

МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ ТА СТРАТЕГІЧНИХ КОМУНІКАЦІЙ
УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО
МИСТЕЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ
Кафедра архітектурного проектування

«на правах рукопису»

Студентка II курсу другого (магістерського) рівня вищої
освіти Українець Поліна Сергіївна

**ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНО-ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
ПАСАЖИРСЬКИХ ТЕРМІНАЛІВ АЕРОПОРТІВ**

Кваліфікаційне наукове дослідження
Другого (магістерського) рівня вищої освіти
Галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність – 191 «Архітектура та містобудування»
ОНП «Архітектура будівель та споруд»

Розглянуто й узгоджено на засіданні
кафедри архітектурного проектування
«__» _____ 20__ р., (протокол № __)

Науковий керівник:
Скорик Л.П.,
Професорка, кандидатка архітектури.

Київ – 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Українець Поліна Сергіївна

ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНО - ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ТЕРМІНАЛІВ АЕРОПОРТІВ. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Наукове дослідження для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування», галуззю знань 19 «Архітектура та будівництво». – Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 2025.

Дане дослідження демонструє принципи архітектурно-планувальної організації пасажирських аеропортів, основані на світовому досвіді та пропонує схему для їх подальшого проектування.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми в умовах оптимізації пасажирських рейсів, діджиталізації, потреби у створенні комфортного й гнучкого простору для приймання, відправлення та технічного забезпечення повітряного транспорту, а також обслуговування пасажирів і вантажу. Сформульовано мету, завдання та методологію дослідження, визначено об'єкт і предмет роботи, а також окреслено наукову новизну, яка полягає у комплексному аналізі архітектурного і практичного підґрунтя аеропортових комплексів з урахуванням інклюзивних, екологічних та соціальних аспектів, а також асекурації норм безпеки в умовах воєнного стану.

У першому розділі роботи – «Досвід архітектурно-планувальної організації пасажирських аеропортів» – розглянуто ключові підходи до проектування пасажирських аеропортів на прикладі реалізованих світових практик, зокрема в точках аеросполучення США, ОАЕ, Іспанії, Великобританії, Туреччини та Південної Кореї. Проаналізовано функціональні рішення, зосереджено увагу на принципах інтуїтивності навігації, масштабованості потенційного розвитку та оптимізації пересування пасажирів та забезпечення діяльності під час дії воєнного стану.

Другий розділ – «Функціонально-просторова організація пасажирських аеропортів» – пропонує розглянути, систематизувати та затвердити набір принципів, що застосовуються при проектуванні пасажирських терміналів аеропортів з метою забезпечення максимальної ефективності, інтуїтивності навігації та оптимізації громадського користування даним типом будівель. Особливу увагу приділено розподілу та направленню природного світла як інструменту інтуїтивного знаходження шляху пасажирів крізь етапи проходження послідовних етапів терміналу аеропорту.

У третьому розділі – «Особливості формоутворення пасажирських аеропортів у київській області» – подано авторське проектне рішення пасажирського терміналу, розроблене з урахуванням аналізованих підходів та результатів дослідження. Окреслено загальні архітектурні рекомендації, які можуть бути застосовані при проектуванні сучасних просторів забезпечення авіаційного сполучення в українських реаліях.

Отримані результати мають практичну значущість і можуть бути використані при створенні нових або реконструкції існуючих пасажирських терміналів.

***Ключові слова:** архітектура, містобудування, аеропорт, пасажирський термінал, навігація, формоутворення, природне освітлення, просторова організація, ефективність.*

ANNOTATION

Ukrainets Polina Serhiivna

FEATURES OF ARCHITECTURAL AND SPATIAL ORGANIZATION OF AIRPORT PASSENGER TERMINALS. Scientific research for obtaining the second (master's) level of higher education in specialty 191 "Architecture and Urban Planning", field of knowledge 19 "Architecture and Construction". - National Academy of Fine Arts and Architecture, Kyiv, 2025.

This study demonstrates the principles of architectural and planning organization of passenger airports, based on world experience and offers a scheme for their further design.

The introduction substantiates the relevance of the chosen topic in the context of passenger flight optimization, digitalization, the need to create a comfortable and flexible space for receiving, sending and technical support of air transport, as well as servicing passengers and cargo. The goal, objectives and methodology of the study are formulated, the object and subject of the work are determined, and the scientific novelty is outlined, which consists in a comprehensive analysis of the architectural and practical basis of airport complexes, taking into account inclusive, environmental and social aspects, as well as ensuring safety standards in martial law conditions.

The first section of the work – “Experience of architectural and planning organization of passenger airports” – considers key approaches to designing passenger airports using the example of implemented global practices, in particular at air connection points in the USA, UAE, Spain, Great Britain, Turkey and South Korea. Functional solutions are analyzed, focusing on the principles of intuitive navigation, scalability of potential development and optimization of passenger movement and ensuring activities during martial law.

