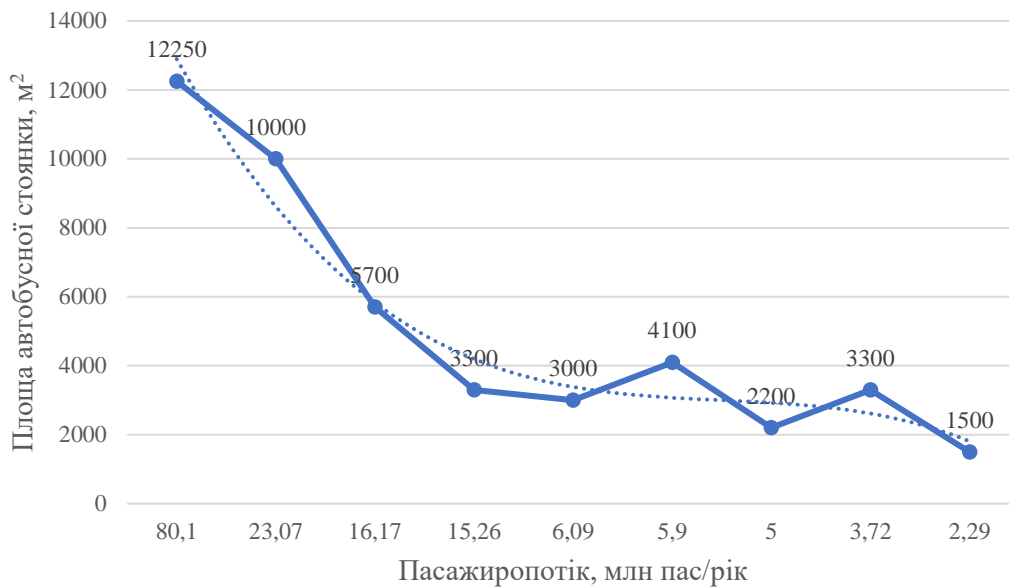


Рис. 3.13. Залежність площі автобусних стоянок на території ТПВ від річного пасажиропотоку аеропорту

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,975$.

Рівняння регресії має вигляд:

$$S_a = 54,97 \cdot P^3 + 1072,4 \cdot P^2 - 7108,3 \cdot P + 18987,$$

де S_a – площа автобусної стоянки; P - річний пасажиропотік аеропорту.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,95$.

Таблиця 3.11

Автобусні стоянки (зони відстою) на території аеропортів

№ з/п	Аеропорт	Пасажиropотік, млн/рік	Площа забудови, м ²
1	«Вільнюс» (Литва)	5,0	2200
2	«Бориспіль» (Україна)	15,26	3300
3	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	2,29	1500
4	«Загреб» (Хорватія)	3,72	3300
5	«Гданськ» (Польща)	5,9	4100
6	«Імені короля Шаки» (ПАР)	6,09	3000
7	«Імені Ференца Ліста» (Угорщина)	16,17	5700
8	«Берлін» (Німеччина)	23,07	10000
9	«Хітроу» (Англія)	80,10	12250

Із наведеного вище можна зробити висновок, що визначення площ території ТПВ залежно від пасажиропотоку є важливим аспектом проектування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах.

Тому для аналізу ефективності використання території ТПВ визначимо співвідношення між максимальною пропускною спроможністю терміналів українських аеропортів з габаритами привокзальних площ з подальшим встановленням площі на одного пасажирів. Результати наведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

**Показники ТПВ українських аеропортів та визначені площі на одного
пасажирів в ТПВ**

№ з/п	Аеропорт	Термінали	Пропускна спроможність терміналу пас/год	Площа ТПВ тис. м ²	Площа на одного пасажирів в ТПВ, м ²
1	«Бориспіль»	D	6000	63,3	10,6
		F	1800	45,0	25,0
		B	1600	41,4	25,9
2	«Жуляни»	A	2000	40,0	20,0
3	«Львів»	A	2000	80,3	40,1
4	«Одеса»	1, 2, 3	1000	39,0	39,0
5	«Харків»	1, 2, 3	1800	67,5	37,5
Середній показник					28,3

Із проведеного аналізу привокзальних площ п'яти найбільших аеропортів України встановлено середній показник відведеної площі на одного пасажирів для проектування пересадочного вузла – 28,3 м² (табл. 3.12). Для розрахунку використано максимальну пропускну спроможність терміналів за одну годину, як показник максимальної кількості одночасного перебування людей на привокзальній площі.

На противагу, дослідження закордонної практики ТПВ на території аеропортів, дало можливість також визначити середній показник площі на одну людину в транспортному вузлі – 78,5 м² (табл. 3.13).

Отже, порівнюючи показники площ транспортно-пересадочних вузлів вітчизняних і закордонних аеропортів, можна стверджувати, що українська практика показує менші площі на одну людину в ТПВ, що пов'язано з меншими

площами їх території. Також слід зацентувати увагу на тому, що вітчизняні аеропорти мають проблеми з недостатньою кількістю паркомісць, які безпосередньо впливають на габарити та розміри транспортних вузлів.

Таблиця 3.13

**Показники ТПВ закордонних аеропортів та визначені площі на одного
пасажирів в ТПВ**

№ з/п	Аеропорт	Термінали	Пропускна спроможність терміналу, пас/год	Площа ТПВ, тис. м ²	Площа на одного пасажирів в ТПВ, м ²
1	«Дейн» (США)	1	1700	136,2	80,1
2	«Загреб» (Хорватія)	1	1800 [68]	107,7	59,8
3	«Вільнюс» (Литва)	1	1200 [69]	58,7	48,9
4	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	1	1500 [70]	70,1	46,7
5	«Гданськ» імені Леха Валенси (Польща)	Термінал 2	2400 [71]	233,0	97,1
6	«Юджин» (США)	1	1500	196,2	130,8
7	«Кейптаун» (ПАР)	Міжнародний термінал	2250 [102]	258,0	60,7
		Внутрішній термінал	2000		
8	«Кернс» (Австралія)	Міжнародний термінал	900	302,1	104,1
		Внутрішній термінал	2000		
Середній показник					78,5

Отже, на підставі проведених кореляційних аналізів зі встановлення регресійних залежностей між загальною площею ТПВ, довжиною фронту висадки-посадки пасажирів, площею пішохідної зони ТПВ, щільністю пішохідного потоку, площами автобусних стоянок та річним пасажиропотоком аеропортів були виявлені лінійні зв'язки, які показують значний вплив пішохідних потоків на показники площ транспортно-пересадочних вузлів. Звідси, видно, що аеропорти з більшим пасажиропотоком, переважно матимуть більші площі ТПВ. Інакше кажучи, на основі досліджень, можна встановити такі закономірності щодо загальних площ ТПВ та річних пасажиропотоків аеропортів:

– аеропорти з пасажиропотоком до 5 млн пас/рік можуть мати площі ТПВ у межах 40–150 тис.м²;

– аеропорти з пасажиропотоком 5–15 млн пас/рік – $S = 150–300$ тис.м²;

– аеропорти з пасажиропотоком понад 15 млн пас/рік – $S = < 300$ тис.м².

Довжини фронтів висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалами матимуть також залежність від річних пасажиропотоків аеропортів:

– аеропорти з пасажиропотоком до 5 млн пас/рік можуть мати загальну довжину фронту в межах 150–350 м;

– аеропорти з пасажиропотоком 5–15 млн пас/рік – $L = 350–1000$ м;

– аеропорти з пасажиропотоком понад 15 млн пас/рік – $L = < 1000$ м.

Також слід зазначити, що річний пасажирообіг аеропортів має значний вплив і на площі ділянок автобусних стоянок на території ТПВ. Унаслідок аналізу було встановлено, що:

– аеропорти з пасажиропотоком до 10 млн пас/рік можуть мати площі зон відстою транспортних засобів в межах 1000–5000 м²;

– аеропорти з пасаж. понад 10 млн пас/рік – $S_A = < 5000$ м².

3.3. Дослідження розподілу доступу пасажирів до аеропорту за видами транспорту

Одним з основних завдань дослідження функціонування транспортно-пересадочних вузлів є знаходження відсоткових значень розподілу пасажиропотоку за видами транспорту щодо поїздок до та з аеропорту. Це дослідження актуальне щодо подальших розрахунків відповідних площ ТПВ зважаючи на прогнозований річний пасажиропотік. Відтак, доцільно весь потік людей в аеропорту, який користується транспортно-пересадочним вузлом, умовно поділити на такі основні групи:

1) пасажирів на приватному транспорті;

2) пасажирів на таксі;

3) пасажирів на громадському транспорті (автобуси, троллейбуси, трамваї);

- 4) пасажирів на залізничному транспорті;
- 5) інший транспорт (велосипеди, трансферні послуги на маршрутних транспортних засобах).

Варто зазначити, що крім основного пасажиропотоку аеропорту, який користується послугами перельотів, існує частка людей, яка не використовує авіаційні послуги. До складу цієї частки входять такі групи:

- працівники аеропорту;
- зустрічаючі та проводжаючі;
- водії комерційних та громадських транспортних засобів.

Для визначення відсоткових значень часток відповідних груп пасажирів за видами транспорту щодо поїздок до аеропортів були проаналізовані українські та закордонні авіаційно-транспортні вузли.

Шостим аеропортом за обсягом річного пасажиропотоку в Україні є аеропорт «Запоріжжя», який за дослідженнями [103] у 2020 р. мав такі відсоткові значення розподілу пасажирів: 60 % становив приватний транспорт, 30 % пасажирів дістаються до аеропорту на таксі, лише 10 % користуються громадським транспортом (рис. 3.14).

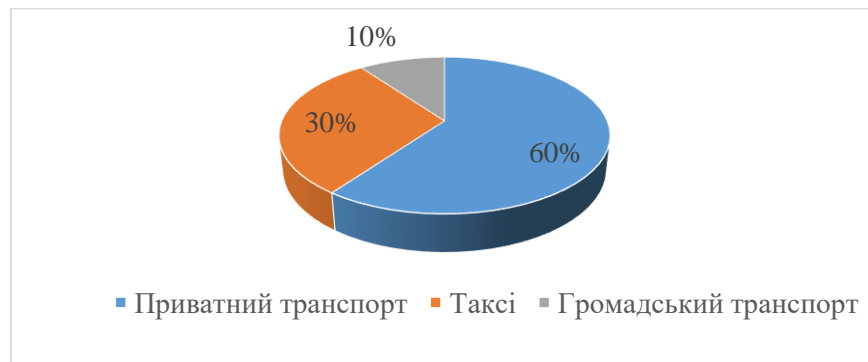


Рис. 3.14. Розподіл пасажирів за видами транспорту в аеропорту «Запоріжжя»

На основі власних натурних спостережень з обстеження пішохідних та транспортних потоків на території аеровокзальних комплексів у 2021 р., методом анкетного опитування, були досліджені такі українські аеропорти: «Бориспіль», «Київ-Жуляни», «Одеса» та «Львів».

Найбільший аеропорт України «Бориспіль» у 2021 р. зафіксував значне зниження пасажиропотоку порівняно з 2019 р., який досяг позначки 9,43 млн пас/рік. Метод анкетного опитування встановив, що 155 пасажирів виявили частки вподобань вибору транспорту до та з аеропорту. Тому за опитуванням пасажирів, які здійснювали поїздки до та з аеропорту у 2021 р., можна зробити такі висновки:

- частка пасажирів на приватних автомобілях становила приблизно 50 % (78 опитуваних пасажирів);
- громадський транспорт – близько 10 % пасажирів (15 опитуваних пасажирів);
- залізниця (Бориспільський експрес), що сполучає аеропорт з Києвом – 10 % (15 опитуваних пасажирів);
- таксі – 25 % пасажирських перевезень (39 опитуваних пасажирів);
- інший транспорт – 5 % (8 опитуваних пасажирів).

Також на основі досліджень аеропорту «Бориспіль», встановлено відсотковий показник людей, які зустрічають та проводжають, від загального пасажирообігу аеропорту – 16 % (25 опитуваних).

Другим проаналізованим аеропортом є авіаційний вузол «Київ-Жуляни», розташований на відстані 8 км від центру міста. Метод анкетного опитування встановив, що 150 пасажирів виявили частки вподобань вибору транспорту до та з аеропорту. Особливістю цього аеропорту є незначний відсоток пасажирів, які дістаються аеропорту пішки – 2 % (3 опитуваних пасажирів), що зумовлюється його розташуванням у межах міста. Отже, результати опитування пасажирів показали, що:

- 55 % пасажирів використовували приватні автомобілі (83 опитуваних пасажирів);
- частка таксі становила приблизно 20 % (30 опитуваних пасажирів);
- на громадський транспорт припало 20 % пасажирів (30 опитуваних пасажирів);

- інший транспорт становив 3 % (5 опитуваних пасажирів);
- пішохідний доступ до аеропорту – 2 % (3 опитуваних пасажирів);
- відсотковий показник людей, які зустрічають та проводжають, від загального пасажирообігу аеропорту становив 20 % (30 опитуваних пасажирів).

Метод анкетного опитування пасажирів аеропорту «Одеса» встановив, що 150 пасажирів виявили частки вподобань вибору транспорту до та з аеропорту. Відтак, дослідження розподілу наземного доступу показало, що 96 опитуваних пасажирів (64 %) віддали перевагу приватному транспорту, послугами таксі скористалося близько 22 % (33 опитуваних пасажирів), громадським транспортом – 12 % (18 опитуваних пасажирів), іншими видами транспорту – 2 % (3 опитуваних пасажирів). Частка осіб, які зустрічають та проводжають, становила близько 11 % (17 опитуваних пасажирів).

За результатами опитування 160 пасажирів аеропорту «Львів» щодо вподобань вибору транспорту до та з аеропорту виявлено наступні результати: 73 опитуваних пасажирів (46 %) використовували приватний транспорт, показник таксі становив 33 % (53 опитуваних пасажирів), ГТ використало близько 18 % (29 опитуваних пасажирів), інші види транспорту – 3 % (5 опитуваних пасажирів). На частку тих, хто зустрічає та проводжає, припало 15 % (24 опитуваних пасажирів).

Узагальнюючи відсоткові частки відповідних груп пасажирів за видами транспорту щодо поїздок до українських аеропортів (табл. 3.14), можна стверджувати, що найбільше використання приватного транспорту та таксі спостерігається в аеропортах «Одеса» та «Львів» з показниками 64 та 33 % відповідно. Внаслідок аналізу встановлено, що аеропорт «Київ-Жуляни» має найбільший показник використання громадського транспорту – 20 %, що є результатом розташування аеропорту в межах міста та допустимих пішохідних відстаней до громадських зупинок. Також варто зазначити, що київський аеропорт, єдиний із проаналізованих вітчизняних аеропортів, в якому було зафіксовано пішохідний доступ пасажирів до аеропорту. Інший столичний

аеропорт «Бориспіль» має найбільший показник використання інших типів транспорту – 5 %. Отже, зацентруємо, що лише найбільший аеропорт України має запроваджений залізничний транспорт на території аеровокзального комплексу. Також зазначимо, що за результатами натурних досліджень (табл. 3.6) визначено середнє відсоткове значення осіб, які зустрічають та проводжають, в українських аеропортах – 15,5 %.

Таблиця. 3.14

Розподіл часток пасажирів доступу до українських аеропортів за видами транспорту

Аеропорти	Види транспорту					Частка осіб, які зустрічають та проводжають, %
	Приватний автомобіль, %	Таксі, %	Громадський транспорт, %	Залізниця, %	Інший транспорт, %	
«Запоріжжя»	60	30	10	-	-	-
«Бориспіль»	50	25	10	10	5	16
«Київ-Жуляни»	55	20	20	-	3	20
«Одеса»	64	22	12	-	2	11
«Львів»	46	33	18	-	3	15
Середні значення	55	26	14	10	3,2	15,5

Аналіз європейської практики модального розподілу пасажирів в аеропортах за видами транспорту показав, що приватний транспорт займає невелику частку користування – менше ніж 40 %. Цей попит можна пояснити прагненням європейських аеропортів зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище, зменшивши кількість заторів і викидів, які утворюються під час поїздок на приватному транспорті до аеропорту та водночас збільшити частку пасажирів, які користуються громадським транспортом та залізницею (табл. 3.15).

Досліджуючи поведінку працівників аеропорту «Хітроу» [104] було встановлено, що більша їх частка користується приватним транспортом – 67 % (рис. 3.15). З-поміж працівників, які їздять громадським транспортом (28 %), найчастіше використовується автобус.

Таблиця 3.15

Розподіл часток пасажирів доступу до європейських аеропортів за видами транспорту

Аеропорти	Види транспорту				
	Приватний автомобіль, %	Таксі, %	Громадський транспорт, %	Залізниця, %	Інший транспорт, %
«Будапешт» (Угорщина) [105]	38	21	20	20	1
«Хітроу» (Англія) [104]	26	32,5	11,5	28	2
«Осло» (Норвегія) [106]	10	14	30	40	6
«Арlanda» (Швеція) [106]	30	13	16	30	11
«Скiпхол» (Нiдерланди) [106]	30	10	15	40	5
«Орлі» (Франція) [106]	40	25	15	15	5
«Франкфурт» (Нiмеччина) [106]	32	18	13	25	12

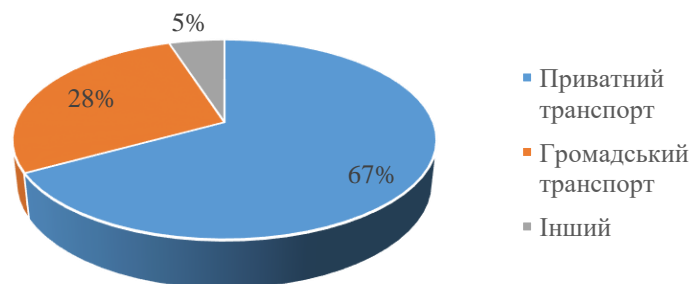


Рис. 3.15. Розподіл працівників аеропорту «Хітроу» за частками видами транспорту за 2019 р.

Для закордонного аналізу часток пасажирів за видами транспорту були також проаналізовані австралійські аеропорти [107]. На рис. 3.16, 3.17 подані узагальнені дані наземного розподілу видів транспорту.

Дані розподілу часток пасажирів за видами транспорту в австралійських аеропортах показують, що приватний автомобіль є основним та домінантним способом доступу до більшості аеропортів. Його середнє відсоткове значення становить приблизно 60 %. Переважне використання приватного транспорту

(ПТ) є результатом таких чинників, а саме: наявність великої кількості паркувальних майданчиків; якість і асортимент паркувальних стоянок.

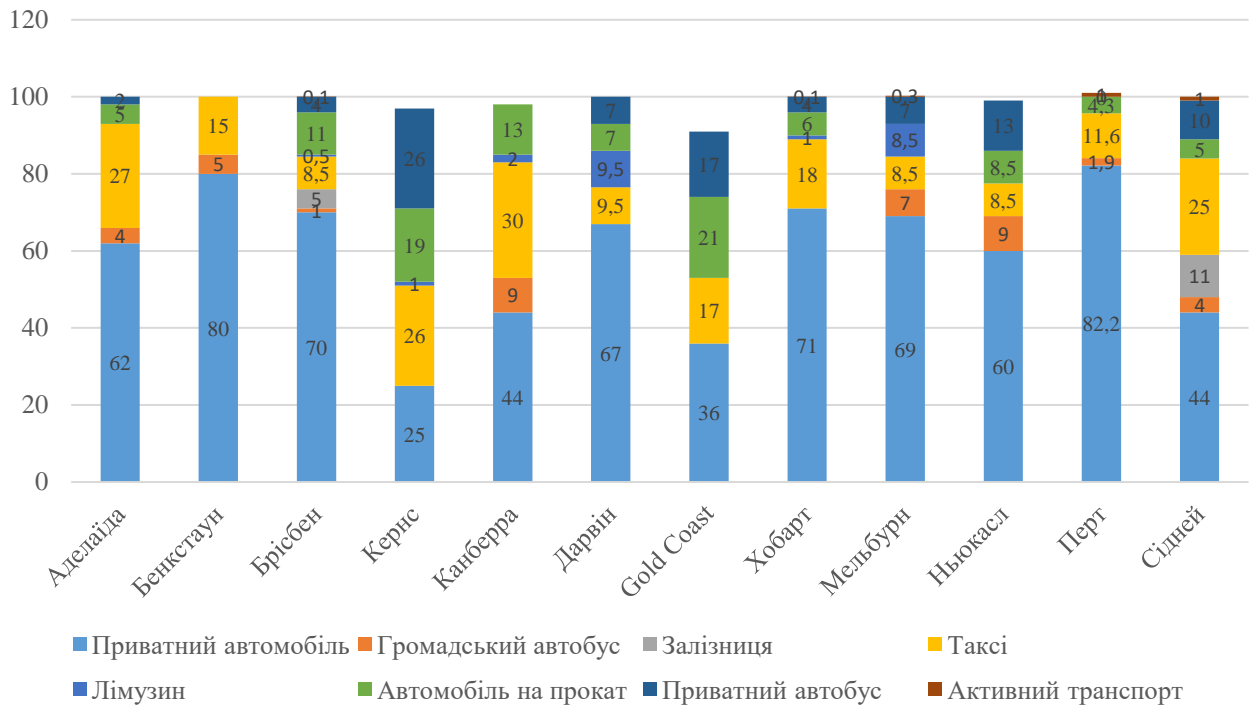


Рис. 3.16. Розподіл пасажирів за видами транспорту австралійських аеропортів за 2019 р.

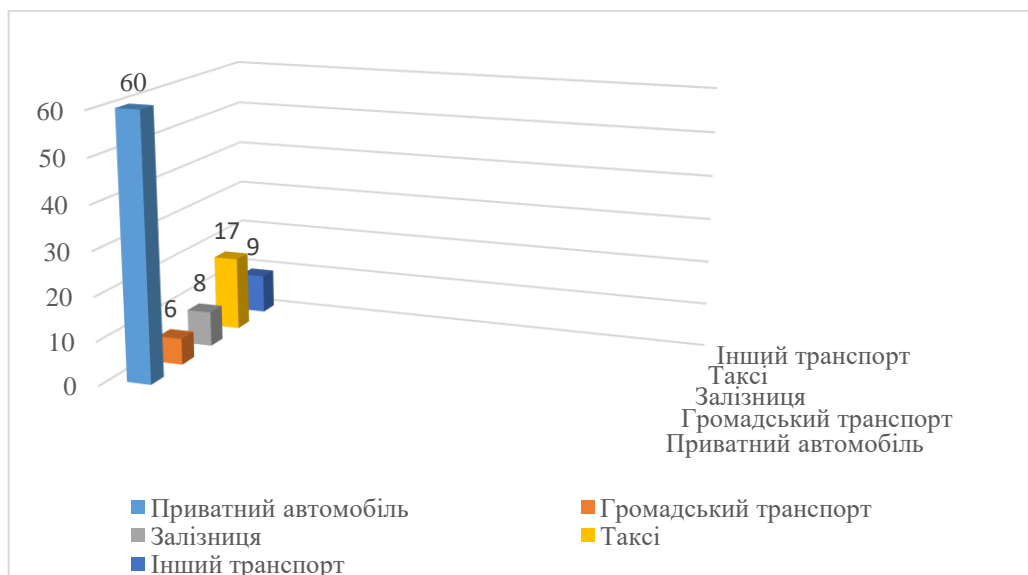


Рис. 3.17. Середні значення розподілу пасажирів за видами транспорту австралійських аеропортів за 2019 р.