The second section – “Functional and spatial organization of passenger airports” – proposes to consider, systematize and approve a set of principles used in the design of airport passenger terminals in order to ensure maximum efficiency, intuitive navigation and optimization of public use of this type of buildings. Particular attention is paid to the distribution and direction of natural light as a tool for intuitively finding the path of passengers through the stages of passing successive stages of the airport terminal.

The third section – “Features of Forming Passenger Airports in the Kyiv Region” – presents the author’s design solution for the passenger terminal, developed taking into account the analyzed approaches and research results. General architectural

recommendations are outlined that can be applied when designing modern spaces for providing air traffic in Ukrainian realities.

The results obtained have practical significance and can be used when creating new or reconstructing existing passenger terminals.

Keywords: *architecture, urban planning, airport, passenger terminal, navigation, form, natural lighting, spatial organization, efficiency.*

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ABSTRACT	3
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Досвід архітектурно-планувальної організації пасажирських аеропортів	15
1.1. Історичні етапи розвитку пасажирських терміналів аеропортів.....	15
1.2. Типологія архітектурно-планувальних рішень сучасних аеропортів.....	28
1.3. Зарубіжний досвід формування пасажирських терміналів.....	39
Висновки до Розділу 1	47
РОЗДІЛ 2. Функціонально-просторова організація пасажирських аеропортів	48
2.1. Функціональне зонування пасажирського терміналу.....	48
2.2. Вплив процесів технологічного обслуговування пасажирів на архітектуру.....	61
2.3. Просторові моделі формування громадських зон терміналу.....	69
2.4. Архітектурно-конструктивні та інженерні особливості терміналів.....	78
Висновки до Розділу 2	85
РОЗДІЛ 3. Особливості формоутворення пасажирських аеропортів у київській області	86
3.1. Аналіз існуючої мережі аеропортів Київської агломерації.....	86
3.2. Планувальні особливості, обмеження регіонального контексту та містобудівні вимоги до утворення та планування пасажирських терміналів.....	92
3.3. Функціонально-планувальне зонування пасажирського терміналу “Жуляни”.....	102
3.4. Композиційна та об’ємно-просторова організація пасажирського аеропорту “Жуляни”.....	122

Висновки до Розділу 3	129
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	130
Список використаних джерел	135
1. РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ: «КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД».....	139
2. РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ: МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО.....	145
3. РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АРХІТЕКТУРІ.....	160
4. РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ: ТЕПЛОФІЗИКА.....	175

ВСТУП

У сучасному світі будується дедалі більше аеропортів та підлягають реставрації старі. Значення авіатранспортної галузі у становленні та розвитку соціально-економічної системи сьогодення важко переоцінити. Це викликано тим, що саме розвиток авіаційної мережі та збільшення кількості пасажирських маршрутів сприяє цивілізаційному зближенню, а економічні показники підтверджують вагомий внесок авіатранспортної галузі у всесвітню систему. Будь-які прогнози розвитку авіасполучень пов'язані з певною невизначеністю і мають імовірнісний характер. Однак варто відмітити, що глобальні виклики, такі як пандемія, війни, теракти, а також коливання ділової активності істотно впливають на авіатранспортну галузь та змінюють прогнози. Авіатранспортна галузь продемонструвала високу стійкість та здатність швидко відновлюватися після практично повної зупинки, яка виникла внаслідок пандемії. [17]

Дане наукове дослідження пропонує майбутнє проєктне рішення аеропорту після скасування воєнного стану.

Актуальність теми: Для сучасної України найбільшим викликом наразі є російське повномасштабне воєнне вторгнення 24 лютого 2022 року, яке спричинило впровадження воєнного стану, який наразі залишається актуальним. В умовах воєнного стану цивільні авіап перевезення в Україні зупинені через закриття аеропортів для пасажирів та вантажів, у зв'язку з чим пасажирські авіаційні сполучення для мешканців територій України здійснюються через найближчі аеропорти сусідніх держав Східної Європи — Польщі, Угорщини, Румунії тощо.