Порівнюючи українські аеропорти з австралійськими, можна виокремити певні схожі особливості. Насамперед, варто зазначити мінімальне використання залізничного транспорту, яке становить 8–10 %. Декілька аеропортів з країни-материка (Сіднейський аеропорт «Кінгсфорда Сміта», аеропорт «Брісбен» та міжнародний аеропорт «Перт») під'єднані до залізничної лінії. В Україні таким привілеєм може похвалитися лише найбільший аеропорт країни – «Бориспіль». Особливістю також є схожий розподіл домінації ПТ, приблизно 55–60 %.

У межах дослідження розподілу наземного доступу пасажирів до аеропортів було проаналізовано найбільший аеропорт Індонезії «Сукарно-Хатта», який обслуговує район мегаполіса Джакарти. У 2018 р. аеропорт увійшов до 20-и найбільших завантажених аеропортів світу, посівши 18-е місце з сумарним пасажиропотоком 63 млн осіб. [108]. Метод анкетного опитування за дослідженням [109] встановив, що 149 пасажирів виявили частки вподобань вибору транспорту до та з аеропорту. Результати аналізу наведені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Розподіл пасажирів за видами транспорту в аеропорту Сукарно-Хатта

Бажаний вид транспорту	Кількість опитуваних	Відсоток
Автобус	34	23 %
Залізниця	32	21 %
Приватний автомобіль	83	56 %

Розподіл в індонезійському аеропорту показав, що 83 опитуваних пасажирів (56 %) обрали приватний транспорт, який має такі соціальні переваги, як зручність, комфортність, пунктуальність та доступність. Інші 23 % та 21 % відійшли до громадського транспорту. Вибір транспорту здійснювався на основі екологічних та соціальних аспектів. І як показали результати дослідження, більшість пасажирів надають перевагу автомобільному приватному транспорту, оскільки він зручніший у використанні.

Досліджуючи поведінку пасажирів аеропортів США, можна зробити певні висновки, що від 70 до 80 % усіх авіапасажирів дістаються до та з аеропорту приватними автомобілями або орендованими автомобілями (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Розподіл пасажирів за видами транспорту в аеропортах США

Вид транспорту	Аеропорти			
	«Лос-Анджелес»	«Сан-Дієго»	«Тампа»	«Солт-Лейк-Сіті»
Приватний транспорт				
Фронт посадки та висадки	42,4 %	25,5 %	36,3 %	27,0 %
Короткострокова стоянка	4,4 %	17,0 %	-	8,5 %
Довгострокова стоянка		2,5 %	-	7,0 %
Парковка поза аеропортом	8,3 %	10,0 %	19,5 %	4,5 %
Проміжний підсумок (приватний транспорт)	54,8 %	55,0 %	55,9 %	47,0 %
Оренда автомобілів	11,4 %	19,1 %	36,9 %	35,0 %
Проміжний підсумок	66,2 %	74,1 %	92,8 %	82,0 %
Середнє значення	78 %			
Комерційний транспорт				
Таксі	9,3 %	7,3 %	2,3 %	1,5 %
Середнє значення	5,1 %			
Лімузин	2,0 %	1,3 %	-	2,0 %
Трансфер від дверей до дверей	10,0 %	9,5 %	-	2,0 %
Громадський транспорт для готелів/мотелів	5,1 %	5,8 %	3,3 %	10,5 %
Чартерний/інший автобус	3,0	1,0	1,4	1,5
Проміжний підсумок (комерційні транспортні засоби)	33,5 %	25,9 %	7,3%	18,0 %
Разом	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Джерело: [58]

Як правило, від 5 % до 10 % усіх пасажирів користуються громадським транспортом (наприклад, регулярними автобусами чи потягами або мікроавтобусами для спільного прямування). Інші пасажирів (від 20 до 30 %) користуються комерційним транспортом: таксі, орендованими автомобілями,

безкоштовними транспортними засобами, які обслуговують готелі/мотелі, автостоянки або транспортними послугами, які потребують попереднього бронювання (наприклад, лімузини, чартерні або туристичні автобуси/фургони) [58].

Таблиця 3.18

Відсоткові середні значення розподілу часток пасажирів за видами транспорту до аеропортів

Аеропорти	Види транспорту				
	Приватний автомобіль, %	Таксі, %	Громадський транспорт, %	Залізниця, %	Інший транспорт, %
Українські	55	26	14	10	3,2
Австралійські	60	17	6	8	9
Європейські	29,4	19,1	17,2	28,3	6
Сукарно-Хатта (Індонезія)	56		23	21	-
США	78	5,1	9	-	7,9

Отже, на основі результатів досліджень (табл. 3.18) можна стверджувати, що політика європейських аеропортів все ж спрямована на зменшення частки використання ПТ та збільшення частки використання громадських автобусів та залізниці, що пов'язано із цілями зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище та кількості заторів і викидів газів.

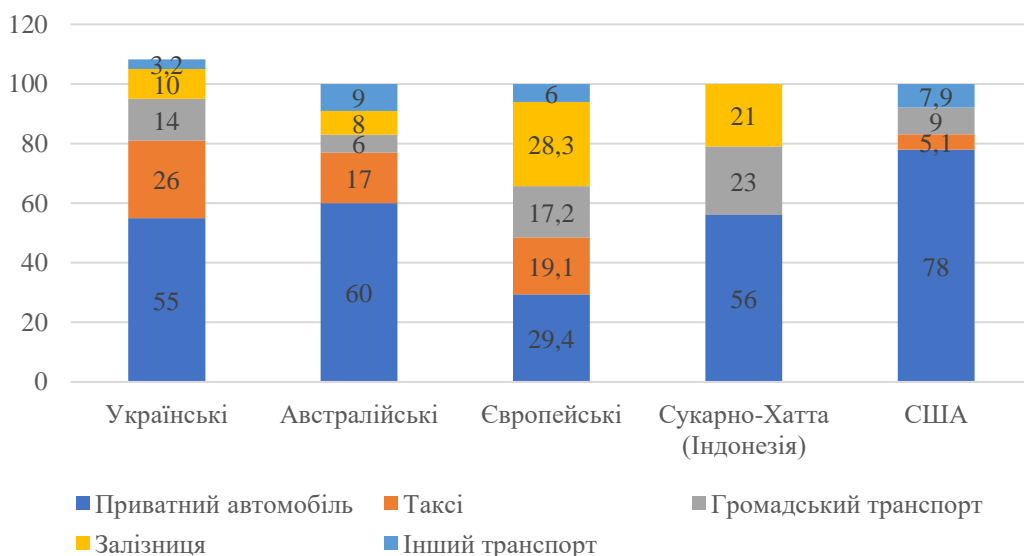


Рис. 3.18. Відсоткові середні значення розподілу частки пасажирів за видами транспорту вітчизняних та закордонних аеропортів

Підсумовуючи наведені вище показники часток пасажирів за видами транспорту в різних аеропортах світу можна зробити висновок, що різні регіони планети мають різні відсоткові значення розподілу людей в аеропортах (табл. 3.18). З рис. 3.18 видно, що найбільший відсоток припадає на приватний транспорт. Зокрема, найвищий показник його використання – 78 % спостерігається в Сполучених Штатах Америки, через те, що на сьогодні країна має один із найвищих показників рівня автомобілізації – 800 автомобілів на 1000 жителів. До порівняння, дещо нижчий показник використання ПТ мають австралійські та українські аеропорти – 60 та 55 % відповідно, але найменший рівень показують європейські аеропорти – 29,4 %, що пояснюється значним попитом використання пасажирами залізничного транспорту. Аналізуючи комерційний вид транспорту (таксі), можна прослідкувати, що вітчизняні аеропорти мають високий показник його використання – 26 % порівняно з американським регіоном – 5,1 %. Результатами досліджень австралійських аеропортів є визначення найменших показників попиту громадського та залізничного транспорту (6 та 8 % відповідно). Також на основі досліджень були встановлені найбільші частки користування громадським та залізничним транспортом в аеропортах індонезійського та європейського регіонів – 23 % та 28,3 % відповідно.

Висновки до розділу 3

Проведення досліджень з обстеження пішохідного руху на території аеровокзальних комплексів дало можливість встановити мінімально допустиму ширину пішохідної зони, яка забезпечить вільний рух пасажирів з багажем. Мінімальна ширина одної смуги руху пішохідної зони аеропорту становить 1,8 м, а ширина двосмугового шляху, для того, щоб щонайменше два пішоходи з багажем могли комфортно рухатися, не створюючи взаємного впливу, становить 3,6 м. На основі проведених експериментальних досліджень із встановлення максимальної площі горизонтальної проєкції людини з багажем – $f_{\text{люд}} = 1,11$

м²/люд. було визначено комфортний показник щільності руху людей на території аеропортів – 0,54 пас/м² (0,6 м²/м²). Також із проведеного аналізу максимальних щільностей пішохідних потоків на територіях пішохідних зон ТПВ встановлено його середній показник – 0,93 пас/м².

На основі отриманих результатів проведених кореляційних аналізів, визначено регресійні моделі залежностей між загальною площею ТПВ, довжиною фронту висадки-посадки пасажирів, площею пішохідної зони ТПВ, щільністю пішохідного потоку, площами автобусних стоянок та річним пасажиропотоком аеропортів. Унаслідок виявлених закономірностей щодо обсягів річних пасажиропотоків аеропортів встановлено: загальні площі транспортно-пересадочних вузлів, довжини фронтів висадки-посадки пасажирів перед аеровокзалами та площі стоянок автобусних транспортних засобів на території ТПВ.

Різні регіони світу демонструють значні відмінності у використанні видів транспорту в аеропортах. Найвищий відсоток використання приватного транспорту спостерігається в США, що пов'язано з високим рівнем автомобілізації в країні. Австралійські та українські аеропорти також мають значні показники використання ПТ, тоді як європейські аеропорти демонструють найнижчий рівень через популярність залізничного транспорту. В Україні використання таксі в аеропортах має одні з найвищих показників, у той час як залізничний транспорт не має високого попиту. Тому можна констатувати, що зі збільшенням річних пасажирообігів вітчизняні аеропорти потребуватимуть удосконалення транспортної інфраструктури, особливо в оцінюванні ефективності використання території ТПВ з подальшим визначенням часток відповідних груп транспортних засобів, які використовуватимуться відвідувачами та пасажирями аеропортів.

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПЛОЩ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТІВ

4.1. Методи та прийоми розрахунку пішохідних зон у транспортно-пересадочних вузлах

Дослідження транспортно-пересадочних вузлів, зокрема на території аеропортів, потребує ретельного аналізу пішохідних зон, оскільки ефективне планування таких зон безпосередньо впливає на комфорт та безпеку пересування пасажирів. Пішохідні зони перед терміналами є важливими елементами в структурі ТПВ, оскільки забезпечують основні потоки пасажирів та осіб, які їх супроводжують та зустрічають. Визначення загальної кількості осіб, які перебувають у пішохідній зоні, розрахунок середнього часу перебування, а також площі, необхідної для забезпечення комфортного переміщення пішоходів, є ключовими параметрами у проєктуванні цих територій. Відповідний підхід полягає в розробленні методів та прийомів розрахунку необхідних параметрів пішохідних зон на основі аналізу людських потоків та їх щільності. Розроблення відповідних розрахункових моделей дає змогу оптимізувати використання площі перед терміналом (рис. 4.1) та забезпечити комфортні умови для користувачів ТПВ.

Визначення загальної кількості осіб у пішохідній зоні

Загальна кількість осіб, які перебувають у пішохідній зоні на добу $N_{\text{заг}}$, враховує пасажирів, осіб, які їх супроводжують та зустрічають, та працівників:

$$N_{\text{заг}} = P_{\text{доб}} \cdot (1 + K_{\text{супр}} + K_{\text{прац}}),$$

де $P_{\text{доб}}$ – добовий пасажиропотік (кількість пасажирів на день), осіб; $K_{\text{супр}}$ – коефіцієнт осіб, які проводжають та зустрічають пасажирів; $K_{\text{прац}}$ – коефіцієнт

працівників аеропорту відносно кількості пасажирів, які користуються пішохідною зоною.

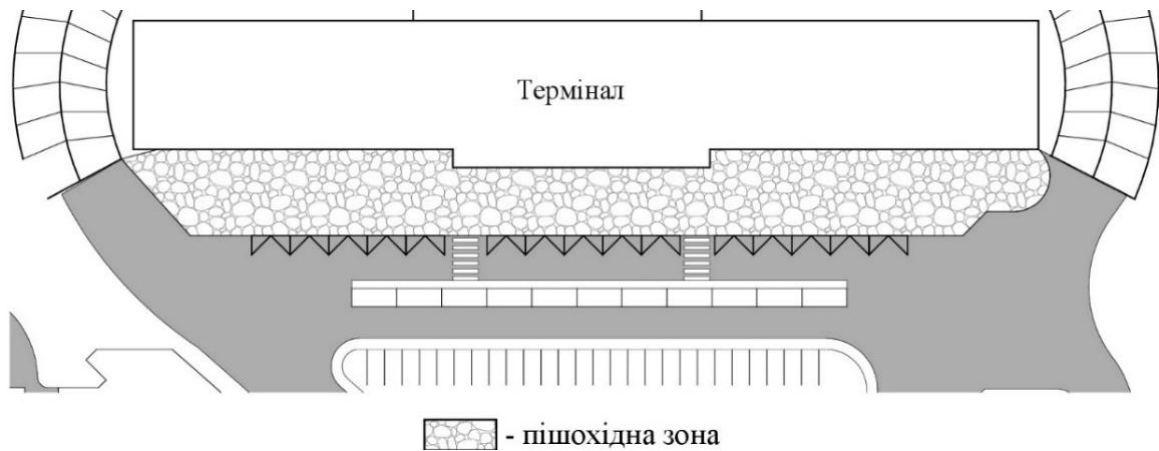


Рис. 4.1. Пішохідна зона перед терміналом аеропорту

Час, який пішоходи проводять у зоні

Середній час перебування людей у пішохідній зоні $t_{\text{переб}}$ можна розрахувати на основі середньої швидкості та довжини шляху, який вони проходять:

$$t_{\text{переб}} = \frac{L_{\text{зон}}}{V} + t_{\text{затр}},$$

де $L_{\text{зон}}$ – довжина пішохідної зони (можна оцінити залежно від розташування терміналу та паркувальної зони), м; V – середня швидкість руху пішоходів, м/с; $t_{\text{затр}}$ – середній час затримки на вході до терміналу та у пішохідній зоні ТПВ, с.

Розрахунок необхідної площі пішохідної зони перед аеровокзалом

Площа пішохідної зони $S_{\text{піш зони}}$ визначається як добуток щільності потоку на кількість людей, які одночасно перебувають у цій зоні. Відповідно, спершу необхідно визначити кількість людей, які перебувають у зоні, в кожен момент часу:

$$N_{\text{переб}} = \frac{N_{\text{заг}} \cdot t_{\text{переб}}}{T_{\text{доб}} \cdot 3600\text{с}},$$

де $T_{\text{доб}}$ – добовий період роботи аеропорту, год.

Тоді необхідна площа:

$$S_{\text{піш зони}} = \frac{N_{\text{переб}}}{D},$$

де D – щільність пішохідного потоку, люд/м²,

або

$$S_{\text{піш зони}} = N_{\text{переб}} \cdot f_{\text{люд}},$$

$f_{\text{люд}}$ – площа горизонтальної проєкції людини з багажем, м²/люд.

Ця модель дає можливість оцінити необхідну площу пішохідної зони перед терміналом на основі кількості пасажирів, осіб, які їх супроводжують та зустрічають, працівників аеропорту, а також динамічних параметрів пішохідного потоку.

Площу пішохідних шляхів на території ТПВ розрахуємо на основі аналізу відсоткових часток пішохідних зон перед аеровокзалом (табл. 4.1), який дав можливість визначити їх середній відсотковий показник – 30 %. Із цього дослідження можна зробити висновок, що інші 70 % території використовуються під площу пішохідних шляхів. Отже, на основі отриманих результатів можна визначити, у скільки разів загальна площа пішохідної зони ($S_{\text{піш. зони}} = 100$ %) більша за площу пішохідних шляхів ($S_{\text{піш. шляхи}} = 70$ %), поділивши значення 100 % на 70 % і отримавши показник – 1,42.

Тоді формула визначення пішохідних шляхів ($S_{\text{піш. шляхи}}$) набуде вигляду:

$$S_{\text{піш шляхи}} = \frac{S_{\text{піш зони}}}{K}$$

де $S_{\text{піш зони}}$ – загальна площа пішохідної зони; K – коефіцієнт, який показує, у скільки разів загальна площа пішохідної зони більша за площу пішохідних шляхів – 1,42.

Таблиця 4.1

**Відсоткові частки пішохідних зон перед аеровокзалом залежно від
усієї площі пішохідної зони ТПВ**

№ з/п	Аеропорт	Загальна площа пішохідної зони, тис. м ²	Площа пішохідної зони перед аеровокзалом, тис. м ²	Частка пішохідної зони перед аеровокзалом залежно від усієї площі пішохідної зони ТПВ, %
1	«Бориспіль», термінал «В» (Україна)	5,3	2,8	52
2	«Бориспіль», термінал «F» (Україна)	3,5	1,1	31,4
3	«Львів» імені Данила Галицького» (Україна)	11,8	4,0	33,9
4	Регіональний аеропорт «Дейн» (США)	9,0	2,3	25,5
5	«Загреб» (Хорватія)	15,1	1,7	11,25
6	«Вільнюс» (Литва)	8,75	1,7	19,4
7	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	10,2	3,3	32,3
8	«Гданськ» (Польща)	19,2	1,8	9,4
Середнє значення				30,0

4.2. Методи та прийоми розрахунку транспортної зони в транспортно-пересадочних вузлах

Модель транспортної зони ТПВ аеропорту повинна враховувати як пасажирські потоки, так і транспортні потоки різних видів транспорту (таксі, автобуси, приватні автомобілі тощо). Основне завдання цієї моделі – оптимізація руху транспорту та пасажирів, скорочення затримання та гарантування безпеки.

Розрахунок кількості пасажирів для кожного виду транспорту

Кількість пасажирів, які використовують транспортний засіб i за добу (P_i), можна розрахувати за допомогою частки пасажирів a_i :

$$P_i = P_{\text{доб}} \cdot (1 + K_{\text{супр}} + K_{\text{прац}}) \cdot a_i,$$

де $P_{\text{доб}}$ – добовий пасажиропотік (кількість пасажирів на день), люд.; $K_{\text{супр}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість людей, які супроводжують пасажирів;

$K_{\text{прац}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість працівників аеропорту відносно кількості пасажирів; a_i – частка пасажирів, які використовують транспортний засіб i (де $i=1$ для таксі, 2 – для автобусів, 3 – для приватних автомобілів тощо).

Розрахунок кількості транспортних засобів для кожного виду транспорту

Для кожного виду транспорту i кількість транспортних засобів (N_i), необхідних для обслуговування пасажиропотоку, визначається за формулою:

$$N_i = \frac{P_i}{C_i},$$

де N_i – кількість транспортних засобів i (кількість таксі, автобусів тощо); P_i – кількість пасажирів, які використовують транспортний засіб i на добу; C_i – кількість пасажирів, яку може перевезти один транспортний засіб (наприклад, таксі може перевозити трьох пасажирів, автобус – 50 тощо).

Розрахунок часу перебування транспортного засобу в транспортній зоні

Час перебування кожного транспортного засобу в зоні ТПВ залежить від процесу посадки/висадки пасажирів, а також швидкості руху. Загальний час перебування можна визначити так:

$$T_i = T_{i. \text{ висад}} + \frac{L_{i. \text{ зон}}}{V_{i. \text{ тр}}},$$

де T_i – середній час перебування одного транспортного засобу i -го типу в зоні ТПВ, с; $T_{i. \text{ висад}}$ – час, необхідний для висадки пасажирів із i -го виду транспорту, с; $L_{i. \text{ зон}}$ – довжина дороги в зоні ТПВ для i -го виду транспорту, м; $V_{i. \text{ тр}}$ – середня швидкість руху транспортних засобів i -го типу в зоні ТПВ, м/с.

Розрахунок щільності транспортного потоку

Щільність транспортного потоку кожного типу транспорту визначається кількістю транспортних засобів на одиницю довжини дороги:

$$W_i = \frac{N_i}{L_{i. \text{зон}}},$$

де W_i – щільність потоку транспортних засобів i -го типу (кількість транспортних засобів на метр дороги); N_i – кількість транспортних засобів i -го типу (кількість таксі, автобусів тощо); $L_{i. \text{зон}}$ – довжина дороги в зоні ТПВ для i -го виду транспорту, м;

Цей показник критичний для оцінювання загального рівня завантаженості транспортної зони.

Розрахунок пропускної спроможності транспортної зони

Щоб оцінити, чи відповідає пропускна спроможність зони реальним потребам, можна порівняти загальний потік транспортних засобів з можливістю їх обслуговування зоною. Загальний потік транспортних засобів i -го типу визначається як:

$$F_i = \frac{N_i}{T_i},$$

де N_i – кількість транспортних засобів i -го типу (кількість таксі, автобусів тощо); T_i – середній час перебування одного транспортного засобу i -го типу в зоні ТПВ, с.

Загальний потік для всіх типів транспорту:

$$F_{\text{заг}} = \sum_i F_i = \sum_i \frac{N_i}{T_i}.$$

Пропускна спроможність зони повинна відповідати цим вимогам, щоб уникнути заторів і перевантаження.

Оцінка необхідної площі транспортної зони

Загальна площа, необхідна для обслуговування всіх транспортних засобів, залежить від кількості транспортних засобів, що перебувають у зоні одночасно, і середньої площі, яку займає один транспортний засіб:

$$S_{\text{зона}} = \sum_i N_i \cdot S_i,$$

де S_i – площа, яку займає транспортний засіб i -го типу в зоні ТПВ.

Ця модель допомагає оптимізувати транспортні потоки в транспортно-пересадочному вузлі аеропорту, розрахувати кількість транспортних засобів, час їх перебування, щільність потоку, а також необхідну площу транспортної зони.

Для розроблення математичної моделі необхідної кількості паркувальних місць для приватних автомобілів на території ТПВ аеропорту, візьмемо три основні типи стоянок автомобілів:

- 1) короткотривалі – до 2 год;
- 2) середньотривалі – до 10 годин;
- 3) довготривалі – понад 10 годин.

Розрахунок загальної кількості автомобілів на день

Загальна кількість автомобілів, які використовують паркування, визначається як частка пасажирів, що використовують приватний автомобіль:

$$N_{\text{авто}} = P_{\text{доб}} \cdot (1 + K_{\text{супр}} + K_{\text{прац}}) \cdot \alpha_{\text{авто}},$$

де $N_{\text{авто}}$ – кількість автомобілів, яким потрібний паркувальний майданчик, шт.; $P_{\text{доб}}$ – добовий пасажиропотік (кількість пасажирів на день), люд; $K_{\text{супр}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість людей, які супроводжують пасажирів; $K_{\text{прац}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість працівників аеропорту відносно кількості пасажирів; $\alpha_{\text{авто}}$ – частка пасажирів, які використовують приватний автомобіль.

Розподіл автомобілів за типами стоянки

Розрахунок кількості автомобілів, що використовують короткотривалу, середню та довготривалу стоянку:

Короткотривала стоянка:

$$N_{\text{кор}} = N_{\text{авто}} \cdot \rho_{\text{кор}},$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – частка автомобілів, що використовують короткотривалу стоянку.

Середня тривалість стоянки:

$$N_{\text{сер}} = N_{\text{авто}} \cdot \rho_{\text{сер}},$$

де $\rho_{\text{сер}}$ – частка автомобілів, що використовують середню тривалість стоянки.

Велика тривалість стоянки:

$$N_{\text{вел}} = N_{\text{авто}} \cdot \rho_{\text{вел}},$$

де $\rho_{\text{вел}}$ – частка автомобілів, що використовують велику тривалість стоянки.

Розрахунок необхідної кількості паркувальних місць для кожного типу стоянки

Необхідна кількість паркувальних місць визначається з урахуванням часу перебування автомобіля на стоянці.

Кількість паркувальних місць для короткотривалої стоянки ($M_{\text{кор}}$):

$$M_{\text{кор}} = \frac{N_{\text{кор}} \cdot t_{\text{кор переб}}}{T_{\text{доб}}},$$

де $N_{\text{кор}}$ – кількість автомобілів, що використовують короткотривалу стоянку;
 $t_{\text{кор переб}}$ – середній час перебування на короткотривалій стоянці, год; $T_{\text{доб}}$ —
 тривалість добового періоду роботи паркувальної зони, год.

Кількість паркувальних місць для середньої тривалості стоянки ($M_{\text{сер}}$):

$$M_{\text{сер}} = \frac{N_{\text{сер}} \cdot t_{\text{сер переб}}}{T_{\text{доб}}},$$

де $N_{\text{сер}}$ – кількість автомобілів, що використовують середню тривалість стоянки;
 $t_{\text{сер переб}}$ – середній час перебування на середній тривалості стоянці, год; $T_{\text{доб}}$ —
 тривалість добового періоду роботи паркувальної зони, год.

Кількість паркувальних місць для великої тривалості стоянки ($M_{\text{вел}}$):

$$M_{\text{вел}} = \frac{N_{\text{вел}} \cdot t_{\text{вел переб}}}{T_{\text{доб}}},$$

де $N_{\text{вел}}$ – кількість автомобілів, що використовують велику тривалість стоянки;

$t_{\text{вел переб}}$ – середній час перебування на великій тривалості стоянці, год; $T_{\text{доб}}$ — тривалість добового періоду роботи паркувальної зони, год.

Розрахунок загальної кількості паркувальних місць

Загальна кількість паркувальних місць у транспортно-пересадочному вузлі – це сума паркувальних місць для кожного типу стоянки:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{кор}} + M_{\text{сер}} + M_{\text{вел}}.$$

Ця модель дає змогу визначити необхідну кількість паркувальних місць для кожного типу стоянки (короткотривалої, середньої та великої тривалості) з урахуванням часу перебування автомобілів на стоянці.

Для побудови математичної моделі, яка визначає кількість паркувальних місць для *автобусів* та *таксі* в транспортно-пересадочному вузлі аеропорту, необхідно врахувати добовий пасажиропотік, частку пасажирів, які користуються автобусами та таксі, час перебування ТЗ на паркувальних місцях і кількість циклів обслуговування протягом дня.

Розрахунок кількості транспортних засобів

1. Кількість таксі, необхідна для обслуговування пасажирів:

$$N_{\text{таксі}} = \frac{P_{\text{доб}} \cdot (1 + K_{\text{супр}} + K_{\text{прац}}) \cdot a_{\text{таксі}}}{C_{\text{таксі}}},$$

де $P_{\text{доб}}$ – добовий пасажиропотік (кількість пасажирів на день), люд; $K_{\text{супр}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість людей, які супроводжують пасажирів; $K_{\text{прац}}$ – коефіцієнт, що характеризує кількість працівників аеропорту відносно кількості пасажирів; $a_{\text{таксі}}$ – частка пасажирів, які використовують таксі; $C_{\text{таксі}}$ – середня кількість пасажирів, яких може перевозити одне таксі.

2. Кількість автобусів, необхідна для обслуговування пасажирів:

$$N_{\text{автоб}} = \frac{P_{\text{доб}} \cdot (1 + K_{\text{супр}} + K_{\text{прац}}) \cdot a_{\text{автоб}}}{C_{\text{автоб}}},$$

де $a_{\text{автоб}}$ – частка пасажирів, які використовують автобус; $C_{\text{автоб}}$ – середня кількість пасажирів, яких може перевозити один автобус.

Розрахунок кількості паркувальних місць для таксі та автобусів

1. Кількість паркувальних місць для таксі визначається з урахуванням часу перебування таксі на паркувальному місці:

$$M_{\text{таксі}} = \frac{N_{\text{таксі}} \cdot T_{\text{таксі}}}{1440},$$

де $T_{\text{таксі}}$ – середній час перебування таксі на місці паркування, хв; 1440 – кількість хвилин у добі.

2. Кількість паркувальних місць для автобусів:

$$M_{\text{автоб}} = \frac{N_{\text{автоб}} \cdot T_{\text{автоб}}}{1440},$$

де $T_{\text{автоб}}$ – середній час перебування автобуса на місці паркування, в хв.

Ця модель дає можливість визначити необхідну кількість паркувальних місць для таксі та автобусів у транспортно-пересадочному вузлі аеропорту, з урахуванням часу перебування транспортних засобів на паркуванні, пасажиропотоку.

Загальна площа зони паркування для приватних автомобілів, таксі та автобусів залежить від кількості паркувальних місць і площі, яку займає одне паркувальне місце відповідного типу транспортного засобу.

Розрахунок площі для паркування

1. Розрахунок площі для паркування приватних автомобілей:

$$S_{\text{ст прив авто}} = M_{\text{заг}} \cdot S_{\text{прив авто}},$$

де $M_{\text{заг}}$ – загальна кількість паркувальних місць для приватних автомобілей; $S_{\text{прив авто}}$ – площа, яку займає одне паркувальне місце для автомобіля, м².

2. Розрахунок площі для паркування таксі:

$$S_{\text{ст таксі}} = M_{\text{таксі}} \cdot S_{\text{таксі}},$$

де $M_{\text{таксі}}$ – загальна кількість паркувальних місць для таксі; $S_{\text{таксі}}$ – площа, яку займає одне паркувальне місце для таксі, м².

3. Розрахунок площі для паркування автобусів:

$$S_{\text{ст автоб}} = M_{\text{автоб}} \cdot S_{\text{автоб}},$$

де $M_{\text{автоб}}$ – загальна кількість паркувальних місць для автобусів; $S_{\text{автоб}}$ – площа, яку займає одне паркувальне місце для автобуса, м²;

Розрахунок загальної площі для паркування

Загальна площа зони паркування для приватних автомобілів, таксі та автобусів визначається як сума площ для кожного виду транспорту:

$$S_{\text{зони парк}} = S_{\text{ст прив авто}} + S_{\text{ст таксі}} + S_{\text{ст автоб}} + S_{\text{дод}},$$

де $S_{\text{дод}}$ – додаткова площа для проїздів та маневрування, м²;

$$S_{\text{дод}} = (S_{\text{ст прив авто}} + S_{\text{ст таксі}} + S_{\text{ст автоб}}) \cdot \gamma_{\text{дод}}$$

де $\gamma_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу для проїздів та маневрування.

Головним завданням дослідження функціонування транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів є розроблення рекомендацій та методів щодо розрахунків показників площ територій їхніх відповідних функціональних зон. Тому для визначення кількісних параметрів зони озеленення та зони доріг можна скористатися встановленими узагальненими відсотковими значеннями площ зонування ТПВ, на основі власних досліджень (розділ 2.4), де відомо, що:

- пішохідна зона становить 10–15 %;
- зона озеленення – 15–20 %;
- паркінги, стоянки – 45–50 %;
- зона доріг – 20–25 %.

Розрахунок загальної площі ТПВ

$$S_{\text{ТПВ}} = S_{\text{зони парк}} + S_{\text{піш зони}} + S_{\text{зони озел}} + S_{\text{зони доріг}},$$

де $S_{\text{зони парк}}$ – загальна площа зони паркування; $S_{\text{піш зони}}$ – загальна площа пішохідної зони; $S_{\text{зони озел}}$ – загальна площа зони озеленення; $S_{\text{зони доріг}}$ – площа транспортної зони (автомобільні дороги для руху транспорту).

4.3. Оптимізація використання площ функціональних зон транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів

Забезпечення ефективного використання території транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах є одним із ключових завдань для підвищення їх функціональної ефективності. Відсутність збалансованого підходу до розподілу площ між різними функціональними зонами може призводити до перевантаження території, виникнення конфліктів між пішохідними та транспортними потоками, збільшення затримань, а також зниження зручності для пасажирів і транспорту.

Для вирішення цієї проблеми у даному розділі запропоновано модифіковану модель урахування площ функціональних зон ТПВ аеропорту, яка дозволяє раціонально розподілити простір між пішохідними, транспортними зонами та зонами паркування, зважаючи на пасажиропотоки, щільність потоків і обмеження території.

Модель передбачає поділ ТПВ на основні функціональні зони:

$S_{\text{піш зони}}$ – площа пішохідної зони;

$S_{\text{зони доріг}}$ – площа транспортної зони (автомобільні дороги для руху транспорту, такі як автобус, таксі, легковий автомобіль, тролейбус);

$S_{\text{ст прив авто}}$ – площа стоянки для паркування приватних легкових автомобілів;

$S_{\text{ст автоб}}$ – площа стоянки для паркування автобусів;

$S_{\text{ст таксі}}$ – площа стоянки для паркування таксі;

$S_{\text{зони озел}}$ – площа зони озеленення.

Загальна площа транспортно-пересадочного вузла обмежує розподіл ресурсів.

$$S_{\text{піш зони}} + S_{\text{зони доріг}} + S_{\text{ст прив авто}} + S_{\text{ст автоб}} + S_{\text{ст таксі}} + S_{\text{зони озел}} \leq S_{\text{загальна}}$$

Щільність пішохідних і транспортних потоків

$D_{\text{піш}}$ – щільність потоку пішоходів (кількість осіб на одиницю площі);

$W_{\text{транс}}$ – щільність транспортного потоку (кількість транспортних засобів на одиницю площі);

$W_{\text{прив авто}}$ – щільність паркування приватних автомобілів (кількість приватних автомобілів на одиницю площі парковки);

$W_{\text{автоб}}$ – щільність паркування автобусів;

$W_{\text{таксі}}$ – щільність паркування таксі.

Пасажиропотоки та обмеження на площу

Для кожної зони можна ввести обмеження на площу з огляду на пасажиропотоки і транспортні засоби.

Пішохідна зона:

$$N_{\text{переб}} \leq S_{\text{піш зони}} \cdot D_{\text{піш}},$$

де $N_{\text{переб}}$ – кількість пішоходів, що перебувають у зоні в конкретний момент часу.

Транспортна зона:

$$N_{\text{транс}} \leq S_{\text{зони доріг}} \cdot W_{\text{транс}},$$

де $N_{\text{транс}}$ – кількість транспортних засобів, що перебувають у транспортній зоні в конкретний момент часу.

Зона паркування:

$$N_{\text{прив авто}} \leq S_{\text{ст прив авто}} \times W_{\text{прив авто}};$$

$$N_{\text{автоб}} \leq S_{\text{ст автоб}} \times W_{\text{автоб}};$$

$$N_{\text{таксі}} \leq S_{\text{ст таксі}} \times W_{\text{таксі}},$$

де $N_{\text{прив авто}}$, $N_{\text{автоб}}$, $N_{\text{таксі}}$ – кількість автомобілів, автобусів і таксі відповідно, що можуть бути розміщені на паркуваннях.

Цільовою функцією моделі є оптимізація розподілу площі між різними зонами, щоб скоротити затримання і забезпечити ефективне використання простору (території):

$$\min \left(\sum_{i=1}^N (t_{\text{очік}}(i) + (t_{\text{руху}}(i) + (t_{\text{парк}}(i))) \right),$$

де $t_{\text{очік}}$ – час очікування у кожній зоні; $t_{\text{руху}}$ – час пересування (руху) через транспортну зону; $t_{\text{парк}}$ – час витрачений на пошук парковки.

Це завдання оптимізації містить баланс між пішохідними потоками, транспортними засобами і паркувальними місцями зважаючи на обмежену площу території.

Загальні витрати на будівництво та експлуатацію зон транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах не повинна перевищувати бюджет.

$$\sum_{i=1}^n (C_{\text{буд}}(i) + C_{\text{обслуг}}(i)) \leq B_{\text{сума витрат}},$$

де $C_{\text{буд}}$ – витрати на будівництво відповідної зони; $C_{\text{обслуг}}$ – витрати на обслуговування відповідної зони; $B_{\text{сума витрат}}$ – закладена сума витрат.

Запропонована модель враховує особливості функціонування аеропортів та допомагає:

- зменшити конфлікти між пішоходами та транспортом;
- покращити зручність пересування пасажирів;
- забезпечити раціональне використання простору;
- оптимізувати витрати на будівництво й експлуатацію.

Врахування площ різних зон дає можливість створити більш комплексну модель функціонування транспортно-пересадочного вузла в аеропорту. Це дозволяє ефективно планувати простір аеропорту, оптимізуючи як пасажирські, так і транспортні потоки. На основі чого можна досягнути балансу між зручністю для пасажирів (пішоходів) і ефективним використанням площі, що сприяє зменшенню затримань і підвищенню ефективності функціонування транспортно-пересадочного вузла загалом.

Висновки до розділу 4

Унаслідок проведеного дослідження удосконалено методи розрахунку параметрів пішохідних зон у транспортно-пересадочних вузлах, зокрема, для визначення добового людського потоку, середнього часу перебування в зоні та необхідної площі для комфортного переміщення пішоходів. Упроваджені моделі дають змогу врахувати специфіку кожного аеровокзалу, включно зі щільністю потоку, середньою швидкістю руху пішоходів та додатковими зонами затримання. Запропонований підхід, що ґрунтується на аналізі кількісних та якісних показників, може бути корисним під час проектування та реконструкції аеровокзальних комплексів, допомагаючи раціонально розподіляти територію для забезпечення комфортного переміщення на території аеропорту.

Щоб забезпечити ефективне функціонування ТПВ, необхідно враховувати як пасажирські, так і транспортні потоки. Визначення кількості транспортних засобів, час їх перебування, щільність потоку та необхідна площа паркувальної зони є ключовими елементами в оптимізації геометричних параметрів ТПВ.

На основі запропонованої моделі розрахунку, яка враховує добовий пасажиропотік, частку різних видів транспорту, середній час перебування, можна оцінити потребу в паркувальних місцях для приватних автомобілів, таксі та автобусів. Це дозволяє не тільки задовольнити потреби пасажирів, але й скоротити затримання, гарантувати безпеку і підвищити загальну ефективність роботи аеропорту.

Оцінювання загальної площі, необхідної для зони паркування, передбачає не лише площі, зайняті транспортними засобами, а й додаткові проїзди та маневрування, що є критично важливим для безперервного та безпечного функціонування транспортної інфраструктури. Запропонована модель забезпечує комплексний підхід до планування та управління транспортними потоками в аеропорту, що є важливим аспектом для підвищення комфорту і зручності для всіх пасажирів та працівників аеропорту.

Для забезпечення ефективного використання території транспортно-пересадочних вузлів запропоновано модифіковану модель врахування площ функціональних зон ТПВ аеропорту, яка дає можливість зменшити конфлікти між пішоходами і транспортом, покращує зручність пересування пасажирів, забезпечує раціональне використання простору та оптимізує витрати на будівництво й експлуатацію.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання, пов'язаного з удосконаленням інженерно-планувальних рішень транспортно-пересадочних вузлів у структурі сучасних аеропортів. На основі досягнення мети дослідження та виконання поставлених завдань отримані такі результати:

1. Проаналізовано сучасні підходи та тенденції розвитку транспортно-пересадочних вузлів у структурі аеропортів зважаючи на міжнародний досвід. Визначено ключові принципи інтеграції різних видів транспорту та сформульовано вимоги до ефективної організації транспортного обслуговування пасажирів. А саме, встановлено граничну пішохідну дальність пересадки між видами транспорту, найоптимальнішу форму ділянки ТПВ, а також середній відсотковий показник площі паркінгів.

2. Досліджено наявні інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів, зокрема способи їхньої інтеграції з іншими видами транспорту. Встановлено сильні та слабкі сторони реалізованих проєктів, що дало змогу ідентифікувати основні проблеми у функціонуванні таких вузлів. Визначено ключові підходи щодо дослідження ТПВ: аналіз функціонально-планувальної організації та функціонування ТПВ, дослідження пасажиропотоків, сервісу та якості обслуговування, а також розміщення ТПВ. Унаслідок проаналізованих типологій ТПВ на території аеропортів уперше встановлено та запропоновано загальну класифікацію транспортно-пересадочних вузлів на базі аеропортового комплексу за кількістю типів задіяного залізничного транспорту, функціонально-планувальною організацією та формою привокзальної площі. На основі дослідження ділянок ТПВ визначено складові зони їхньої території: транспортну зону, пішохідну зону, резервну зону (за наявності) та зону архітектурних споруд (за наявності).

3. Виявлено чинники, які впливають на закономірності пішохідного руху та зручність переміщення людей у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів,

включно зі швидкістю руху, щільністю людського потоку, зручністю та безпекою переміщення. У процесі експериментальних і теоретичних досліджень встановлені площі горизонтальних проєкцій людей з багажем та людей з інвалідністю. У ході роботи визначено мінімально допустиму ширину пішохідних зон для односмугового та двосмугового руху. На основі експериментальних досліджень встановлено показник щільності для комфортного руху пасажирів та максимальну щільність пішохідних потоків у ТПВ. На підставі цих даних розроблено рекомендації для забезпечення комфортного середовища для пасажирів.

4. У ході досліджень особливостей пішохідного руху та взаємозв'язків параметрів транспортно-пересадочних вузлів розроблено оптимізаційні моделі та методи підвищення ефективності ІПР транспортно-пересадочних вузлів. Запропоновані моделі дають змогу розрахувати площі функціональних зон ТПВ та оцінити загальні площі пішохідної та транспортної зон, зважаючи на добовий людський потік аеропорту, щільність потоків і обмеження території. Також уперше запропоновано модифіковану модель врахування площ функціональних зон ТПВ аеропорту, яка допомагає раціонально розподілити простір між пішохідними, транспортними зонами та зонами паркування. Запропоновані математичні моделі забезпечують умови використання комплексного підходу до планування та реконструкції ТПВ, який враховує раціональний розподіл території між функціональними зонами ТПВ.

5. На основі проведених досліджень сформульовано практичні рекомендації щодо покращення інженерно-планувальних рішень ТПВ у структурі аеропортів. Рекомендації спрямовані на підвищення ефективності транспортного обслуговування пасажирів, оптимізацію функціональної взаємодії транспортних систем, зниження ресурсних витрат, скорочення часових затримок, підвищення безпеки та загальної ефективності функціонування аеропорту.

Результати дослідження підтверджують досягнення поставленої мети та сприяють вирішенню актуальних завдань щодо раціонального проектування ТПВ у сучасних аеропортах. Застосування запропонованих підходів забезпечує підвищення комфорту та зручності для пасажирів, а також оптимізацію використання територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пасажиропотік аеропортів України. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасажиропотік_аеропортів_України#2019-2022 (дата звернення: 12.06.2022).
2. Як змінювався пасажиропотік найбільших аеропортів України. *Слово і Діло*. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/07/20/infografika/suspilstvo/yak-zminyuvavsya-pasazhyropotik-najbilshyx-aeroportiv-ukrayiny> (дата звернення: 12.06.2022).
3. Українські аеропорти: реалії та виклики. *Центр транспортних стратегій*. URL: https://cfts.org.ua/opinions/ukranski_aeroporti_reali_ta_vikliki_114 (дата звернення: 12.06.2022).
4. Харків (аеропорт). *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Харків_\(аеропорт\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Харків_(аеропорт)) (дата звернення: 12.06.2022).
5. Запоріжжя (аеропорт). *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Запоріжжя_\(аеропорт\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Запоріжжя_(аеропорт)) (дата звернення: 13.06.2022).
6. Дніпро (аеропорт). *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Дніпро_\(аеропорт\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Дніпро_(аеропорт)) (дата звернення: 13.06.2022).
7. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій: док. чин. від 2019-11-01. Київ : Мінгребіон України, 2019. 177 с.
8. Агєєва Г. М., Тимошенко М. М., Волкова А. В. Особливості організації зон тимчасового зберігання автотранспорту в аеропорту «Бориспіль». *Сучасні тенденції розвитку архітектури та містобудування*: Всеукр. наук.-техн. конф., 17 листопада 2017 р., Харків: ХНУМГ, 2017. С.238–239.
9. Пустовойт Р. О. Сучасний стан та перспективи розвитку функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів м. Києва. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 5–7 квіт. 2022 р. Київ, 2022. С. 84-85. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/54793>.

10. Економічна правда. Метро на Троєцину буде починатися в аеропорту Жуляни. *Економічна правда*. URL: <https://epravda.com.ua/news/2017/10/19/630241/> (дата звернення: 20.06.2022).

11. Пустовойт Р. О. Визначення пішохідних відстаней при пересадці між видами транспорту в пересадочних вузлах українських аеропортів. *Політ. Сучасні проблеми науки: матеріали XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 2–5 квіт. 2024 р. Київ, 2024. С. 293–294.* URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zb_tex_Polit_24_cc.pdf.

12. Washington metropolitan area transit authority. Station site and access. Planning manual. USA. 2008. URL: <https://www.wmata.com/initiatives/plans/upload/ssapm.pdf>.

13. Airport passenger terminal planning and design, volume 1: guidebook. Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2010. URL: <https://doi.org/10.17226/22964> (дата звернення: 06.01.2023).

14. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Закордонна практика використання залізничного транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 26–28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 66–68.* URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Stal_Rozv_Tez_24_c.pdf.

15. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Світовий досвід функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах. *Архітектура та екологія: матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 9–11 листоп. 2021 р. Київ, 2021. С. 188–190.* URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/53743>.