Після перемоги авіалогістика України має всі шанси стати регіональним лідером. Відновлення роботи аеропортів, таких як Бориспіль (збитки оцінюються в \$2 млрд), і створення нових логістичних центрів будуть пріоритетними напрямками руху в бік відновлення галузі. Повернення міжнародних авіакомпаній, як Lufthansa Cargo чи DHL Aviation, пожвавить ринок. Інтеграція в європейські авіаційні мережі через угоди з ЄС, такі як

"Відкрите небо", відкриє доступ до єдиних стандартів і ринків. За прогнозами, до 2030 року обсяг вантажних авіап перевезень в Україні може досягти довоєнного рівня — 150 тис. тонн на рік. Компанії, які вже зараз інвестують у цифровізацію та партнерства з європейськими хабами, матимуть конкурентну перевагу. [18]

Про вагомість потреби українського цивільного населення в діючому пасажирському аеропорті можуть свідчити численні дискусії України з європейською авіаційною владою та авіакомпаніями на користь відновлення деяких авіап перевезень навіть всупереч активного воєнного стану. Державіаслужба у письмових коментарях заявила, що розглядає можливість поетапного та обмеженого відкриття повітряного простору для цивільної авіації *"за умови оцінки та зниження ризиків до прийняттого рівня, а також впровадження додаткових заходів безпеки"*. У відповіді не йшлося про часові рамки. Забезпечення безпеки повітряного простору є першочерговим завданням, і *"було проведено багато роботи навколо цієї проблеми"*. В найбільш оптимістичному сценарії передчасного відновлення авіаційних сполучень всупереч вимог воєнного стану під відкриття підлягатиме головний аеропорт країни, Бориспіль, а в найбільш реалістичному – Міжнародний аеропорт "Львів" імені Данила Галицького [19].

Потенційними напрямками розвитку авіаційної галузі після завершення бойових дій та відкриття повітряного простору є створення нових маршрутів та розширення операцій ряду авіакомпаній на території України. З даних причин постає потреба модернізації вже існуючої інфраструктури авіаційних сполучень та побудова нової.

Виклики проектування або відновлення пасажирських аеропортів на території України вимагають відповідей на потенційний ризик російських терористичних актів, що наразі є найбільшим ризиком в даному завданні. Більш глобальним викликом є дискомфорт пасажирів та складність у роботі архітекторів над підвищенням вимог до безпеки, затверджених після терактів 11

вересня. У зв'язку з посиленням контролю безпеки, пасажирів доводиться тривалий час проводити в терміналі, неодноразово проходячи зони контролю та огляду. Результатом нових вимог безпеки є прагнення оптимізувати маршрути руху пасажирів. Також особлива увага приділяється огляду та опрацюванню транспортування багажу.

Еталонною характеристикою будь-якого великомасштабного транзитного простору є максимальне скорочення та спрощення маршруту пересування пасажирів від початку до кінця їхнього шляху між транспортними засобами. У випадку проектування пасажирського терміналу, початковою та кінцевою точками даного маршруту є шлях між паркомісцем або сполучною станцією громадського транспорту та безпосередньою посадкою до салону літака.

Стан дослідженості питання: архітектурно-просторова організація пасажирських терміналів аеропортів є комплексним питанням, яке досліджується та розглядається з різних точок зору та аспектів архітектурного планування. У науковій літературі та проектних рішеннях значна увага приділяється питанням забезпечення комфорту пасажирського користування, а саме: оптимізації пасажиропотоків, підвищення пропускної здатності терміналів без втрати надійності систем безпеки, спрощенню та скороченню маршруту пасажирів з вхідної групи до салону літака.

Зокрема, Василенко та співавтори в науковій статті “Організація внутрішнього простору пасажирських терміналів сучасних аеропортів” піднімають теми мови дизайну інтер’єрів в пасажирських аеропортах та візуальних систем як інструменту навігації пасажирів.

Загалом сучасні дослідження аналізують ретроспективу розвитку пасажирських аеропортів останніх десятиліть, правила організації простору на кожному етапі маршруту терміналом та інноваційні рішення в проектуванні.

Мета дослідження. визначення основних особливостей архітектурно-просторової організації пасажирських терміналів аеропортів.

Завдання дослідження.

- Проаналізувати методи організації простору в авіатерміналах та визначити найбільш ефективні планувальні рішення.
- Визначити вплив просторової організації авіаційної інфраструктури на керування пасажиропотоком та емоційний стан пасажирів.
- Дослідити існуючі наукові роботи, що висвітлюють сучасні тенденції у проектуванні авіатерміналів та їхній вплив на міську мобільність.
- Проаналізувати світовий досвід проектування на прикладі реалізованих пасажирських терміналів, їхні функціональні особливості та планувальні рішення.
- Розробити класифікацію авіатерміналів за основними ознаками.
- Узагальнити типологічні рішення, що забезпечують якомога більш ефективну експлуатацію та пересування авіатерміналом.
- Розробити концепцію функціонально-планувальної організації пасажирського терміналу аеропорту в м. Києві.

Об'єкт дослідження: пасажирські термінали аеропортів.

Предмет дослідження: особливості архітектурно-просторової організації.