16. Blow C. Transport terminals and modal interchanges. Routledge, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780080454535>.

17. Jia J., Fang Y. Underground space development in comprehensive transport hubs in china. *Procedia engineering*. 2016. Vol. 165. P. 404–417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.716>.

18. San diego international airport. Airport projects. 2008 Airport master plan. *SAN Official Site. Welcome to San Diego International Airport*. URL: <https://www.san.org/Airport-Projects/2008-Airport-Master-Plan> (дата звернення: 25.12.2023).

19. Contributors to Wikimedia projects. Eugene airport - wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Eugene_Airport (дата звернення: 09.01.2024).

20. Eugene airport. Master plan: final report. RS&H. Denver. 2018. 654 p. URL: https://www.eugene-or.gov/DocumentCenter/View/45770/EUG_Comprehensive-Airport-Development-Plan.

21. SUBMISSION. Productivity commission. Economic regulations of airport service draft report. For: North queensland airports Ltd (NQA). 2011. 30 p. URL: https://www.pc.gov.au/inquiries/completed/airport-regulation/submissions/s_ubdr138.pdf.

22. Airport Terminal Planning, Advisory Circular, AC No: 150/5360-13A, July 13, 2018./ ed. by United States. Federal Aviation Administration. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC-150-5360-13A-Airport-Terminal-Planning.pdf.

23. Вдовиченко В. О. Формування сервісно-ресурсних умов сталості міського громадського пасажирського транспорту. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. №6/2(32). С. 47–52.

24. Vdovychenko V., Driuk O., Samchuk G. Method of traffic optimization of urban passenger transport at transfer nodes. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. Т. 3, № 3 (87). С. 47–53. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103333>.

25. Vdovychenko V. Influence of reserve of carrying capacity of stopping points on the time idle parameters of passenger transport vehicles. *Technology audit and production reserves*. 2017. Т. 1, № 2(39). С. 69– 75. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.123604>.
26. Vdovychenko V. Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*. 2017. Vol. 4, no. 2(36). P. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109116>.
27. Бугайко Д. О., Терещенко А. В. Взаємодія суб'єктів транспортного ринку в міжнародних аеропортах. *Наукоємні технології*. 2009. Т. 2, № 2. С. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.2.5252>.
28. Li S. Improving timetable planning of airport bus stop to enhance seamless transportation of off-shore islands. EASTS. 2013. Vol.9. Available from: <http://east.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P251.pdf>
29. Vdovychenko V. Development of a model for determining the time parameters for the interaction of passenger transport in a suburban transport and transfer terminal. *Technology audit and production reserves*. 2017. Т. 3, № 2(35). С. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105351>.
30. Касім М. Б. Принципи архітектурно-планувальної організації терміналів аеропортів (на прикладі аеропортів Іраку): дис... канд. арх.: 18.00.02. КНУБА. Київ, 2019. 255 с.
31. Ломотько Д. В., Листопад М. С. Напрямки підвищення рівня сервісу в умовах транспортно-пересадочних вузлів швидкісних залізничних магістралей. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2017. Вип.168. С. 4–9.
32. Самчук Г. О. Підвищення ефективності функціонування транспортно-пересадочних вузлів наземного міського пасажирського транспорту: дис. канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2018. 206 с.

33. Щурова В. А. Архітектурно-планувальна організація міської забудови у зоні впливу транспортно-пересадочних вузлів: автореф. дис... канд. арх.: 18.00.04. Київ, 2005. 20 с.

34. Пустовойт Р. О. Практичний досвід організації транспортного сполучення міста та аеропорту та його вплив на формування транспортно-пересадочних вузлів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 25. С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.25.16786>.

35. Пустовойт Р. О. Методики дослідження в області формування, розвитку та функціонування ТПВ. *ABIA-2023: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 18–20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.8–20.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9251/7710>*.

36. Khalifa M. A., Fayoumi M. A. E. Role of hubs in resolving the conflict between transportation and urban dynamics in GCR: the case of ramses square. *Procedia - social and behavioral sciences*. 2012. Vol. 68. P. 879–893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.274>.

37. Połom M., Tarkowski M., Puzdrakiewicz K. Urban transformation in the context of rail transport development: the case of a newly built railway line in gdańsk (poland). *Journal of advanced transportation*. 2018. Vol. 2018. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1218041>.

38. Nishiuchi H., Todoroki T., Kishi Y. A fundamental study on evaluation of public transport transfer nodes by data envelop analysis approach using smart card data. *Transportation research procedia*. 2015. Vol. 6. P. 391–401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.03.029>.

39. «Stadtverkehrsplanung. Grundlagen, Methoden, Ziele»: Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek / Gerd Steierwald, Hans Dieter Künne, Walter Vogt (Hrsg.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005. 829 s.

40. Piotr S Olszewski, Piotr Krukowski. Quantitative assessment of public transport interchanges.

41. H. Suzuki, R. Cervero, K. Luchi. Transforming cities with transit. transit and land-use integration for sustainable urban development. *The World Bank*. Washington DC, 2013.

42. «Architecture and Urbanism», October 2013, Special Issue / Integrated Station-City Development — the Next Advances of TOD/ Nikken Sekkei ISCD Study Team.

43. Helbing, D. Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations, *Pedestrian and Evacuation Dynamics* Springer-Verlag. New York, 2002. pp. 21-58.

44. Helbing D., Molnár P. Social force model for pedestrian dynamics. *Physical review E*. 1995. Vol. 51, no. 5. P. 4282– 4286. DOI: <https://doi.org/10.1103/physreve.51.4282>.

45. Was J., Gudowski B., Matuszyk PJ. Social Distances Model of Pedestrian Dynamics. In: El Yacoubi, Chopard B., Bandini S. (eds.) ACRI 2006 LNCS, vol.4173, pp. 492-501.

46. Hernandez S., Monzon A., de Oña R. Urban transport interchanges: a methodology for evaluating perceived quality. *Transportation research part A: policy and practice*. 2016. Vol. 84. P. 31–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.08.008>.

47. Labuz R. Shopping centre vs. railway station. selected examples in poland. *IOP conference series: materials science and engineering*. 2019. Vol. 603, no. 3. P. 032007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/603/3/032007>.

48. Where shall we sync? Clustering passenger flows to identify urban public transport hubs and their key synchronization priorities / M. Yap et al. *Transportation research part C: emerging technologies*. 2019. Vol. 98. P. 433–448. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.013>.

49. Піір М. А. Питання формування системи пасажирського транспорту великого міста. *Практика розробки та реалізації генеральних планів міст*. Київ: Будівельник, 1975. С. 96.

50. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Політ. Сучасні проблеми науки: матеріали XXIII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених*, м. Київ, 4–7 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 84-85. URL: https://gis.nau.edu.ua/sites/default/files/conf/polit/2023/%D0%A2%D0%95%D0%97%D0%98_%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%86%D0%A2_2023.pdf.

51. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту». матеріали XVI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Вінниця, 23-25 жовт. 2023 р. Вінниця, 2023. С. 303- 305. URL: https://atm.vntu.edu.ua/konf/Zbirnyk_STPR_AT_2023.pdf.

52. Horonjeff R., McKelvey F. X. Planning and design of airports, 4/e. 4th ed. McGraw-Hill Professional, 1993. 848 p.

53. Саати Т. Прийняття рішення. Метод аналізу ієрархії. 1993. С. 278 с.

54. Касім М. Б. Розвиток структури сучасних аеропортів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування : науково-технічний збірник*. Київ, 2018. Вип. 52. С. 328–337.

55. Марковський А. І., Крепка І. О. Класифікація пасажирських транспортних хабів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. Вип. 26. С. 53-60.

56. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.11>.

57. Пустовойт Р. О. Планувальні рішення зупиночних пунктів транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2023. № 27. С. 83–92. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.27.11>.

58. Airport curbside and terminal area roadway operations / ed. by A. C. R. Program, United States. Federal Aviation Administration, L. F. Associates. Washington, D.C: Transportation Research Board, 2010. 73 p. URL: [https://crp.trb.org/acrp0715/wp-content/themes/acrp-child/documents/038/original/ACRP 40 Airport Curbside and Terminal Area Roadway Operations.pdf](https://crp.trb.org/acrp0715/wp-content/themes/acrp-child/documents/038/original/ACRP_40_Airport_Curbside_and_Terminal_Area_Roadway_Operations.pdf).

59. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Прикладні науково-технічні дослідження*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Івано-Франківськ, 14-16 трав. 2024 р. Івано-Франківськ, 2024. С. 224–225. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/05/conf2024.pdf>.

60. Пустовойт Р. О. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали X Всесвіт. конгрес. м. Київ, 28-30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.8 – 9.1.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8555/7133>.

61. Пустовойт Р. О., Хлюпін О. А., Степанчук О. В. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали XI Всесвіт. конгрес. м. Київ, 25–27 верес. 2024 р. Київ, 2024.

62. Пустовойт Р. О. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах. *Airport planning, construction and maintenance journal*. 2025. № 4. С. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.4.9>.

63. Vilnius International Airport master plan: final report: english version / ed. by Robert Appleton. ALG transportation infrastructure & logistics. 2012. URL: <https://www.eib.org/attachments/registers/67622564.pdf>.

64. Stops, spacing, location and design URL: <https://www.transit.dot.gov/research-innovation/stops-spacing-location-and-design> (дата звернення: 17.06.2024).

65. Lyon-satolas railway and airport station. Santiago Calatrava / ed. by Art, Avi, Rutwik, Jordan. 1994. URL: <https://faculty.arch.tamu.edu/anichols/courses/applied-architectural-structures/projects-631/Files/LyonSatolasStation.pdf>.
66. Bus stop specification guideline. Intercity transit. 2016. URL: <https://www.intercitytransit.com/sites/default/files/2016-12/BusStopSpecs.pdf>.
67. Bus Stop Safety and design guidelines / ed. by: Kimley-Horn and Associates, Inc. 2004. URL: https://nacto.org/docs/usdg/bus_stop_safety_design_guidelines_kimley.pdf.
68. Zagreb international airport new terminal building, croatia. *Airport Technology*. URL: <https://www.airport-technology.com/projects/zagreb-international/> (дата звернення: 28.06.2024).
69. Vilnius airport – wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vilnius_Airport (дата звернення: 28.06.2024).
70. BTS airport terminal – erial design. *Erial Design*. URL: <https://www.erial.sk/references/bratislava> (дата звернення: 28.06.2024).
71. Lech Wałęsa Airport. Gdansk-Poland. 2012. URL: https://cdnmedia.mapei.com/docs/projects-documents/en-ef6a510f-93d4-4820-96d0-2f341558eb7b.pdf.pdf?sfvrsn=387e1f46_8 (дата звернення: 28.06.2024).
72. Pasindu, H.R. & Devasurendra, Kaushan & Udayanga, Sajith. (2018). Assessment of Curbside Roadway Level of Service of The Bandaranayke International Airport – Sri Lanka: A Comparison of The Analysis Tools in ACRP 40. 10.2991/apte-18.2019.43.
73. А. В. Астапенко, В. Л. Шведов, Н. Н. Осетрин, Д. А. Беспалов. Моделювання пішохідних потоків. *Містобудування та територіальне планування*. Астапенко А. В. Київ. 2011. Вип. 41. С. 23–30.
74. Куцина І. А. Принципи і методи формування пішохідних просторів малих і середніх міст (на прикладі м. Ужгорода) : дис... канд. техн. наук: 05.23.20. Київ, 2018. 145 с.

75. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ: Знання України, 2014. 467 с.
76. Рейцен Є. О. Організація і безпека міського руху: навч. посіб. Київ: СІК ГРУП Україна, 2014. 454 с.
77. Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. Систематологія на транспорті. Організація дорожнього руху. Київ: Знання України, 2007. 452 с.
78. Сталій розвиток авіаційної інфраструктури: колективна монографія / за заг. ред. В. В. Карпова. Львів – Торунь: Liha-Pres, 2023. 530 с.
79. Степанчук О. В. Обстеження пішохідних потоків на вулично-дорожній мережі міст. *Проблеми розвитку міського середовища*. Київ: НАУ, 2020. Вип. 2(25) С. 171–181.
80. Степанчук О. В. Принципи створення транспортно-екологічного моніторингу. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2001. №9. С. 275–280.
81. Fruin J. J. Pedestrian Planning and Design. New York, Elevator World, 1971.
82. Pauls J. The movement of people in buildings and design solutions for means of egress. *Fire technology*. 1984. Vol. 20, no. 1. P. 27–47.
83. Kimura K. Observation of Flow of Crowds in Buildings. Japan, Architectural Institute of Japan. 1937, pp. 307–316.
84. Hankin B. D., Wright R. A. Passenger flow in subways. *Or*. 1958. Vol. 9, no. 2. P. 81. DOI: <https://doi.org/10.2307/3006732>.
85. Navin F. P. D., Wheeler R. J. Pedestrian Flow Characteristics. *Traffic Engineering and Control*. June, 1969, pp. 30–36.
86. Oeding D. Verkehrsbelastung und Dimensionierung von Gehwegen und anderen Anlagen des Fussgaengerverkehrs. *Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*. 1963, vol. 22.
87. Togawa K. Study on evacuation facilities based on observation of crowds pedestrian. Japan, 1963.

88. Older S. J. Movement of pedestrians on footways in shopping streets. *Traffic engineering and control*. 1968, no. 4, pp. 160–163.
89. Peschl I. A. S. Z. Doorstromingscapaciteit van Deuropeningen bij Panieksituation. *BOUW* 29(1): 62–67, 1971.
90. Ando K., Ota H., Oki T. Forecasting the flow of people. *Railway research review*. 1988, vol. 45 (2), pp. 8–14.
91. Melinek S. J., Booth S. An analysis of evacuation times and the movement of crowds in buildings. *Borehamwood, building research establishment. Fire research station*. 1975.
92. Shao P.-C., Murosaki Y. Regional characteristics of urban evacuation. About evacuation pedestrian velocity. *Second international symposium on human behaviour in fire*. Massachusetts Institute of Technology, USA, 2001, pp. 511–520.
93. Horiuchi S., Murozaki Y., Hukugo A. A case study of fire and evacuation in a multi-purpose office building, osaka, japan. *Fire safety science*. 1986. Vol. 1. P. 523–532. URL: <https://doi.org/10.3801/iafss.fss.1-523>.
94. Fang Z., Lo S. M., Lu J. A. On the relationship between crowd density and movement velocity. *Fire safety journal*. 2003. Vol. 38, no. 3. P. 271–283. URL: [https://doi.org/10.1016/s0379-7112\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/s0379-7112(02)00058-9).
95. Ломотько Д. В., Марасіна І. Є. Аналіз функціонування транспортно-пересадочних вузлів на високошвидкісних залізничних магістралях. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2015. Вип. 154. С. 39–47. URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.154.2015.65844>.
96. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Чинний від 01.01.2020. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87 с.
97. Класифікація валіз за розмірами, особливості кожного варіанта. *Будь молодю*. URL: <https://budmolod.cx.ua/2019/09/04/klasifikacija-valiz-za-rozmirami-osoblivosti/> (дата звернення: 30.09.2023).
98. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Визначення оптимальної ширини пішохідної зони на території аеровокзальних комплексів. *Airport Planning*,

Construction and Maintenance Journal. 2024, № 1(3), с. 40-46. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.6>.

99. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS: Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer; Schweizer Norm SN 640201; Zürich, 1992.

100. Mirabel airport terminal capacity study. Aéroports de Montréal. 2014. ARUP. URL: <https://www.scribd.com/document/796838415/ARUP-Mirabel-Airport-Terminal-Capacity-Study>.

101. Список найбільш завантажених аеропортів Канади - List of the busiest airports in Canada. URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/List_of_the_busiest_airports_in_Canada (дата звернення: 25.12.2023).

102. Cape Town International Airport (CPT/FACT). *Airport Technology*. URL: <https://www.airport-technology.com/projects/capetown/> (дата звернення: 06.07.2024).

103. Садовий Д. В. Удосконалення організації обслуговування КП «Міжнародний аеропорт Запоріжжя» міським пасажирським транспортом загального користування: дис... маг.: 275. Запоріжжя, 2020. 92 с.

104. Heathrow Airport: travel report. 2019. 30 p. URL: <https://www.heathrow.com/content/dam/heathrow/web/common/documents/company/heathrow-2-0-sustainability/further-reading/Heathrow-Airport-Travel-Report-2019.pdf>.

105. Budapest FUA report on passengers landside mobility demand, needs & behaviours. Version 2. Mobilissimus. 2018. URL: <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/budapest-passengers.pdf>.

106. Ground access to major airports by public transportation. Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2008. DOI: <https://doi.org/10.17226/13918>.

107. Accessing our airports. Integrating city transport planning with growing air services demand. TTF Australia. Tourism & Transport forum. URL:

<https://www.ttf.org.au/wp-content/uploads/2016/06/TTF-Accessing-Australias-Airports-2014.pdf>.

108. ACI, Airports Council International. Preliminary World Airport Traffic Rankings Released. 2019.

109. Sari S. A. F., Hasibuan H. S., Azwar S. A. Passenger preference characteristics of transport mode to Soekarno Hatta International Airport. *IOP conference series: earth and environmental science*. 2021. Vol. 716, no. 1. P. 012075. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012075>.

110. Транспортний вузол. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Транспортний_вузол (дата звернення: 23.05.2024).

111. Мельник Т. С., Христофор О. В., Красноштан О. М. Роль транспортно-пересадочних комплексів у розвитку транспортної системи країни: соціальний і сервісний аспекти. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2021. № 72-73. С. 137–150. URL: <https://doi.org/10.18664/btie.72-73.280116> (дата звернення: 06.01.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні результати дисертації

1. Пустовойт Р. О. Практичний досвід організації транспортного сполучення міста та аеропорту та його вплив на формування транспортно-пересадочних вузлів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 25. С. 100–109. (Index Copernicus, Google Scholar).
2. Пустовойт Р. О., Тімкіна С. Ю., Степанчук О. В. Інженерно-планувальні рішення зупинок маршрутного транспорту на прикладі м. Києва. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2022. № 26. С. 87–96. (Index Copernicus, Google Scholar).
3. Пустовойт Р. О. Планувальні рішення зупиночних пунктів транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2023. № 27. С. 83–92. (Index Copernicus, Google Scholar).
4. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Визначення оптимальної ширини пішохідної зони на території аеровокзальних комплексів. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024, № 1(3), с. 40–46. (Google Scholar).
5. Пустовойт Р. О. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024, № 2(4), с. 96–103. (Google Scholar).
6. Stepanchuk O., Timkina S., Pustovoit R., Vyshnevskya A. (2025). Analysis of Factors Influencing the Reduction of Road Transport Emissions in the Urban Environment. In: Prentkovskis O., Yatskiv (Jackiva) I., Skačkauskas P., Stosiak M., Karpenko M. *TRANSBALTICA XV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2024. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*. Springer, Cham. pp 507-515. (Scopus).

Додаток Б

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Світовий досвід функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах. *Архітектура та екологія*: матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 9–11 листоп. 2021 р. Київ, 2021. С. 188-190. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/53743>.

8. Пустовойт Р. О. Сучасний стан та перспективи розвитку функціонально-просторової організації транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів м. Києва. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 5–7 квіт. 2022 р. Київ, 2022. С. 84–85. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/54793>.

9. Пустовойт Р. О. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали X Всесвіт. конгрес. м. Київ, 28–30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 9.1.8–9.1.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/855/5/7133>.

10. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XXIII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 4–7 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 84–85. URL: https://gis.nau.edu.ua/sites/default/files/conf/polit/2023/%D0%A2%D0%95%D0%97%D0%98%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%86%D0%A2_2023.pdf.

11. Пустовойт Р. О. Методики дослідження в області формування, розвитку та функціонування ТПВ. *AVIA-2023*: матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 18–20 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 20.8–20.11. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9251/7710>.

Закінчення додатка Б

12. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Фактори, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали XVI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Вінниця, 23–25 жовт. 2023 р. Вінниця, 2023. С. 303-305. URL: https://atm.vntu.edu.ua/konf/Zbirnyk_STPR_AT_2023.pdf.

13. Пустовойт Р. О. Визначення пішохідних відстаней при пересадці між видами транспорту в пересадочних вузлах українських аеропортів. *Політ. Сучасні проблеми науки*: матеріали XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 2–5 квіт. 2024 р. Київ, 2024. С. 293–294. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zb_tex_Polit_24_cc.pdf.

14. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Закордонна практика використання залізничного транспорту у транспортно-пересадочних вузлах аеропортів. *Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 26–28 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 66–68. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Stal_Rozv_Tez_24_c.pdf.

15. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Компоненти і планувальна структура транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів. *Прикладні науково-технічні дослідження*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Івано-Франківськ, 14–16 трав. 2024 р. Івано-Франківськ, 2024. С. 224–225. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/05/conf2024.pdf>.

16. Пустовойт Р. О., Хлюпін О. А., Степанчук О. В. Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали XI Всесвіт. конгрес. м. Київ, 25–27 верес. 2024 р. Київ, 2024.

Додаток В

Пасажиропотік найбільших аеропортів України [1]

№	Аеропорт	2019		2020		2021		січень 2022	
1	«Бориспіль»	15 260 281	▲21%	5 160 000	▼66%	9 433 000	▲83%	670 700	▲101%
2	«Київ» імені Ігоря Сікорського	2 617 900	▼7%	704 500	▼73%	1 418 153	▲101%	170 981	▲485%
3	«Львів» імені Данила Галицького	2 217 400	▲39%	877 700	▼61%	1 834 100	▲109%	139 286	▲218%
4	«Одеса»	1 694 022	▲17%	698 700	▼59%	1 328 326	▲53%		
5	«Харків»	1 340 000	▲40%	659 300	▼51%	1 159 889	▲57%		
6	«Запоріжжя»	434 063	▲8%	326 217	▼25%	617 518	▲89%		
7	«Дніпропетровськ»	338 888	▲13%	136 700	▼60%	267 829	▲96%		
8	«Херсон»	154 000	▲3%	61 400	▼60%	83 553	▲37%		
9	«Івано-Франківськ»	104 700	▼7%	23 440	▼78%	31 831	▲36%		
10	«Чернівці» імені Леоніда Каденюка	76 832	▲5%	4 181	▼95%	6 379	▲53%		
11	«Вінниця»	40 124	▼34%	1 235	▼97%	489	▼60%		
12	«Миколаїв»	22 700	▲8767%			29 626	—		
13	«Кривий Ріг»	21 329	▼3%			2 196	—		
14	«Рівне»	11 031	▲72%			618	—		
15	«Полтава»	5 036	▲420%	199	▼96%				
16	«Ужгород»	2 782	▲441%			7 600	—		
Загалом		24 336 600	▲19%	8 664 500	▼64%	16 221000	▲87%	1 225 800	▲135%

Додаток Г

Таблиця Г.1

Схеми аеровокзальних комплексів найбільших аеропортів України

Схема аеровокзального комплексу аеропорту «Бориспіль», термінали «F» та «B»		
Назва об'єкта	Площа, м ²	Схема
Загальна площа паркінгів терміналу «F»	23 000	
Загальна площа паркінгів терміналу «B»	18 850	
Загальна площа привокзальної площі терміналу «F»	45 000	
Загальна площа привокзальної площі терміналу «B»	41 100	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі терміналу «F»	50/50 %	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі терміналу «B»	46/54 %	
Схема аеровокзального комплексу терміналу «D»		
Паркінг 1	6 100	
Паркінг 2	5 800	
Паркінг 3	7 800	
Багаторівневий паркінг	24 300	
Станція «Бориспіль-аеропорт»	3 000	
Загальна площа відкритих паркінгів терміналу D	19 700	
Загальна площа паркінгів терміналу «D»	44 000	
Загальна площа привокзальної площі	63 300	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі	69/31 %	

Продовження додатка Г

Аеропорт «Київ-Жуляни»		
Назва об'єкта	Площа, м ²	Схема
Загальна площа паркінгів терміналу «А»	20 000	
Загальна площа привокзальної площі терміналу «А»	40 000	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі терміналу «А»	50/50 %	
Аеропорт «Львів імені Данила Галицького»		
Загальна площа паркінгів	37 300	
Загальна площа привокзальної площі	80 300	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі	46/54 %	

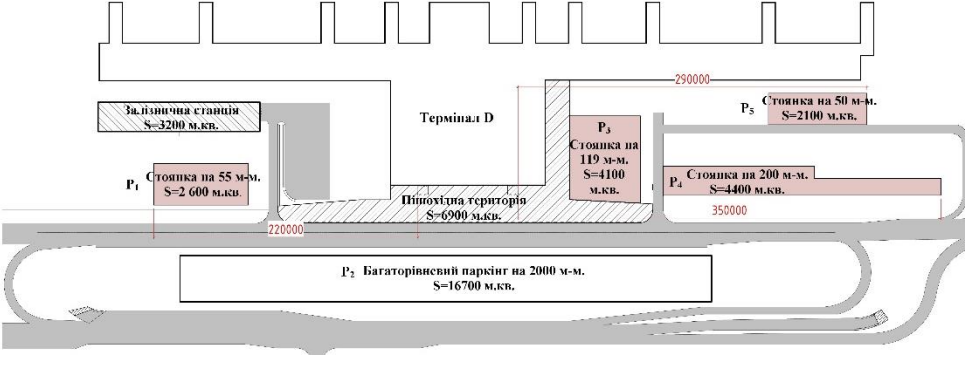
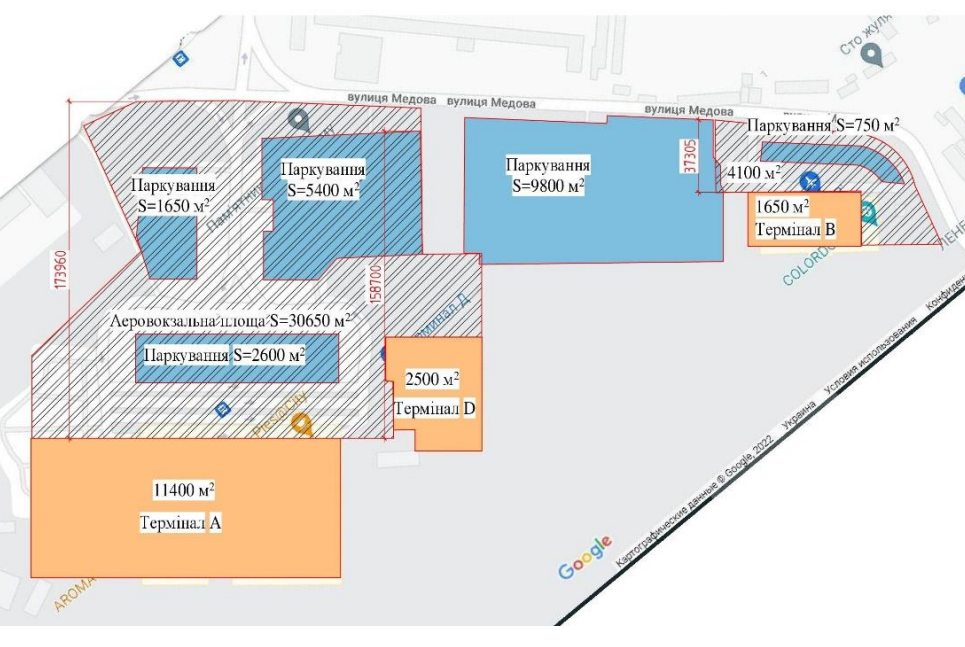
Закінчення додатка Г

Аеропорт «Одеса»		
Загальна площа паркінгів	16 000	
Загальна площа привокзальної території	39 000	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі	41/59 %	
Аеропорт «Харків»		
Загальна площа паркінгів	20 100	
Загальна площа привокзальної території	67 500	
Відсоткове відношення площ паркінгів до території привокзальної площі	30/70 %	

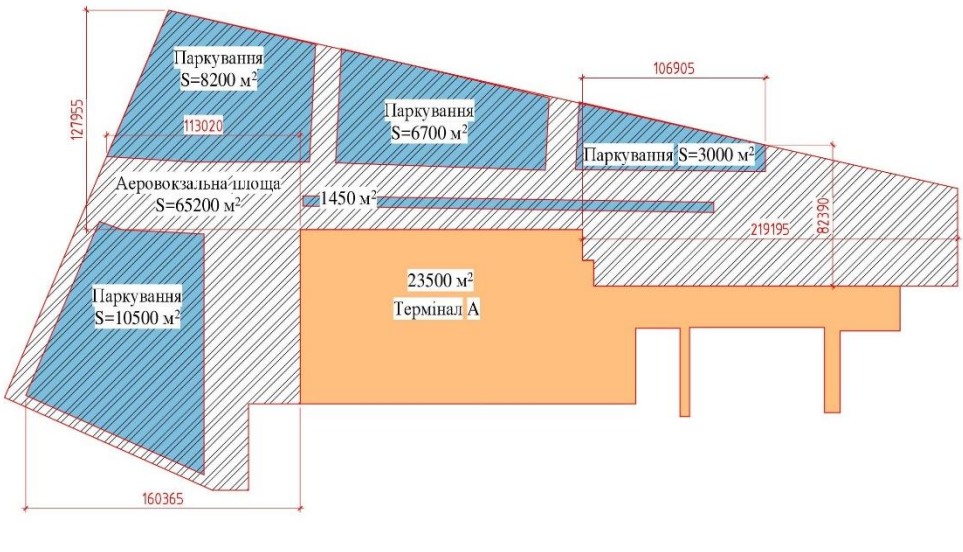
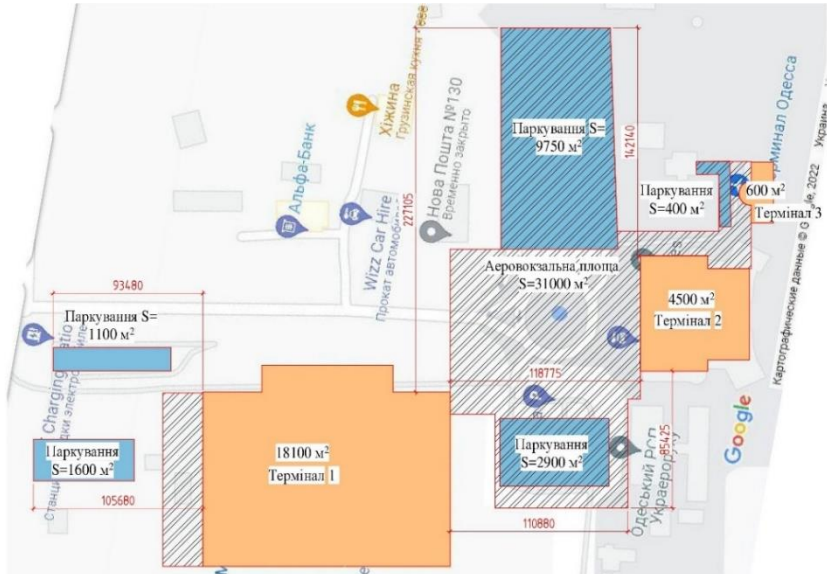
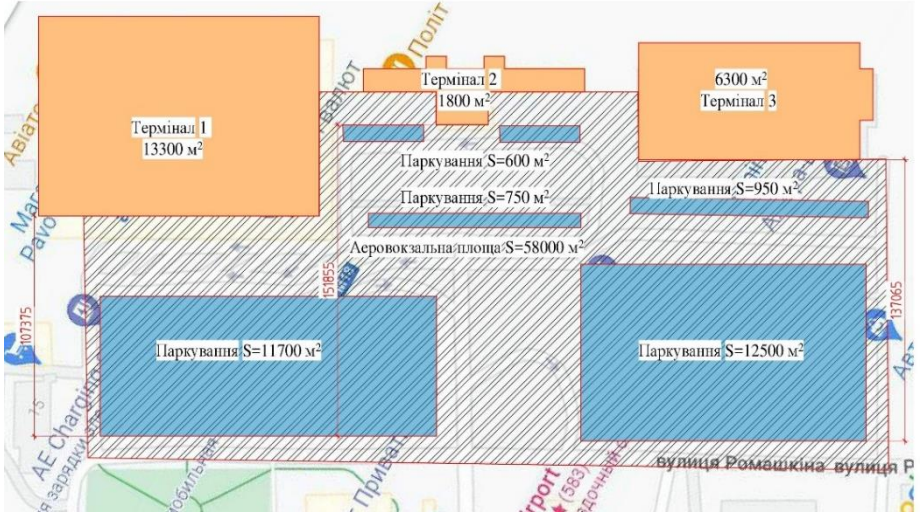
Додаток Д

Таблиця Д.1

Класифікація ТПВ українських аеропортів за формою території та граничною дальністю пересадки на привокзальній площі

ТПВ	Форма ТПВ	Гранична дальність пересадки	Схема планування
Аеропорт «Бориспіль»	ЛІНІЙНА	350 м	 <p>Схема планування аеропорту «Бориспіль» показує лінійну форму території з довжиною 350 м. На схемі відображено такі елементи:</p> <ul style="list-style-type: none"> Забудована станція: $S=3200$ м.кв. Термінал D Пилоутрна територія: $S=6900$ м.кв. Багаторівневий паркінг на 2000 м-м: $S=16700$ м.кв. Стоянка на 55 м-м: $S=2600$ м.кв. (P₁) Стоянка на 119 м-м: $S=4100$ м.кв. (P₂) Стоянка на 200 м-м: $S=4400$ м.кв. (P₄) Стоянка на 50 м-м: $S=2100$ м.кв. (P₅)
Аеропорт «Київ-Жуляни»	БАГАТОГРАННИК	160 м	 <p>Схема планування аеропорту «Київ-Жуляни» показує багатогранну форму території з шириною 160 м. На схемі відображено такі елементи:</p> <ul style="list-style-type: none"> Аеровокзальна площа: $S=30650$ м² Термінал А: 11400 м² Термінал D: 2500 м² Паркування: $S=1650$ м² Паркування: $S=5400$ м² Паркування: $S=9800$ м² Паркування: $S=750$ м² Паркування: 4100 м² Термінал В: 1650 м²

Закінчення додатка Д

Аеропорт «Львів» імені Данила Галицького	ТРИКУТНА	160 м	 <p>Site plan of Lviv International Airport showing terminal and parking areas. The plan includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Паркування S=8200 м² Паркування S=6700 м² Паркування S=3000 м² Аероказальна площа S=65200 м² Паркування S=10500 м² Термінал А 23500 м² 1450 м² Dimensions: 127955, 106905, 160365, 219195, 82390.
Аеропорт «Одеса»	ПРЯМОКУТНА	180 м	 <p>Site plan of Odessa Airport showing terminal and parking areas. The plan includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Паркування S=1100 м² Паркування S=1600 м² Термінал 1 18100 м² Паркування S=9750 м² Аероказальна площа S=31000 м² Паркування S=400 м² Термінал 2 4500 м² Паркування S=2900 м² Термінал 3 600 м² Dimensions: 93480, 105680, 118775, 110880, 142140.
Аеропорт «Харків»	ПРЯМОКУТНА	150 м	 <p>Site plan of Kharkiv Airport showing terminal and parking areas. The plan includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Термінал 1 13300 м² Термінал 2 1800 м² Термінал 3 6300 м² Паркування S=600 м² Паркування S=750 м² Аероказальна площа S=58000 м² Паркування S=11700 м² Паркування S=950 м² Паркування S=12500 м² Dimensions: 137065, 130775, 151855, 13834.

Додаток Е

Airport Transit Plan
San Diego International Airport

HNTB

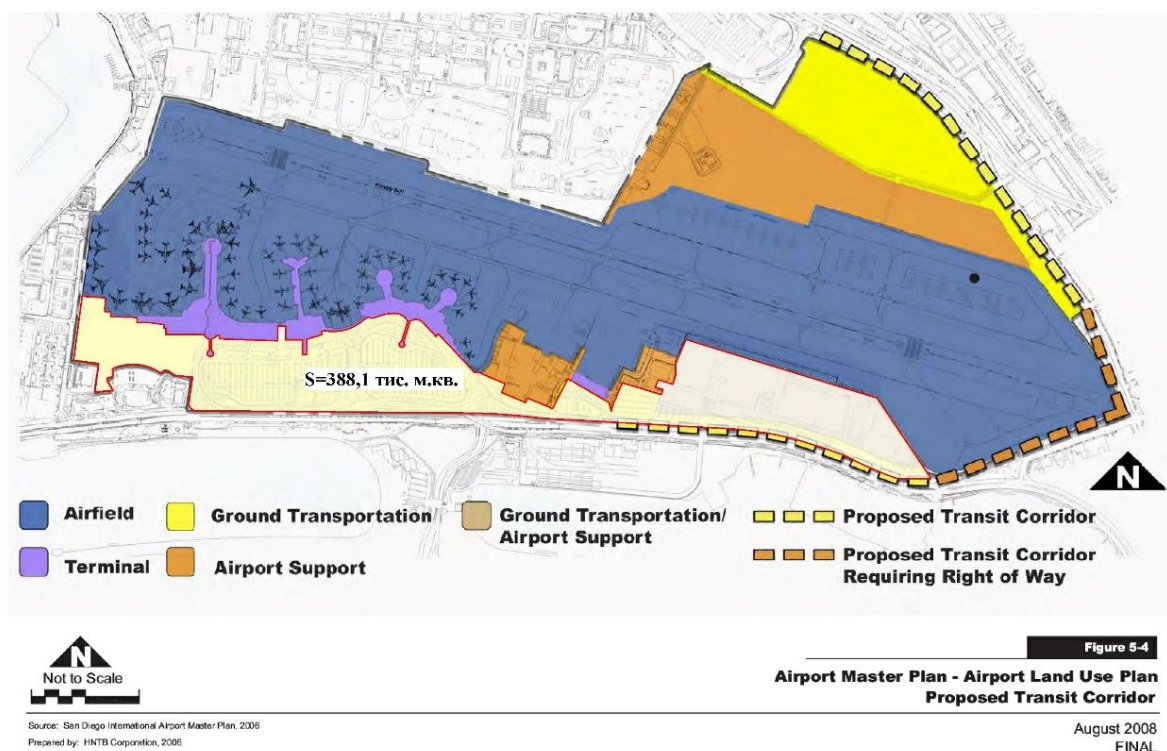


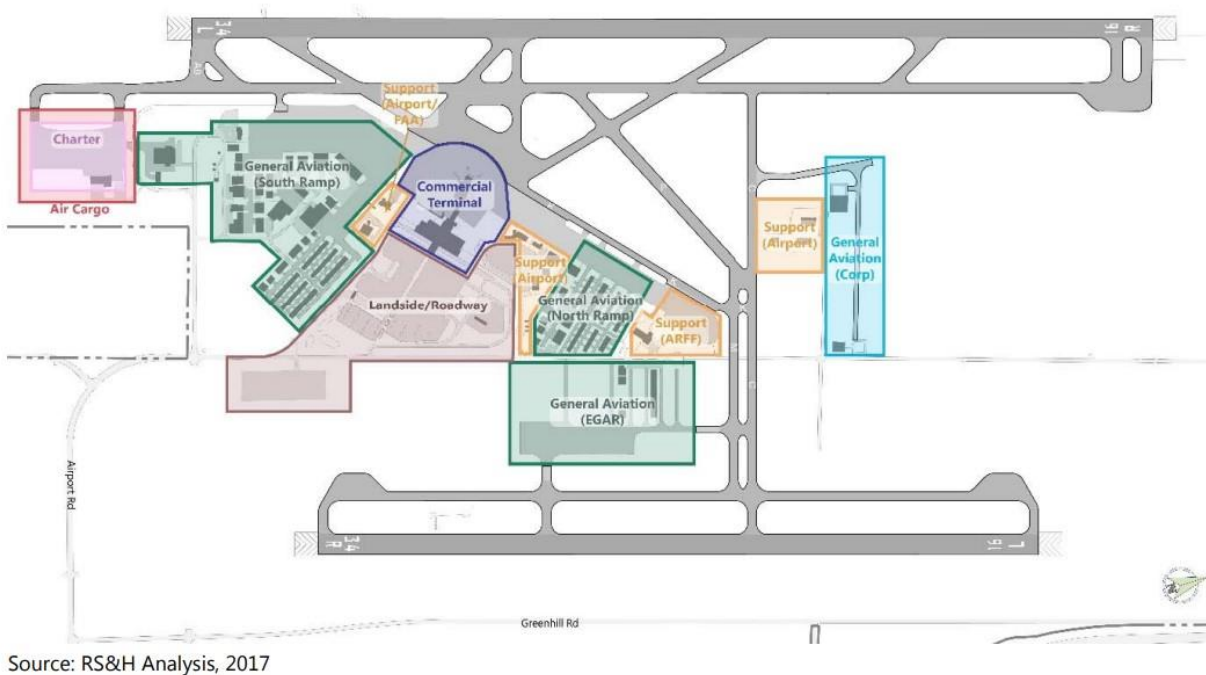
Рис. Е.1. Зонування аеропорту Сан-Дієго (США). Джерело: [18]



Рис. Е.2. Привокзальна площа Сан-Дієго (США)

Додаток Ж

FIGURE 4-2
EXISTING AIRPORT LAND USE PATTERNS



4-6

EUGENE AIRPORT MASTER PLAN

Рис. Ж.1. Зонування наявного землекористування аеропорту «Юджин» (США).

Джерело: [20]



Рис. Ж.2. Привокзальна площа аеропорту «Юджин» (США)

Додаток И

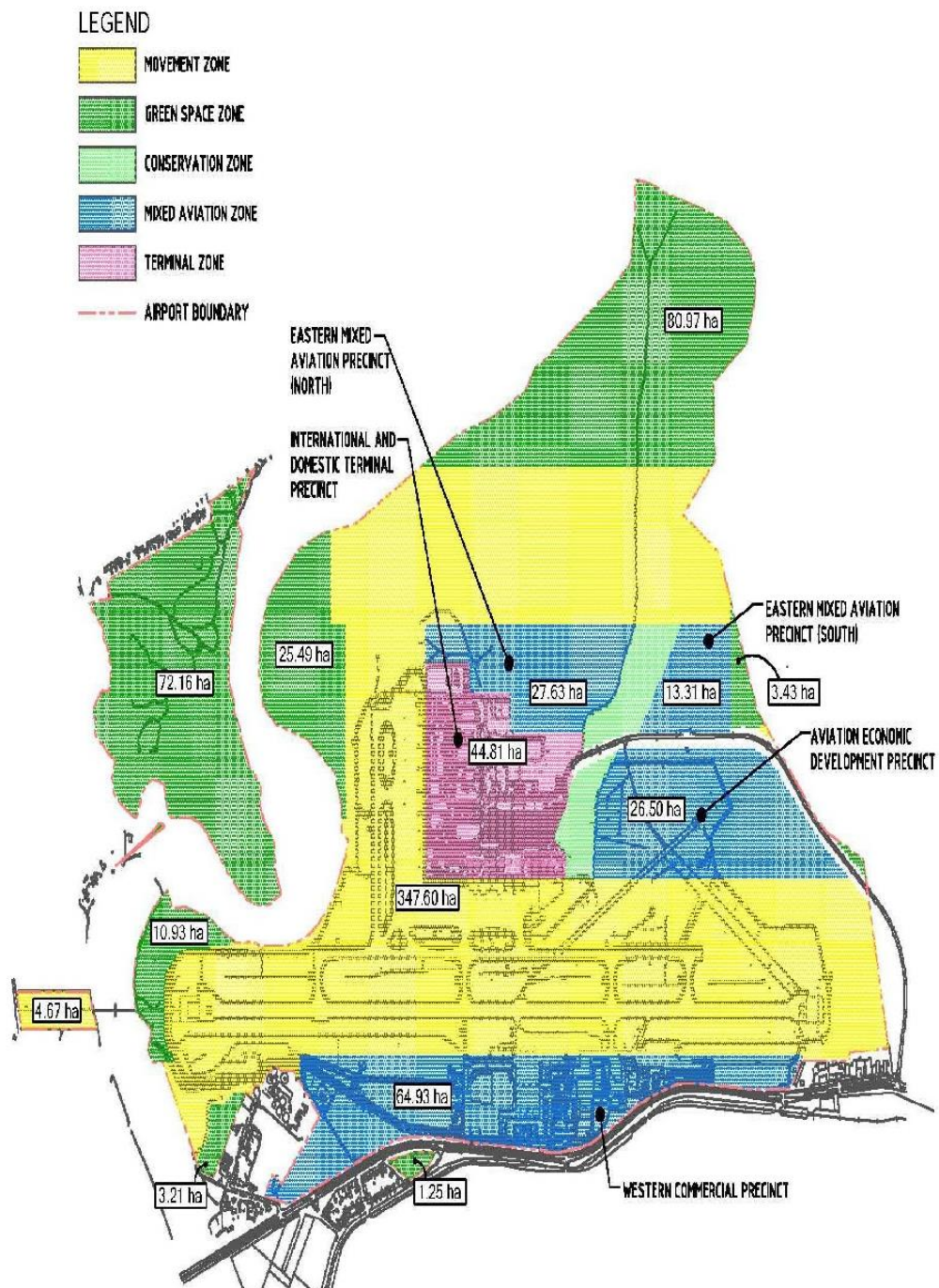
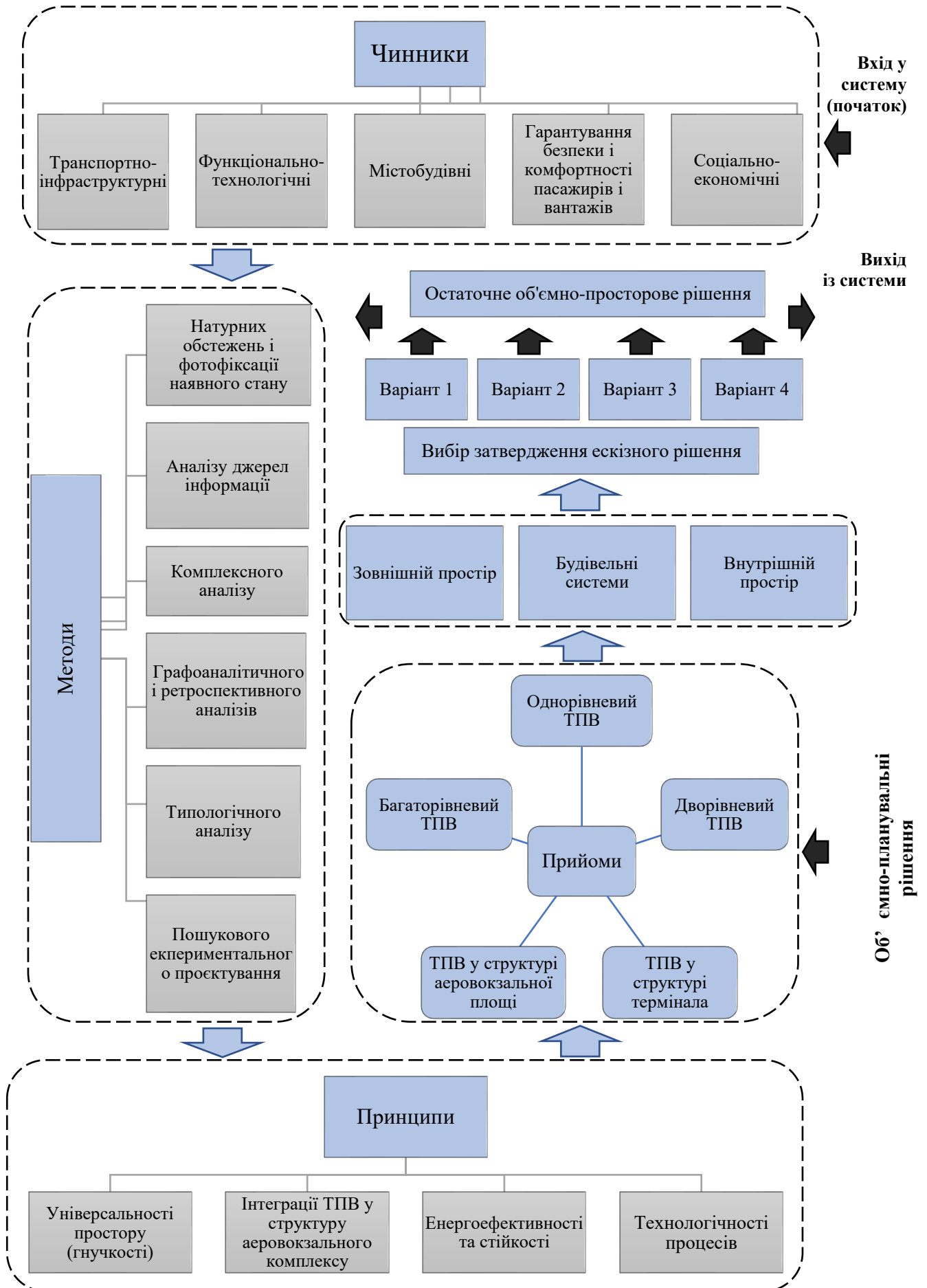