Методи дослідження. Для вивчення сучасного стану архітектурних комплексів пасажирської авіації та основних підходів до їх архітектурно-просторової організації у дослідженні використано наступні методи, що ґрунтуються на *порівняльному аналізі*: для дослідження і співставлення різних пасажирських комплексів авіасполучення та рівня їх ефективної для пасажиропотоку; *структурний аналіз* для розгляду взаємодії таких елементів, як природне освітлення та вентиляція, енергоефективність, матеріали; *компаративний метод*, за яким визначаються основні соціокультурні ареали: США, східна Азія, європейський та вітчизняний, а також *дедуктивний метод*, за яким із загального архітектурного процесу виокремлено кінець 20 та початок 21 століття; узагальнення сучасної галузі

знань архітектури авіаційних комплексів за допомогою *структурно-функціонального аналізу*.

Наукова новизна проведеного дослідження.

Наукова новизна проведеного дослідження полягає у комплексному архітектурно-параметричному та інженерному переосмисленні структури міського аероузла в контексті повоєнного відновлення цивільної авіації України та жорстких кліматичних вимог першої зони (на прикладі міста Київ).

Основні положення, що визначають наукову новизну роботи, сформульовано у таких аспектних напрямках:

Удосконалено просторово-планувальну концепцію термінального комплексу через повну відмову від підземного ярусу та перенесення важких технологічних процесів (включаючи багажний хаб) на нульову позначку. Це дозволило розробити гнучку тривірневу систему "вільного плану" (free plan), здатну трансформуватися під змінні пасажиропотоки.

Уперше запропоновано інтегровану біоморфну модель безбалочного монолітного каркаса з укрупненою сіткою колон (діаметром 1.4 метра) та криволінійними металевими фермами змінного профілю системи MERO. Такий підхід забезпечує перекриття гігантських прольотів атриуму без додаткових внутрішніх опор, створюючи єдиний текучий простір.

Дістало подальшого розвитку архітектурне моделювання енергоефективної оболонки будівлі (Green Airport). Розроблено та науково обґрунтовано теплотехнічну структуру навісного вентиляваного фасаду, оптимізовану під суворі зимові умови Києва (із розрахунковим мінімумом мінус 26 градусів за Цельсієм). У роботі математично доведено ефективність розташування

150-міліметрового базальтового утеплювача з боку зовнішньої грані масивного залізобетону для максимальної акумуляції тепла всередині терміналу.

Впроваджено концепцію технологічної автономії споруди шляхом поєднання інноваційних інженерних систем: параметричного даху зі склофібробетону, кінетичних (п'єзоелектричних) плит підлоги у зонах найвищого пасажиропотоку, а також інтер'єрних адіабатичних фонтанів замкненого циклу, які утворюють локальний енергонезалежний мікроклімат.

Практична значущість отриманих результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці готового архітектурно-будівельного та інженерного рішення для відновлення критичної транспортної інфраструктури України, яке може бути безпосередньо впроваджене під час реальної реконструкції Міжнародного аеропорту «Київ» імені Ігоря Сікорського (Жуляни).

До головних елементів практичної цінності роботи належать:

Готова планувальна модель: Запропонована трирівнева схема безпідземного терміналу дозволяє суттєво знизити капітальні витрати на земляні та гідроізоляційні роботи, що особливо актуально для оптимізації бюджету повоєнної відбудови. Вільне планування (free plan) дає змогу оперативно переналаштовувати зони реєстрації, безпеки та митного контролю у разі зміни інтенсивності пасажиропотоків.

Інженерно-конструкторський шаблон: Розраховані параметри безригельного залізобетонного каркаса з укрупненою сіткою колон (діаметром 1.4 м) та просторової металеві структури даху системи MERO можуть слугувати базою для робочого проектування великопрольотних громадських споруд зі складною параметричною геометрією.

Енергоефективне фасадне рішення: Математично обґрунтована та перевірена теплотехнічним розрахунком структура навісного вентиляованого фасаду (із 150-мм базальтовим утеплювачем) забезпечує чіткі параметри енергозбереження для першої кліматичної зони України. Це рішення гарантує відсутність конденсату та плісняви в інтер'єрі, знижуючи експлуатаційні витрати на опалення терміналу взимку.

Екологічні та автономні технології: Запропоновані схеми інтеграції кінетичної підлоги (для живлення локальної навігації) та адіабатичних фонтанів замкненого циклу (для пасивного охолодження повітря) є готовими технологічними кейсами для реалізації концепції «зеленого аеропорту» (Green Airport) в умовах можливих криз та обмежень централізованого енергопостачання.