Рис. 3.1. Зонування аеропорту «Кернс» (Австралія). Джерело: [21]

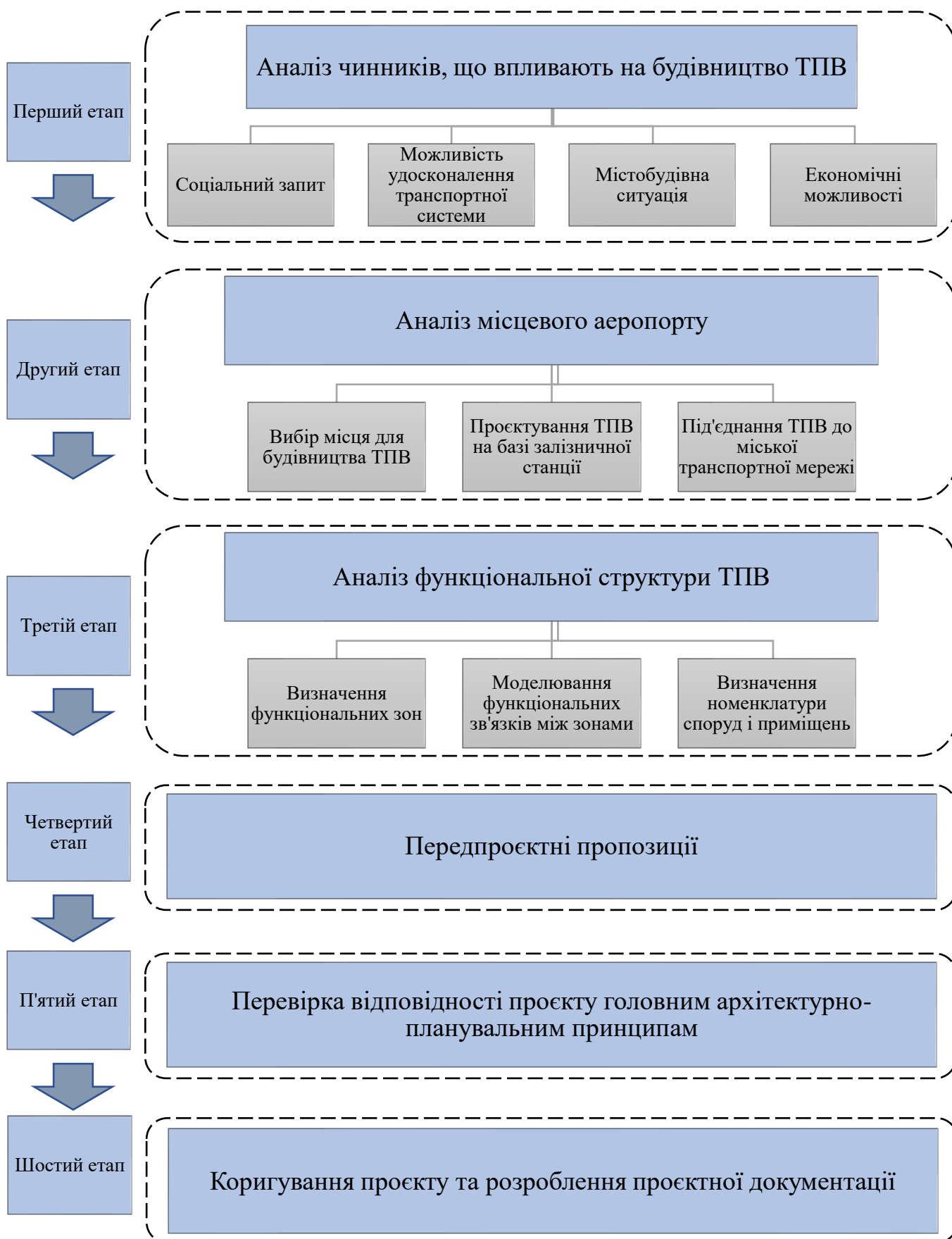
Додаток К

Алгоритм комплексного аналізу проєктного рішення ТПВ



Додаток Л

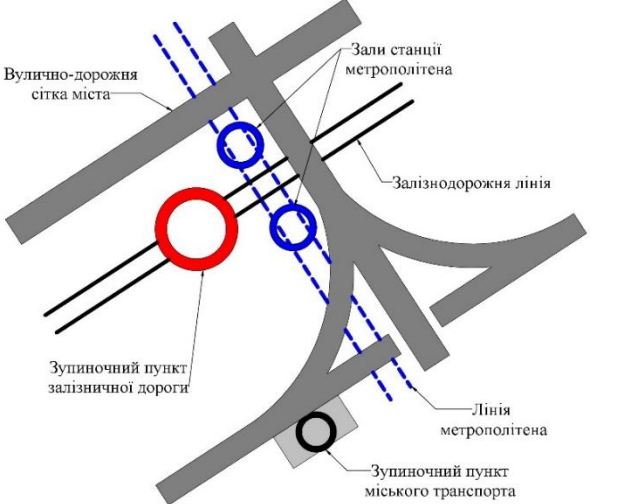
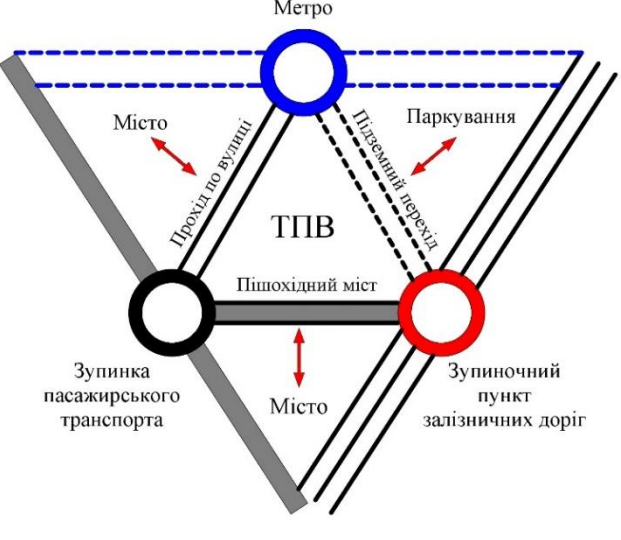
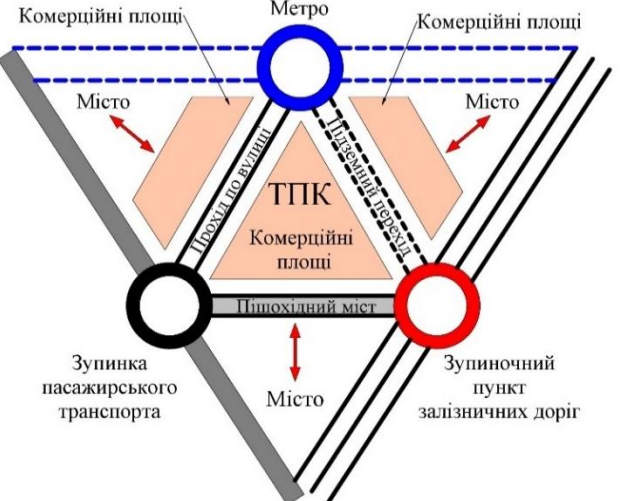
Етапи методики проєктування ТПВ



Додаток М

Таблиця М.1

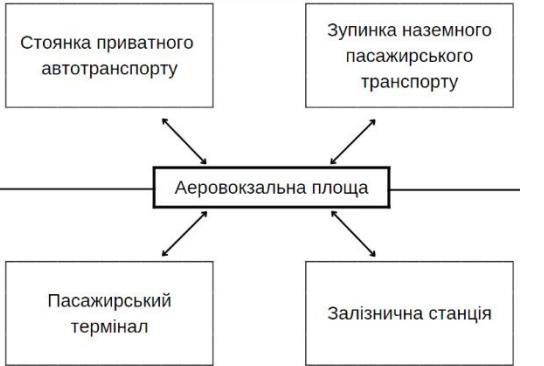
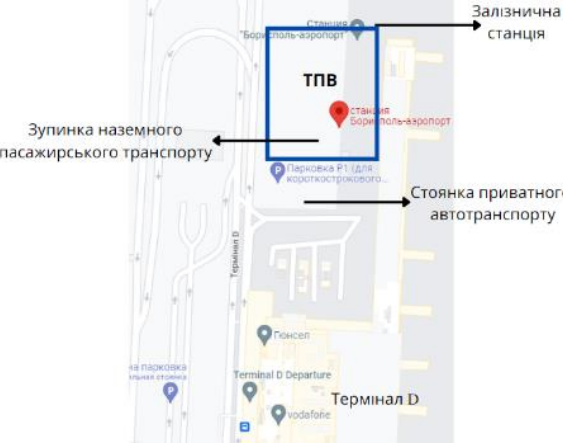
Термінологія та базові схемні рішення транспортних вузлів

№ п/п	Термін та визначення	Базове схемне рішення, план, профіль
1	<p>Транспортний пункт (транспортний хаб; англ. <i>transport hub</i>) — це місце, де здійснюється обмін пасажирами та вантажами між транспортними засобами та/або між видами транспорту [110].</p>	
2	<p>Транспортно-пересадочний вузол (ТПВ) — елемент планувальної структури найкрупнішого, крупного або великого міста, що виконує функцію розподілу пасажиропотоків під час пересадки між різними видами зовнішнього та внутрішнього транспорту або між маршрутами одного або різних видів внутрішнього пасажирського транспорту» [7, с.71].</p>	
3	<p>Транспортно-пересадочний комплекс (ТПК) — планувально-організаційне об'єднання будівель, споруд, пристроїв тощо, необхідних для обслуговування клієнтів, розташованих на певній території, у межах якої відбувається сполучення двох і більше видів міського і / або міжміського транспорту, та надаються додаткові транспортні, споріднені і неспоріднені сервіси для населення [111, с. 141].</p>	

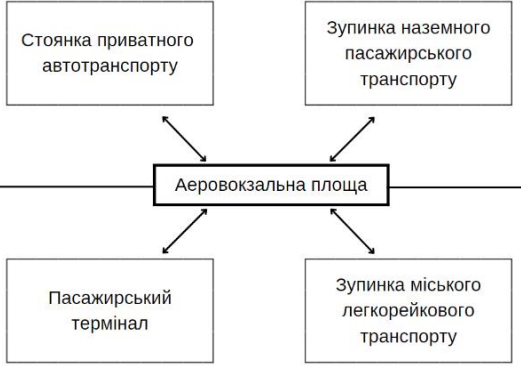

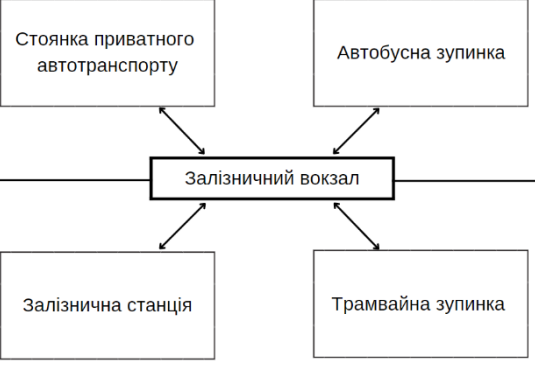
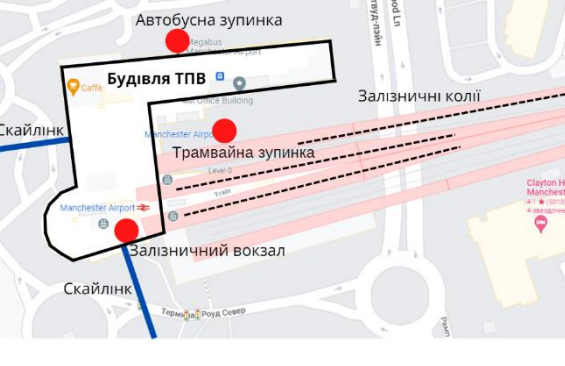
Додаток Н

Таблиця Н.1

Класифікація ТПВ за кількістю під'єднаних залізничних ліній

№ з/п	Види транспорту, що взаємодіють у ТПВ	Кореспонденції пасажиропотоків у ТПВ	Тип планувального рішення ТПВ	Пасажи-ропотік ТПВ у ранкову годину пік	Приклад ТПВ	Схема ТПВ
1. ТПВ, до складу яких входить одна залізнична лінія						
1.1. ТПВ із зупинним пунктом залізничного транспорту, інтегрованим у територію аеропортів						
1.1	Залізничний транспорт – індивідуальний автотransпорт – наземний пасажирський транспорт		Горизонтальний	18–35 тис. пас.	Аеропорт «Бориспіль»	

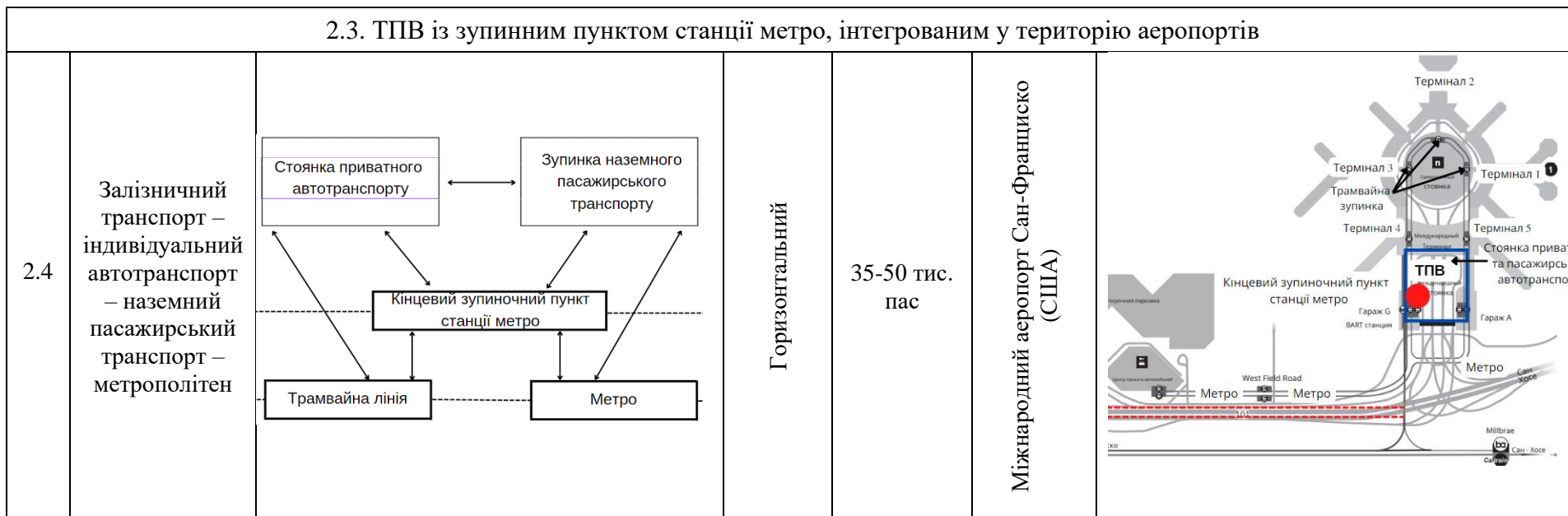
Продовження додатка Н

1.2	Залізничний транспорт – індивідуальний автотранспорт – наземний пасажирський транспорт		Горизонтальний	18–35 тис. пас	Аеропорт Портленда (США)	
2. ТПВ, до складу яких входить декілька залізничних ліній						
2.1. ТПВ із залізничним вокзалом, інтегрованим у територію аеропортів						
2.1	Залізничний транспорт – індивідуальний автотранспорт – наземний пасажирський транспорт		Вертикальний	18–35 тис. пас	Аеропорт Манчестера (Англія)	

Продовження додатка Н

2.2. ТПВ із зупинними пунктами залізничного транспорту, інтегрованими в територію аеропортів					
2.2	Залізничний транспорт – індивідуальний автотransпорт – наземний пасажирський транспорт - метрополітен		Вертикальний	35–50 тис. пас	<p>Аеропорт Вашингтона імені Рональда Рейгана (США)</p>
2.3	Залізничний транспорт – індивідуальний автотransпорт – наземний пасажирський транспорт - метрополітен		Вертикальний	35–50 тис. пас	<p>Аеропорт Цюриха (Швейцарія)</p>

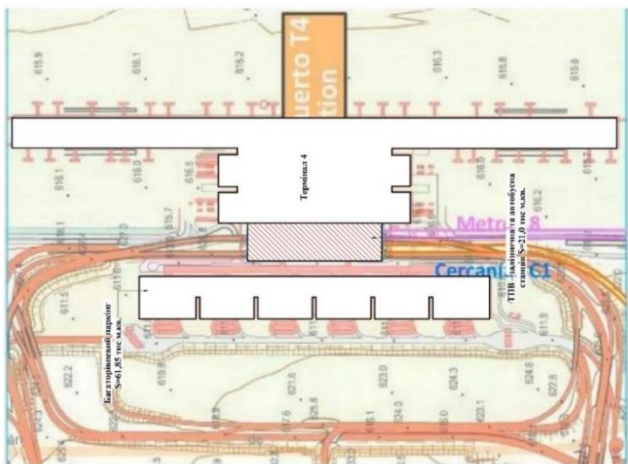
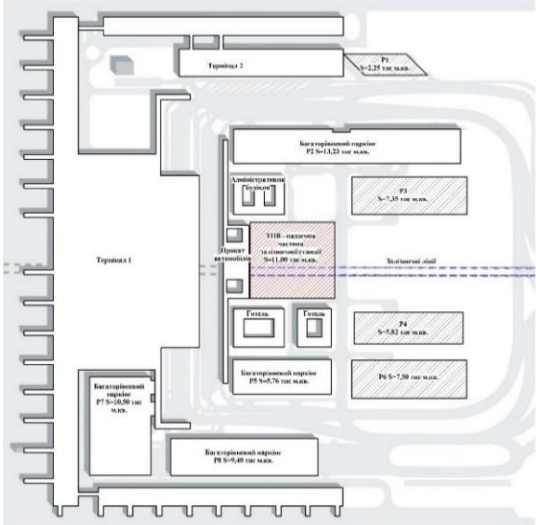
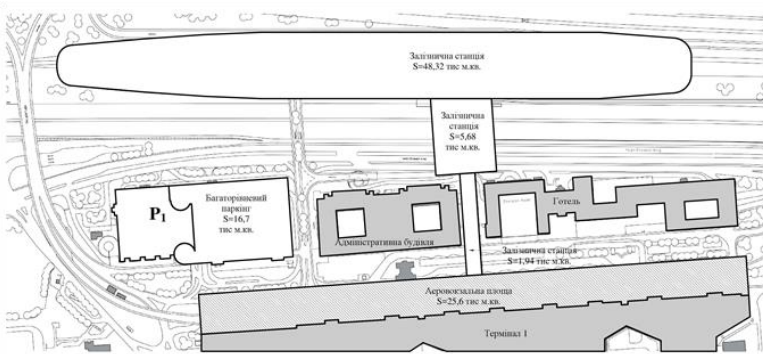
2.3. ТПВ із зупинним пунктом станції метро, інтегрованим у територію аеропортів



Додаток П

Таблиця П.1




Класифікація ТПВ в аеропортах за функціонально-планувальною організацією

№ з/п	Аеропорт	Площа тис.м ²	Тип ТПВ	Функціонально-планувальна схема ТПВ
ТПВ із залізничним вокзалом (станцією), інтегрованим у територію аеропортів				
1	Термінал 4 аеропорту «Мадрид» (Іспанія)	21,0	Залізнична станція	
2	Термінали 1, 2 аеропорту «Берлін» (Німеччина)	14,0	Залізнична станція	
3	Термінал 1 аеропорту «Франкфурт-на-Майні»	185	Залізнична станція	