Структура дослідження. Дослідження складається із анотації, вступу, основної частини із трьох розділів із висновками по кожному розділу, загального висновку, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1. Досвід архітектурно-планувальної організації пасажирських аеропортів

1.1. Історичні етапи розвитку пасажирських терміналів аеропортів

1.1.1. Еволюція терміналів від аеровокзалів-павільйонів до сучасних багатофункціональних хабів

Архітектурно-просторова еволюція пасажирських терміналів є складним багаторівневим процесом, що відображає розвиток технічних можливостей авіації, динаміку соціально-економічних трансформацій, інновації в конструктивних системах і формування нових типологічних моделей громадських будівель. Зміна архітектурного образу терміналу впродовж ХХ–ХХІ століть характеризується поступовим переходом від невеликих функціональних павільйонів до великих багатофункціональних транспортних комплексів, які виконують роль ключових міських інтерфейсів, інтегрованих у глобальну інфраструктуру мобільності.

Перший етап: аеровокзали-павільйони (1920–1940-ті рр.)

Перший етап розвитку пасажирських терміналів пов'язаний із становленням комерційної авіації та потребами у формуванні спеціалізованих будівель для обслуговування невеликих пасажирських потоків. Архітектура ранніх терміналів тяжіла до схем, характерних для залізничних вокзалів: компактні, здебільшого симетричні об'єми зі спрощеним зонуванням і мінімальною інтеграцією додаткових функцій.

У США показовим прикладом є аеровокзал аеропорту Ла-Гвардія (Нью-Йорк, 1939), виконаний у стилі ар-деко. Будівля вирізнялася репрезентативним фасадом, але її планувальна структура притримувалася лінійності та маломасштабності, що спрощувало обслуговування пасажирів, проте обмежувало можливості розвитку. Аналогічні архітектурні риси простежуються в ранніх європейських терміналах, зокрема в монументальній композиції

аеропорту Темпельгоф (Берлін, 1936–1941). Його масивний моноблок, хоча й перевищував типові масштаби того часу, ще не мав чітко розвиненої схеми розділення пасажирських потоків, а архітектурна концепція була орієнтована радше на репрезентацію державної влади, ніж на оптимізацію транспортних процесів.

У Східній Азії ранні термінали, як-от термінал аеропорту Ганеда (Токіо, 1931), мали переважно утилітарну архітектуру з виразною функціональною спрямованістю. Обмежені території та специфіка урбанізованих мегаполісів уже в цей період формували передумови для компактних, високоефективних планувальних структур. (Рис.1)

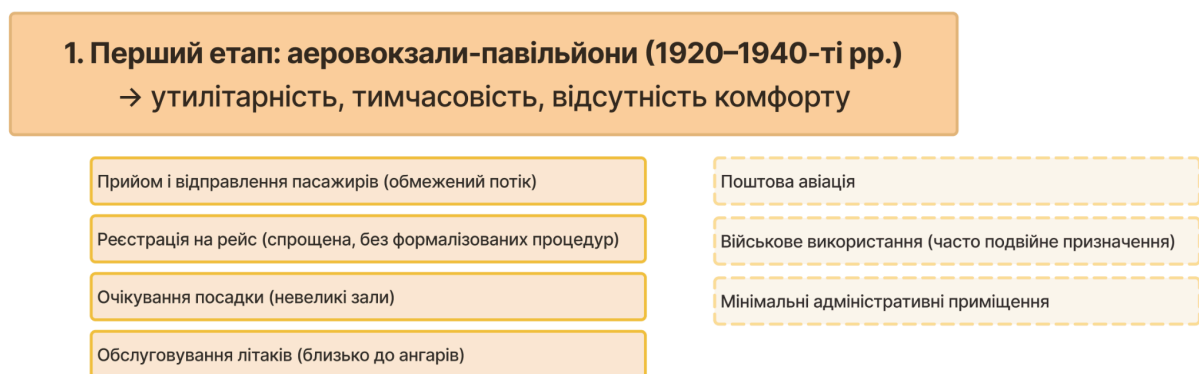


Рис.1 - Перший етап

Другий етап: розвиток пірсової та лінійної схем (1950–1970-ті рр.)

З появою реактивних літаків і стрімким зростанням пасажиропотоку архітектура терміналів у західних країнах зазнає суттєвих трансформацій. Розвиток технології посадки через телетрапи та збільшення радіусів розльоту повітряних суден приводить до формування пірсової та лінійної схем.

У США зразком цього етапу став термінал аеропорту Вашингтон Даллес (1962, арх. Ееро Саарінен). Його архітектурне рішення — гнучка хвилеподібна покрівля, підкріплена ритмом похилих колон — визначило естетику

аеровокзалу як просторово відкритої, пластично виразної структури. Саарінен вперше інтегрував архітектуру із технологічною мобільністю, закладаючи можливість розширення терміналу без руйнування композиційної цілісності.

У Європі цього періоду домінували функціональні лінійні схеми, що забезпечували раціональний рух пасажирів уздовж одного фасаду. Термінал 1 аеропорту Хітроу (1969), хоча й не мав виразної пластики, став важливим етапом розвитку технологічної послідовності обслуговування пасажирів: від check-in до посадкового пірса.