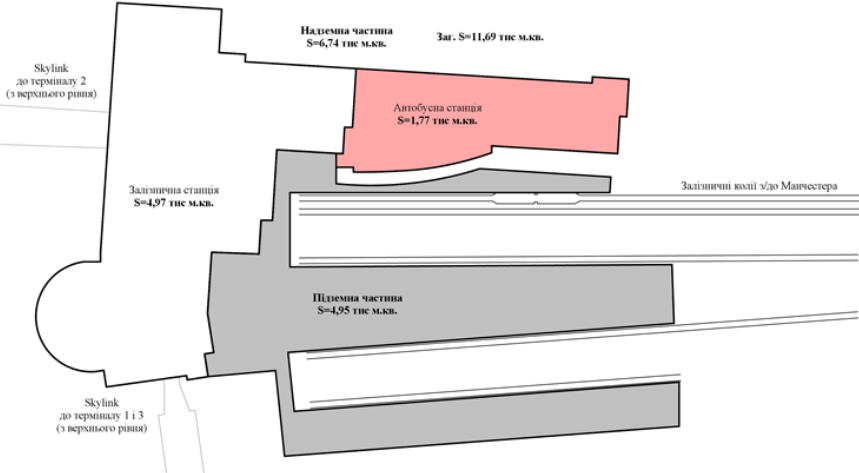
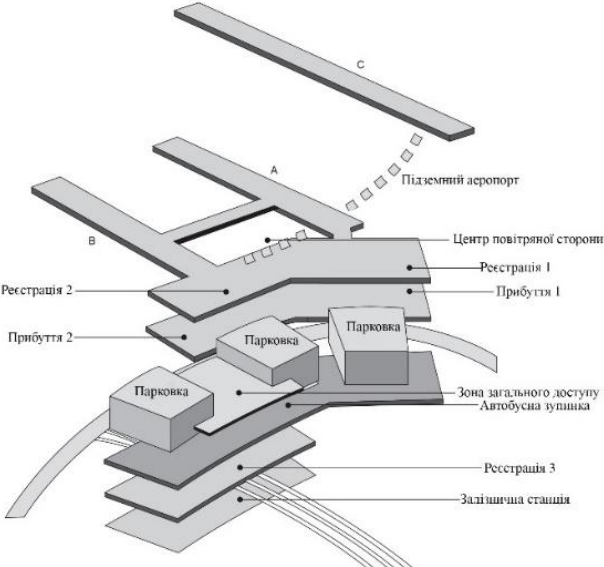
Продовження додатка П

№ з/п	Аеро-порт	Пло-ща тис.м ²	Тип ТПВ	Функціонально-планувальна схема ТПВ
4	«Ланьчжоу Чжунчуань» (Китай)	1 160	Залізнична станція	
ТПВ без під'єднання залізниці				
5	«Імені короля Шаки» (ПАР)	382,1	ТПВ на території привокзальної площі	
6	«Кейптаун» (ПАР)	258,0	ТПВ на території привокзальної площі	

Продовження додатка П

№ з/п	Аеро-порт	Площа тис.м ²	Тип ТПВ	Функціонально-планувальна схема ТПВ
7	«Дейн» (США)	136,2	ТПВ на території привокзальної площі	
8	«Вільнюс» (Литва)	58,7	ТПВ на території привокзальної площі	
9	«Загреб» (Хорватія)	107,7	ТПВ на території привокзальної площі	

Закінчення додатка II

№ з/п	Аеро-порт	Пло-ща тис.м ²	Тип ТПВ	Функціонально-планувальна схема ТПВ
10	«Будапешт»	310	ТПВ на території привокзальної площі	
ТПВ із залізничним та автобусним вокзалами, інтегрованими у територію аеропортів				
11	«Манчестер» (Англія)	11,69	Поєднання залізничної та автобусної станцій	
12	«Цюрих» (Швейцарія)	80,0	Поєднання залізничної та автобусної станцій	


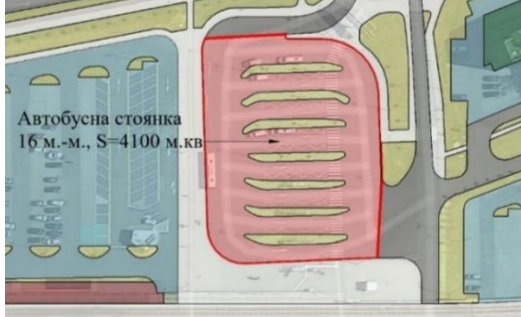




Додаток Р

Таблиця Р.1




Автобусні стоянки та станції на території аеропортів

№ з/п	Аеро-порт	Пасажи-ропотік, за рік (2019)	Площа, м ²	Планування
Автобусні стоянки (зони відстою)				
1	«Вільнюс» (Литва)	5,0 МЛН	2200 м ² (11 м-м.)	
2	«Бориспіль» (Україна)	15,26 МЛН	3300 м ² (13 м-м.)	
3	«Братислава-Іванка» (Словаччина)	2,29 МЛН	1500 м ² (8 м-м.)	

Продовження додатка Р

№ з/п	Аеро-порт	Пасажи-ропотік, за рік (2019)	Площа, м ²	Планування
4	«Загреб» (Хорватія)	3,43 млн	3300 м ² (11 м-м.)	
5	«Гданськ» (Польща)	5,37 млн	4100 м ² (16 м-м.)	
6	«Імені короля Шаки» (ПАР)	6,09 млн	3000 м ² (8 м-м.)	
7	«Імені Ференца Ліста» (Угорщина)	16,17 млн	5700 м ² (44 м-м.)	  

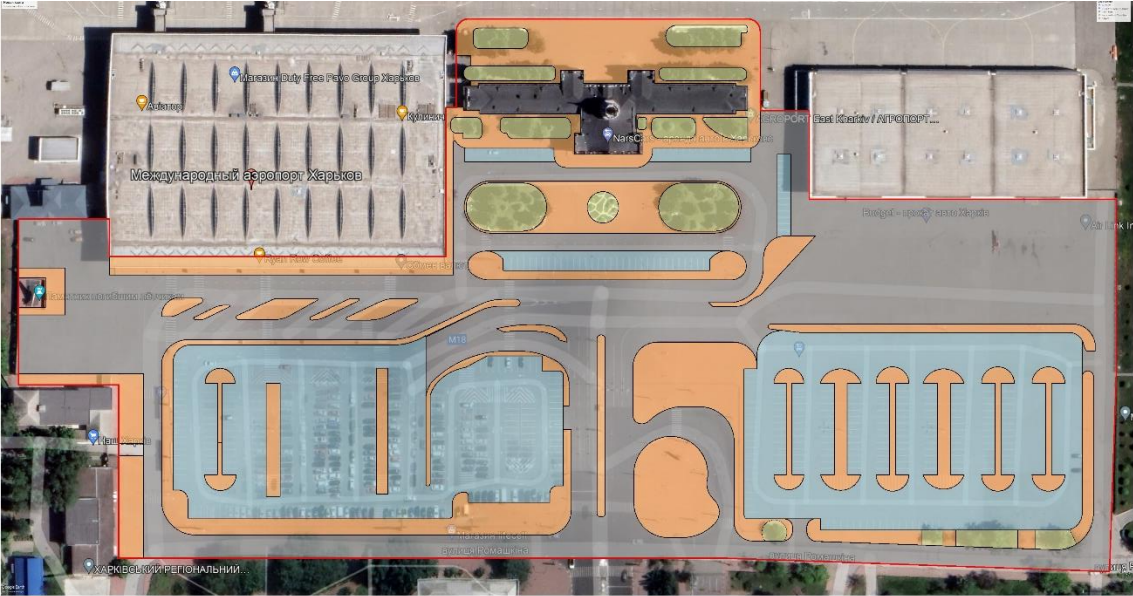
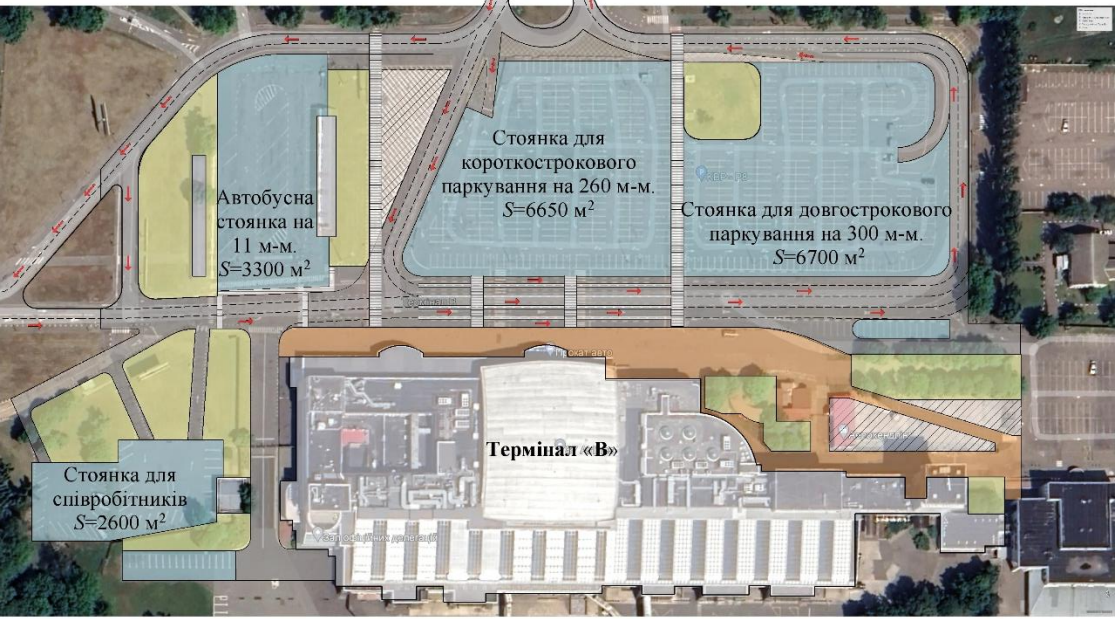
Закінчення додатка Р

№ з/П	Аеро-порт	Пасажи-ропотік, за рік (2019)	Площа, м ²	Планування
8	«Берлін» (Німеччина)	23.07 МЛН	10000 м ² (30 м-м.)	 <p>Автобусна стоянка 30 м-м., S=10000 м.кв.</p>
Автобусні станції				
9	«Хітроу» (Англія)	80,1 МЛН	12250 м ² (12 м-м.)	 <p>Автобусна станція 12 м-м., S=12250 м.кв.</p>
Поєднання залізничної та автобусної станцій				
10	«Манчестер» (Англія)	22,0 МЛН	21500 м ² (14 м-м.)	 <p>Поєднання залізничної та автобусної станції 14 м-м., S=21500 м.кв.</p>

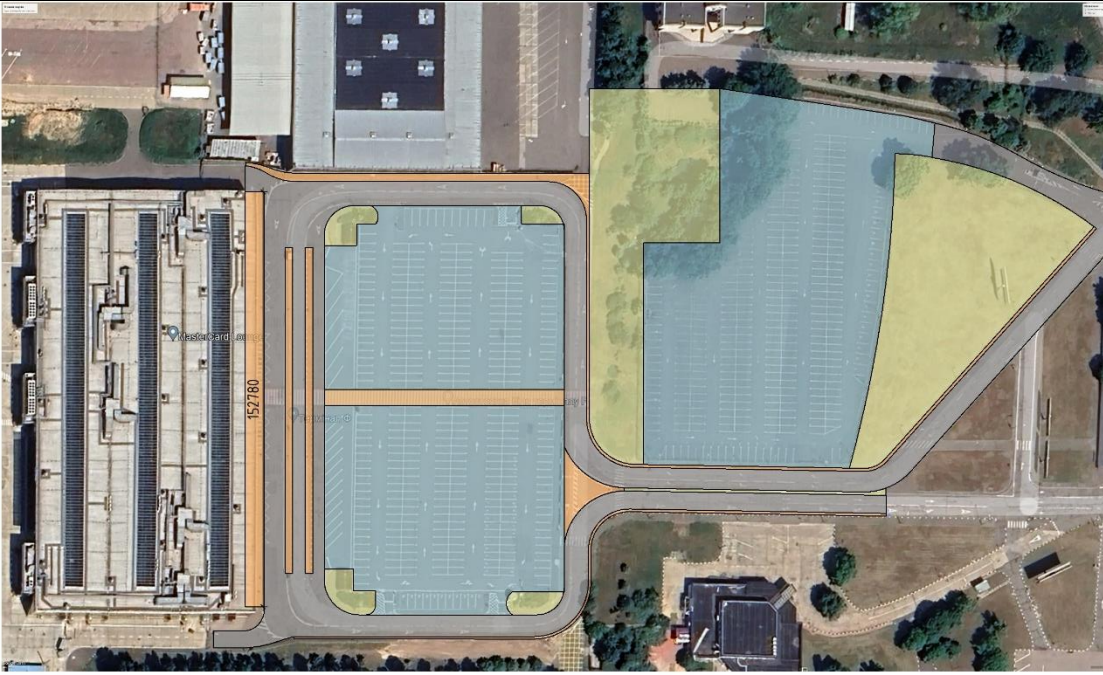

Додаток С

Таблиця С.1

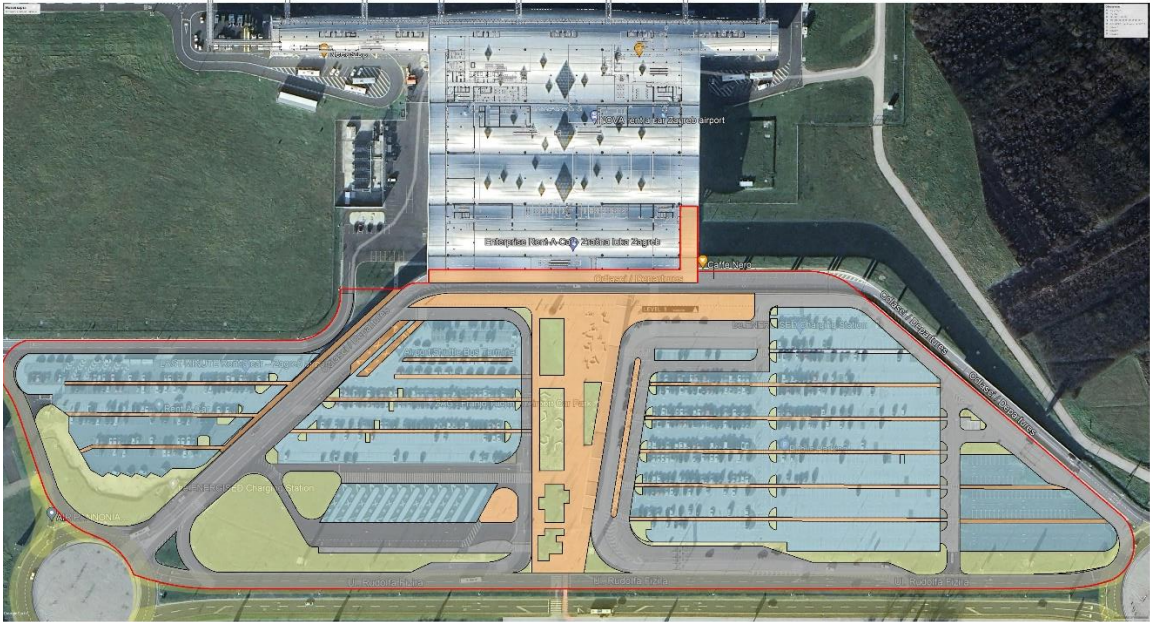
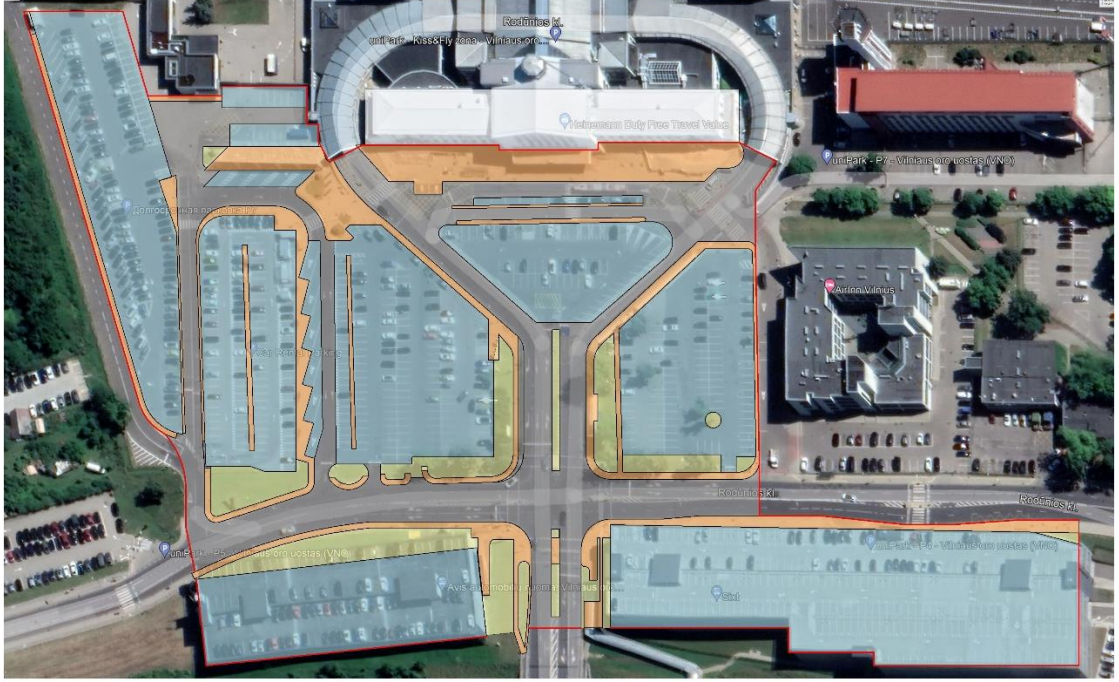
Схеми зонувань ТПВ українських та закордонних аеропортів

Аеро-порт	Схема зонування
Українські аеропорти	
«Харків»	 <p data-bbox="360 1151 1422 1223"> – зона озеленення – 3,2 тис. м² – загальна площа паркінгів – 20,1 тис. м² – пішохідна зона – 17 тис. м² – зона ділянки доріг та проїздів – 26,7 тис. м² </p> <p data-bbox="858 1229 1182 1256" style="text-align: center;">Загальна площа – 67 тис. м²</p>
«Бориспіль», термінал «В»	 <p data-bbox="360 1886 1410 1957"> – зона озеленення – 8,2 тис. м² – зона місць паркування – 21,45 тис. м² – пішохідна зона – 5,3 тис. м² – зона автомобільних доріг - 13,8 тис. м² </p> <p data-bbox="858 1964 1214 1991" style="text-align: center;">Загальна площа – 48,8 тис. м²</p>

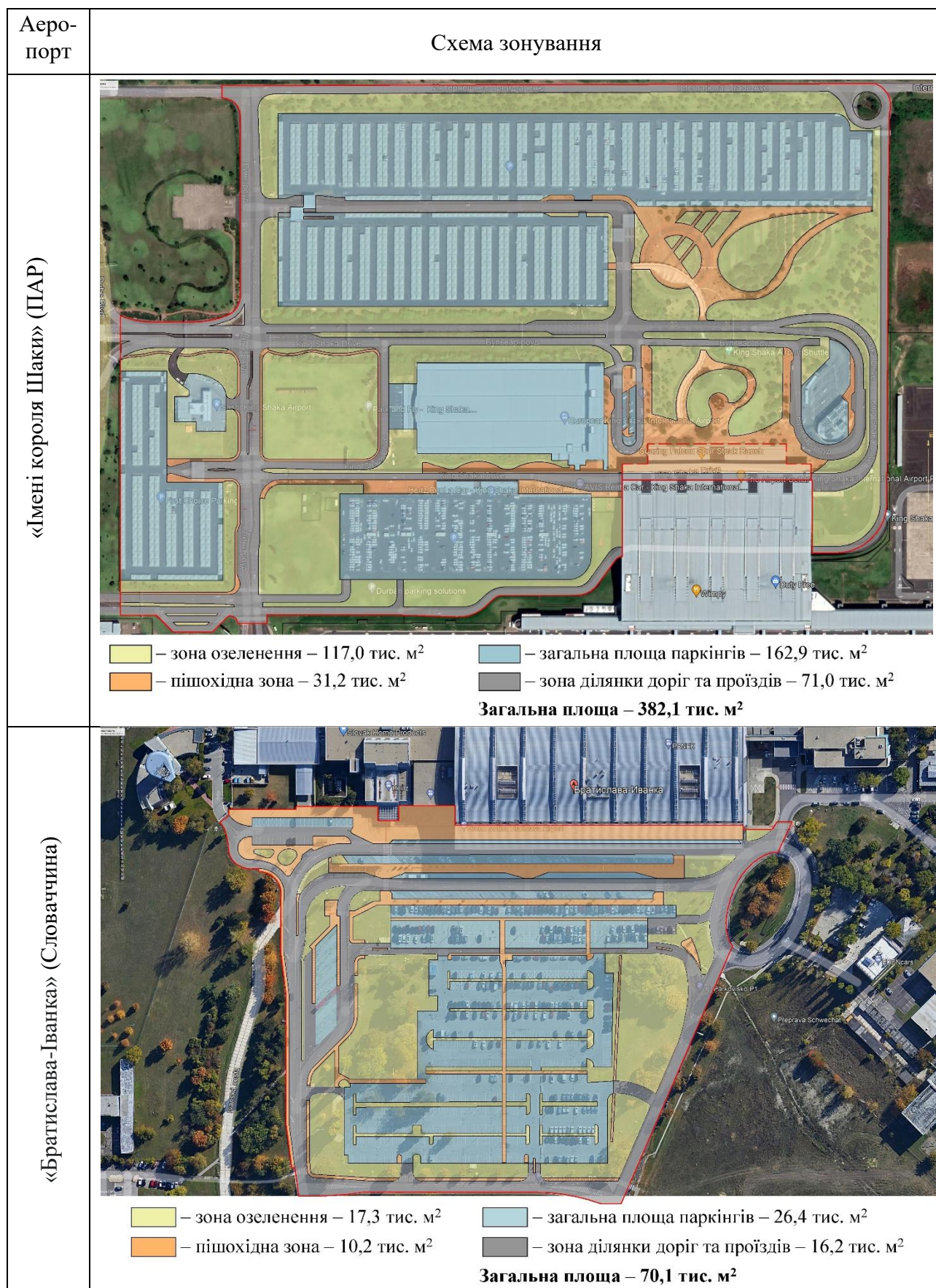
Продовження додатка С

Аеро-порт	Схема зонування
«Бориспіль», термінал «F»	 <p> – зона озеленення – 9,5 тис. м² – загальна площа паркінгів – 23,0 тис. м² – пішохідна зона – 3,5 тис. м² – зона ділянки доріг та проїздів – 9,1 тис. м² </p> <p style="text-align: center;">Загальна площа – 45,0 тис. м²</p>
«Львів» імені Данила Галицького	 <p> – зона озеленення – 15,0 тис. м² – загальна площа паркінгів – 37,3 тис. м² – пішохідна зона – 11,8 тис. м² – зона ділянки доріг та проїздів – 16,2 тис. м² </p> <p style="text-align: center;">Заг.площа – 80,3 тис. м²</p>