У Східній Азії компактність і щільність забудови спонукали до гнучких рішень, прикладом чого є планувальні принципи терміналу у Кай Так (Гонконг). Висока інтенсивність руху та складні умови посадки вимагали логічно організованого, економного використання внутрішніх площ, що сформувало передумови для подальших азійських мегаструктур. (Рис.2)

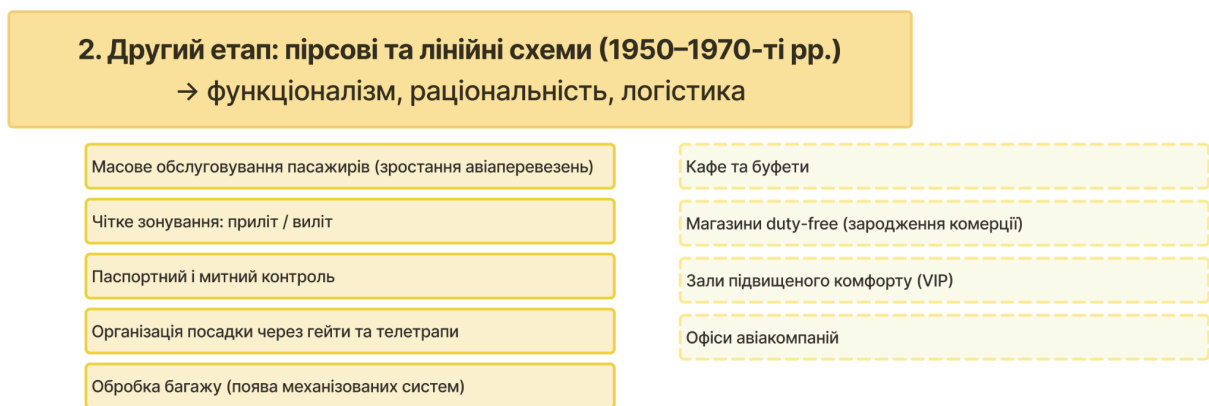


Рис.2 - Другий етап

Третій етап: “авіаційні катедрали” та образна архітектура (1970–1990-ті рр.)

Починаючи з 1970-х років архітектурне формоутворення терміналів набуває виразних естетичних рис. З розвитком нових конструктивних систем — великих сталевих ферм, просторових оболонки, клеєних дерев'яних конструкцій —

термінали стають об'єктами, здатними вміщувати простори значних прольотів без внутрішніх опор.

Одним із найвпливовіших проєктів став TWA Flight Center у Нью-Йорку (1962), де Саарінен уперше створив термінал як скульптурний архітектурний образ. Крилоподібні оболонки з монолітного бетону не тільки символізували ідею польоту, а й формували унікальний просторовий досвід для пасажирів. Цей термінал започаткував концепцію “виразної оболонки”, яка в подальшому буде активно розвиватися в Європі та Азії.

У Західній Європі інноваційні просторові рішення втілювалися у проєктах Нормана Фостера та Ренцо Піано. Зокрема, аеропорт Станстед (1991) продемонстрував принципову зміну архітектурного підходу: система колон-«дерев» з розташованими під підлогою інженерними мережами забезпечила чистоту інтер'єру, максимальну гнучкість та масштабованість.

У Східній Азії формується концепція просторових мегаструктур, втілена в таких терміналах, як Наріта (Токіо, 1978). Великі однорівневі та двохрівневі зали стали архітектурною нормою, що відповідала інтенсивності міжконтинентальних потоків і високим вимогам до ефективності. (Рис.3)

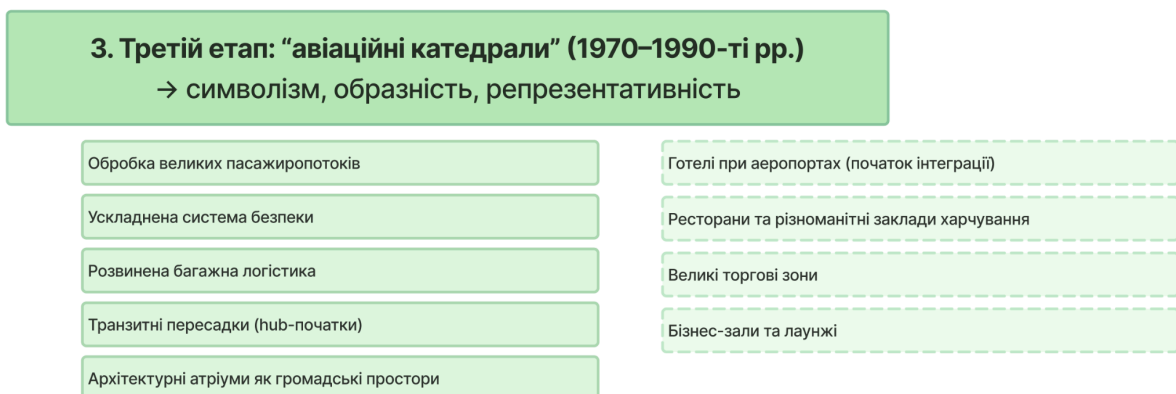


Рис.3 - Третій етап

Четвертий етап: багатофункціональні хаби та інтегровані транспортні вузли (2000–сьогодні)

Сучасний етап розвитку терміналів характеризується їхньою трансформацією у поліфункціональні транспортні вузли, які поєднують у собі авіаційні, комерційні, рекреаційні та міські функції. Архітектура терміналу перестає бути виключно інфраструктурною: вона формує ідентичність міста, виступає громадським центром і водночас високотехнологічним середовищем.

У Східній Азії цей підхід отримав найбільш послідовне втілення. Комплекси на кшталт Чангі (Сінгапур) та Інчхон (Південна Корея) демонструють концепцію “аеропорту як міського парку”: інтеграція природних елементів, велетенських атриумів, рекреаційних кластерів і торгових просторів формує нову модель пасажирського досвіду. Образність архітектури поєднується з цілковитою технологічною оптимізацією.

У Західній Європі прикладом є Термінал 5 аеропорту Хітроу (2008), де архітектура підпорядковується принципам сталості, ясної структурної логіки та активної інтеграції з громадським транспортом. Прозорість і відкритість інтер’єру забезпечуються великопролітними сталевими конструкціями та світлопрозорими фасадами.

У США потужна хвиля реконструкцій (LaGuardia, LAX, Denver International) спрямована на перетворення терміналів у високотехнологічні, клієнтоорієнтовані середовища з розвиненими сервісами, що підкреслюють регіональну ідентичність та забезпечують конкурентоспроможність американських хабів.

З даного огляду основних етапів розвитку пасажирських авіаційних хабів можемо вивести наступне узагальнення: еволюція архітектури пасажирських терміналів ґрунтується на поступовому перетворенні будівлі з

інженерно-службового об'єкта на масштабну багатофункціональну інфраструктурну систему. Досвід США демонструє впровадження експериментальних форм і новаторських просторів; Західної Європи — структурної раціональності й технологічного модернізму; Східної Азії — створення високоефективних мегаструктур та інтегрованих хабів нового покоління. Дані вектори формують збірний образ сучасного типу терміналу як відкритий, масштабований, технологічно інтегрований архітектурний об'єкт, що поєднує функції мобільності, сервісу та громадського простору. (Рис.4)



Рис.4 - Четвертий етап

1.1.2. Вплив авіаційних технологій на архітектурну типологію пасажирських терміналів

Еволюція пасажирських терміналів безпосередньо пов'язана з розвитком авіаційних технологій, які визначали технічні параметри експлуатації аеропортів та радикально змінювали архітектурну типологію та просторово-планувальну організацію термінальних комплексів. На відміну від більшості цивільних громадських будівель, архітектура аеровокзалів видозмінювалася не внаслідок традиційних містобудівних чи соціокультурних чинників, а під впливом високотехнологічних транспортних систем, що задавали особливі вимоги до конфігурації будівлі, її масштабів, структурної гнучкості та логістичних характеристик. Залежність пасажирських терміналів

від глобальних тенденцій розвитку транспортних систем зробила їх одними з найдинамічніших і найінноваційніших об'єктів сучасної архітектури.

Першим і найсуттєвішим фактором трансформацій типологічної складової архітектури аеровокзалів стала зміна габаритів, місткості та експлуатаційних характеристик літаків. Перехід від поршневих літаків 1930–40-х років до великих реактивних лайнерів після 1958 року призвів до принципового перегляду архітектурних рішень терміналів. У той час як перші аеровокзали проєктувалися як малі павільйони, орієнтовані на візуальну доступність ВПС і невеликий потік пасажирів, прихід авіалайнерів Boeing 707, а згодом широкофюзеляжних Boeing 747, McDonnell Douglas DC-10, Airbus A300 спричинив суттєве збільшення пропускної здатності та необхідність ускладнення організації потоків.

Для архітектури цей процес означав перехід від компактних будівель до масштабних термінальних «платформ», де домінували два принципи:

1. розділення функцій і потоків (відправлення — прибуття, внутрішні — міжнародні перельоти);
2. просторова дистанція між будівлею і пероном, необхідна для маневрування великих суден.