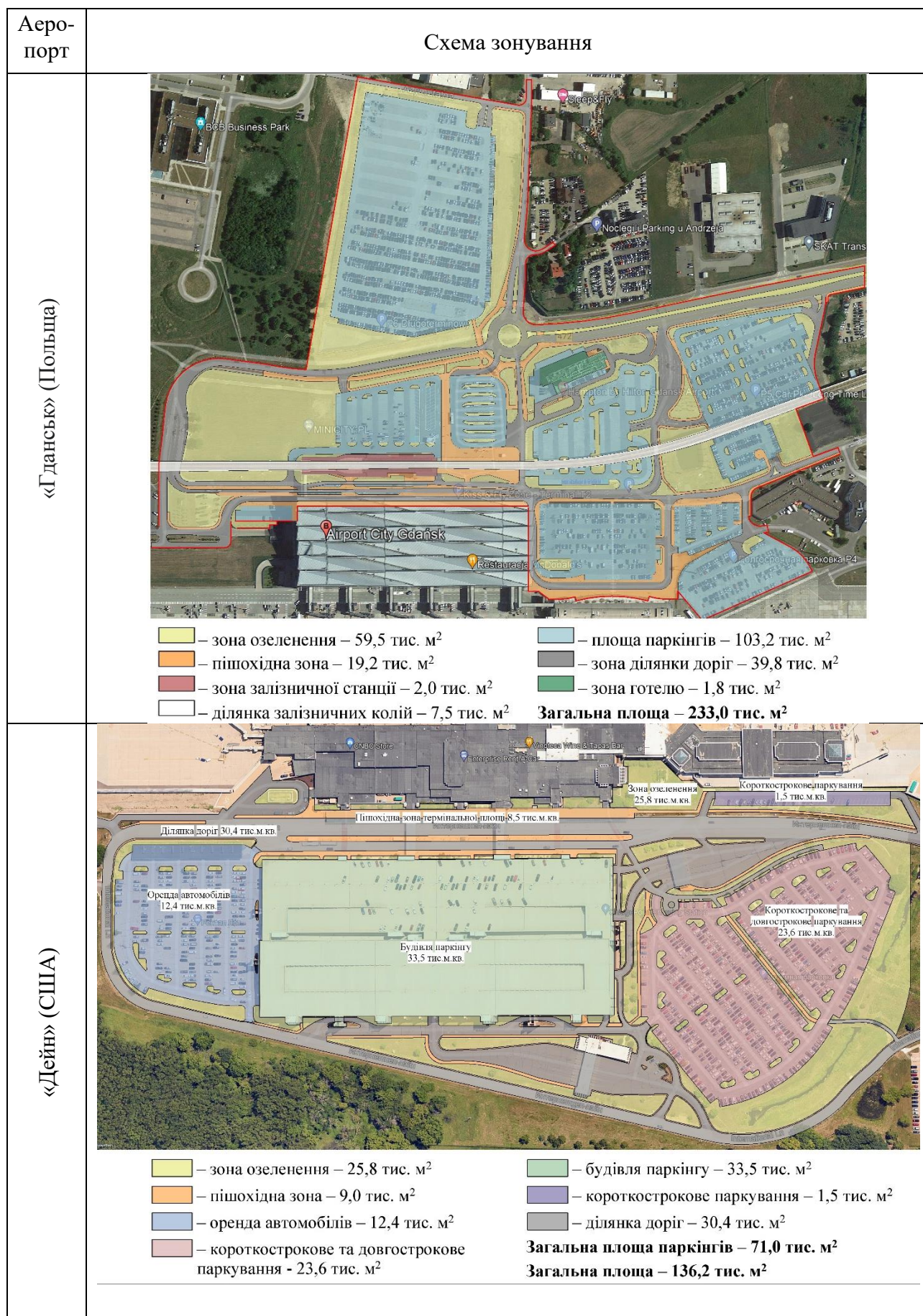
Продовження додатка С

Аеро-порт	Схема зонування
Закордонні аеропорти	
«Загреб» (Хорватія)	 <p data-bbox="379 1048 1433 1120"> – зона озеленення – 14,2 тис. м² – загальна площа паркінгів – 44,4 тис. м² – пішохідна зона – 15,2 тис. м² – зона ділянки доріг та проїздів – 33,3 тис. м² </p> <p data-bbox="874 1124 1232 1153" style="text-align: center;">Загальна площа – 107,7 тис. м²</p>
«Вільнюс» (Литва)	 <p data-bbox="363 1854 1433 1926"> – зона озеленення – 5,4 тис. м² – загальна площа паркінгів – 32,0 тис. м² – пішохідна зона – 8,7 тис. м² – зона ділянки доріг та проїздів – 12,6 тис. м² </p> <p data-bbox="842 1930 1209 1960" style="text-align: center;">Загальна площа – 58,7 тис. м²</p>

Продовження додатка С



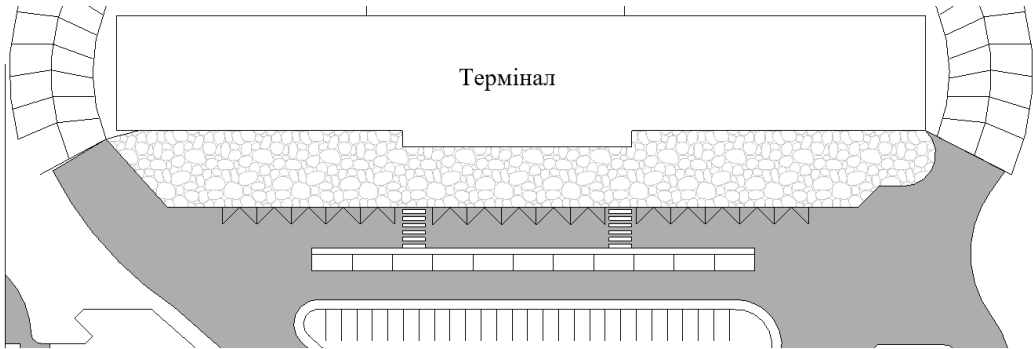
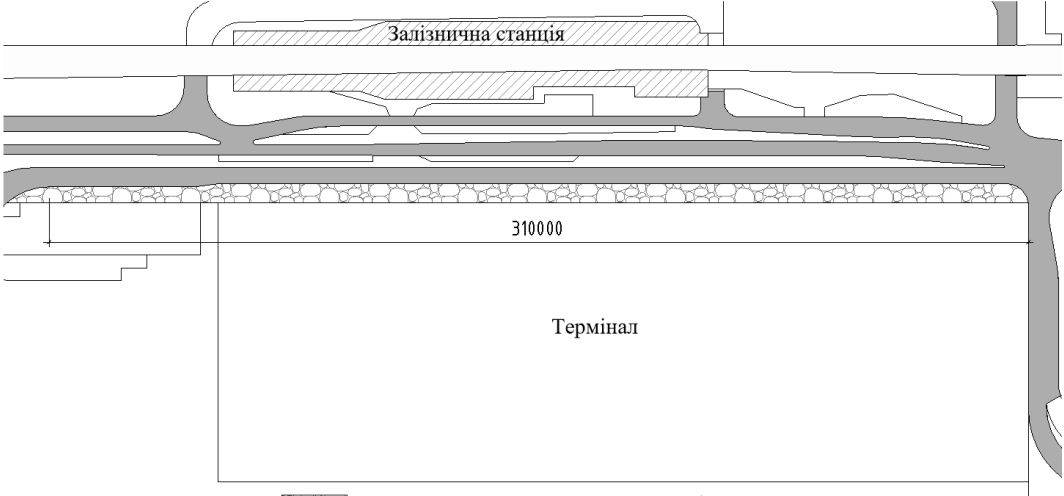
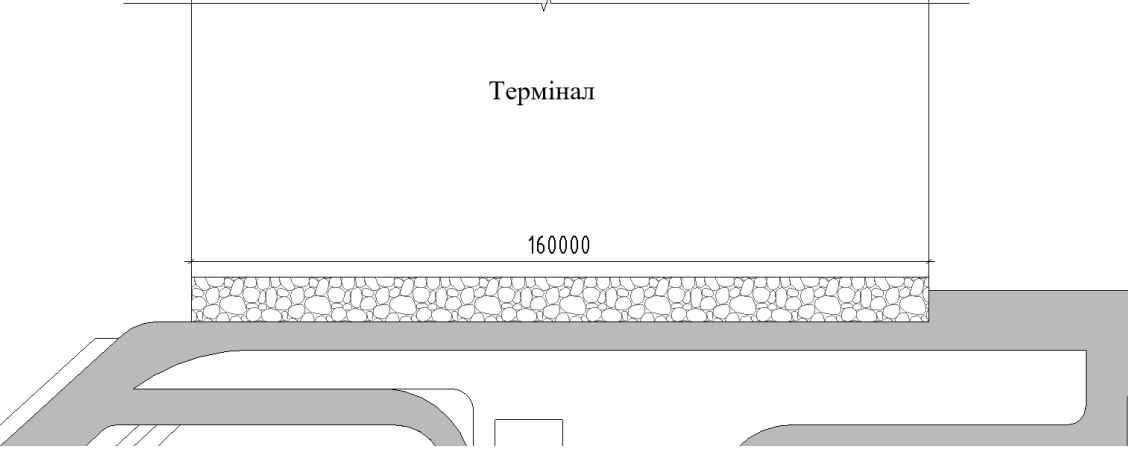
Закінчення додатка С



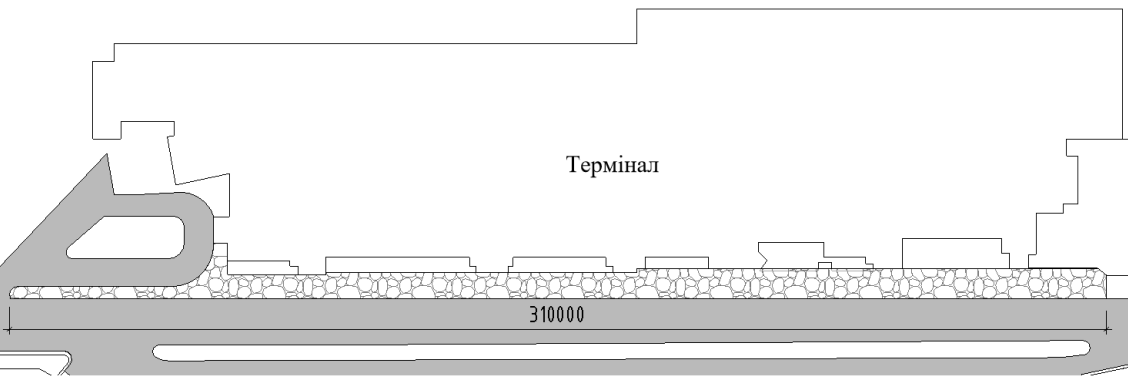
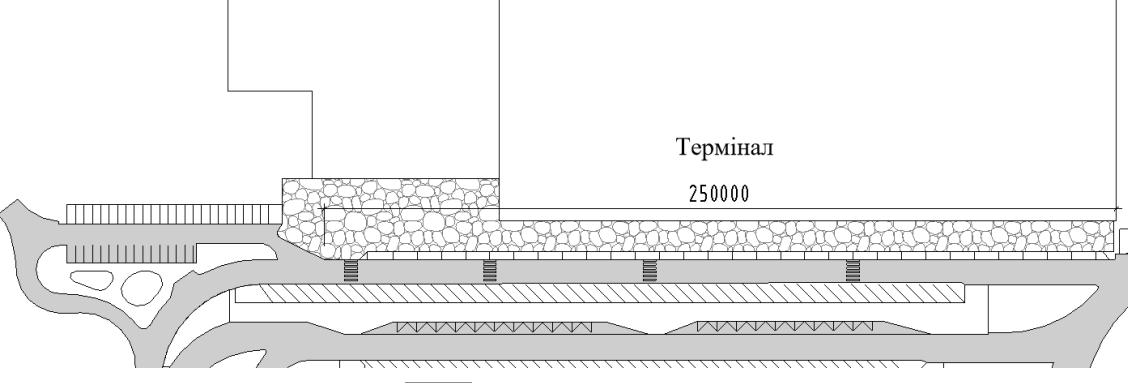
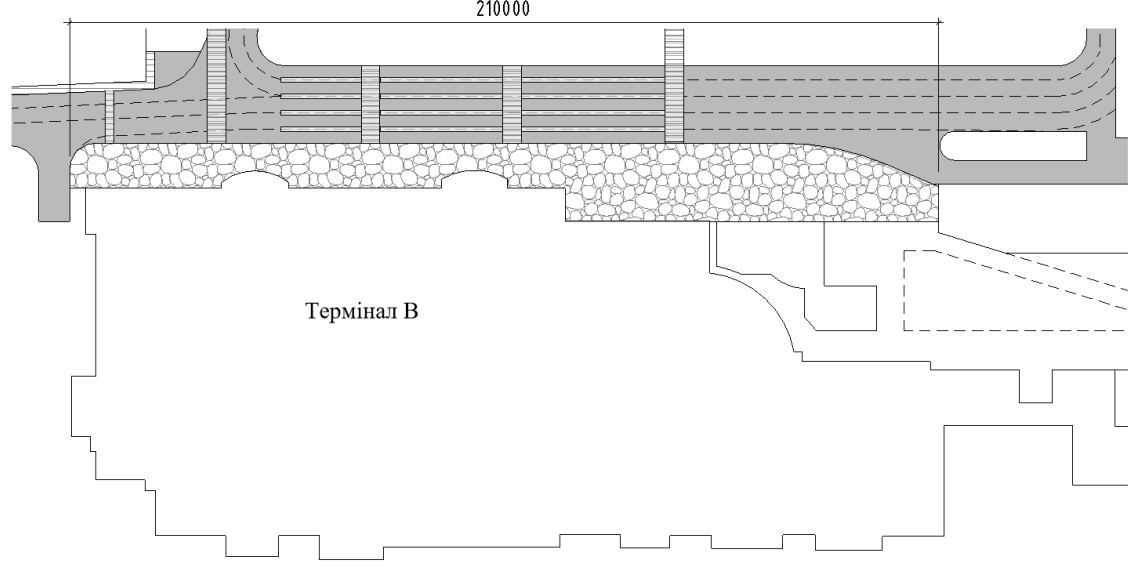
Додаток Т

Таблиця Т.1

Схеми пішохідних зон перед аеровокзалом

Аеро-порт	Схема
«Вільнюс» (Литва)	 <p>Термінал</p> <p>— пішохідна зона – 1,7 тис. м²</p>
«Гданськ» (Польща)	 <p>Залізнична станція</p> <p>310000</p> <p>Термінал</p> <p>— пішохідна зона – 1,8 тис. м²</p>
«Загреб» (Хорватія)	 <p>Термінал</p> <p>160000</p> <p>— пішохідна зона - 1,7 тис. м²</p>

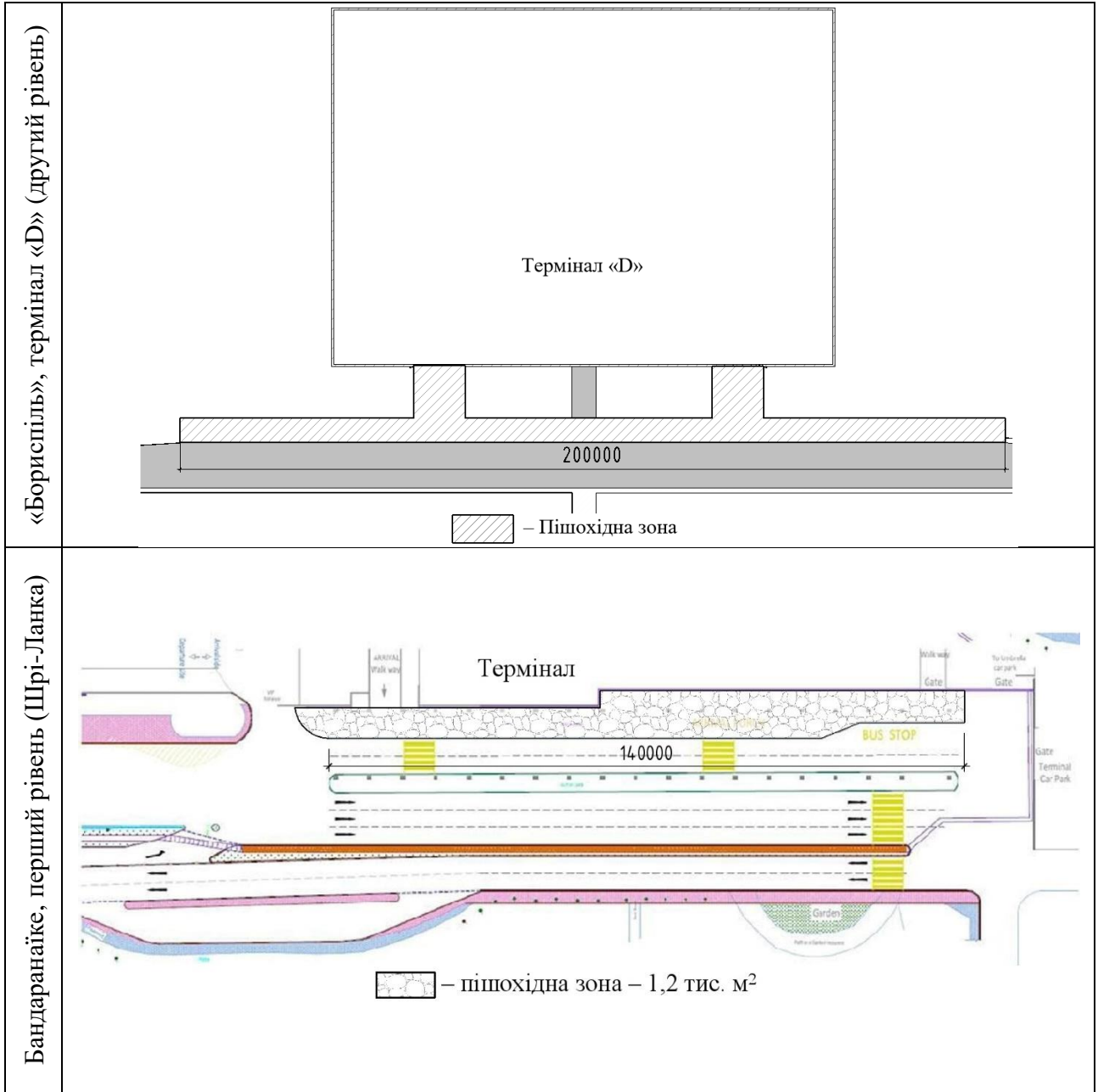
Продовження додатка Т

Аеро-порт	Схема
«Дейн» (США)	 <p>Термінал 310000</p> <p>– пішохідна зона – 2,3 тис. м²</p>
«Братислава» (Словацчина)	 <p>Термінал 250000</p> <p>– пішохідна зона – 3,3 тис. м²</p>
«Бориспіль», термінал «В» (Україна)	 <p>210000</p> <p>Термінал В</p> <p>– пішохідна зона – 2,8 тис. м²</p>

Продовження додатка Т

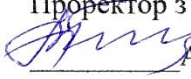
Аеро-порт	Схема
«Бориспіль», термінал «F» (Україна)	<p>Термінал</p> <p>150000</p> <p>– пішохідна зона – 1,1 тис. м²</p>
«Львів» (Україна)	<p>Термінал</p> <p>250000</p> <p>– пішохідна зона – 4,0 тис. м²</p>
«Бориспіль», термінал «D» (перший рівень)	<p>Термінал «D»</p> <p>300000</p> <p>– Пішохідна зона – 6900 м²</p>

Закінчення додатка Т



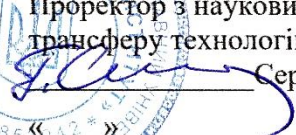
Додаток У
Акти впровадження
Додаток У.1

«ПОГОДЖЕНО»

Проректор з навчальної роботи
 Анатолій ПОЛУХІН

« » _____ 2024 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукових досліджень та
трансферу технологій
 Сергій ГНАТЮК

« » _____ 2024 р.



А К Т

Комісія у складі:

голови – завідувача кафедри інфраструктури авіаційного транспорту, кандидата технічних наук, доцента Дубика Олександра Миколайовича;

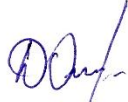
членів комісії: - доцента кафедри інфраструктури авіаційного транспорту, кандидата технічних наук, доцента Чернишової Оксани Сергіївни;


- старшого викладача кафедри інфраструктури авіаційного транспорту, кандидата технічних наук Тімкіної Світлани Юріївни


цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження аспіранта кафедри комп'ютерних технологій будівництва державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут» Пустовойта Руслана Олександровича на тему «Інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів у структурі сучасних аеропортів», виконаного на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», впроваджені в навчальний процес державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Зокрема, у процесі підготовки матеріалів курсів лекцій та викладання практичних занять із дисциплін, а саме:

- проведення лекційного заняття з дисципліни «Транспорт і шляхи сполучення» за темою «Повітряний транспорт і аеропорти цивільної авіації»;
- проведення практичного заняття з дисципліни «Генеральне планування аеропортів» за темою «Транспортна інфраструктура аеропортів»;
- запропоновано використовувати методику розрахунку площ функціональних зон транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів під час виконання курсового та дипломного проектування здобувачами, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Автомобільні дороги і аеродроми».

Голова комісії кандидат технічних наук, доцент  Олександр ДУБИК

Члени комісії кандидат технічних наук, доцент  Оксана ЧЕРНИШОВА

кандидат технічних наук  Світлана ТІМКІНА

Додаток У.2



Україна, 08601, Київська обл., Обухівський р-н,
м. Васильків, вул.Шевченко, буд. 44
ЄДРПОУ 35683453

Вих.16/12/24-1 від «16» грудня 2024 р.

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Результати дисертаційного дослідження аспіранта ДНП «Державний університет «Київський авіаційний інститут» **Пустовойта Руслана Олександровича** на тему «**Інженерно-планувальні рішення транспортно-пересадочних вузлів у структурі сучасних аеропортів**» (на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія) привернуло увагу **ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЄВРОПЕЙСЬКА ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНА КОМПАНІЯ»**.

Зокрема, окремо слід відмітити методику розрахунку оптимальних геометричних параметрів пішохідної та транспортної зон під час проектування транспортно-пересадочних вузлів у великих і найбільших містах. Відповідно впровадження результатів дисертаційної роботи дозволяє здійснювати розрахунки та науково обґрунтовувати пропозиції щодо функціонального розподілу території транспортно-пересадочних вузлів.

Директор



Сергій ЗІНЕНКО