Розвиток широкофюзеляжної авіації спричинив виникнення нових конструктивних та композиційних інструментів:

- багатопролітні простори, які дозволяли розміщення великих залів очікування;
- гнучкі планувальні схеми, розраховані на численні гейти;
- інженерні системи високої пропускної здатності (багажні каруселі, автоматизовані системи сортування, комплексні системи вентиляції та електропостачання).

Дані технологічні трансформації в системах авіації спричинили необхідність впровадження аеронавігаційних радіусів, зон безпеки, рівня шуму, відстані руління літаків та конфігурації перонів до ключових аспектів архітектурно-просторового планування. Це сформувало новий тип будівлі — термінал як інфраструктурна мегаструктура, де архітектура працює в синергії з технологіями авіаперевезень.

Розвиток технологій наземного обслуговування (Ground Handling) здійснив суттєвий вплив на архітектуру терміналів: з появою аеромостів у 1960-х роках змінилася сама логіка взаємодії між будівлею і літаком. У ранніх павільйонах пасажери виходили на перон пішки та піднімалися на борт по зовнішніх трапах. Впровадження телескопічних рукавів спричинило необхідність формування пірсових структур, які забезпечували підведення пасажирських потоків без порушення периметра безпеки.

Пірсові термінали (pier terminal) стали ключовим типологічним рішенням в аеропортах США та Західної Європи, зокрема у Даллас-Форт-Уорт, Чикаго О'Хара, Лондон-Хітроу, Амстердам-Схіпгол. Їхня архітектура базувалася на модульності та повторюваності конструкцій, що дозволяло ефективно розширювати або реконструювати пірси залежно від зміни потреб перевізників.

Паралельно розвивались технології міжтермінальних перевезень (APM – automated people mover). Вони визначили появу кампусних терміналів, де різні будівлі об'єднані транспортною системою. Приклади — аеропорт Денвер (США), Франкфурт-на-Майні (Німеччина), Сінгапур Чангі.

Для архітекторів це означало перехід від «однокорпусного» мислення до системного проєктування, де термінал є частиною багаторівневого транспортного вузла. Взаємодія автомобільних, залізничних, метро- та внутрішніх транспортних систем породила багатоярусну організацію будівлі, що стала типовою для терміналів 1990-х – 2020-х років.

Поява електронних систем реєстрації, біометричного контролю та безконтактних технологій також деформувала архітектурні вимоги до внутрішніх просторів. Простори реєстрації стали меншими та більш гнучкими, частина функцій перемістилася у віртуальну сферу. Це призвело до появи нового архітектурного принципу — відкритого трансформованого холу, де зони можуть змінюватися відповідно до потоків.

Розвиток систем сортування багажу (high-speed BHS) та скринінгу (CT-scanners, inline screening) дав змогу перенести технічні процеси у підземні рівні, що дозволило створювати «чисті», безперервні пасажирські простори на верхніх рівнях.

Сучасні термінали Східної Азії — Сеул Інчхон, Гонконг Чеклапкок, Пекін Daxing — демонструють архітектурну тенденцію до максимальної інтеграції технологій у структурну сітку будівлі, де інженерні системи не просто доповнюють архітектуру, а стають фундаментальним елементом її формоутворення.

Технологічні зміни спричинили появу нових конструктивних систем, які дозволили архітекторам формувати безколонні простори прольотом 60–120 м. Термінали змогли забезпечувати потоки десятків тисяч пасажирів на годину без зональних бар'єрів.

Особливе значення мали сталеві та сталезалізобетонні каркаси, просторові ферми та монолітні самонесні оболонки, натяжні покрівельні системи, високопродуктивні композитні матеріали. Ці конструктивні рішення дали змогу переходити від «коридорної» моделі до інтер'єрного громадського атриуму, що став символом терміналів XXI століття.

Сумарно вплив авіаційних технологій спричинив появу нового типу архітектури — технологічно детермінованої, масштабної, інфраструктурної та одночасно

образної, де архітектура стала матеріалізацією логістичних та інженерних процесів.

1.1.3. Формування концепції “аеровокзалу як міських воріт”

Паралельно з технологічним розвитком відбувалася докорінна зміна у сприйнятті терміналу аеропорту як публічного простору. Якщо ранні термінали виконували переважно транспортну функцію, то із середини ХХ століття зростає роль аеропорту як об’єкта репрезентації міста та його соціокультурної ідентичності. Поступово формується концепція “аеровокзал як міські ворота” — рольова модель, згідно з якою термінал стає першою та останньою точкою контакту пасажера з містом, відображаючи його архітектурні, економічні та культурні особливості.

Вже у 1960-х роках, з появою іконічних терміналів, таких як TWA Flight Center у Нью-Йорку, аеропорти починають виконувати функцію репрезентативних споруд. Їхня архітектура перестає бути утилітарною; натомість вона набуває емоційно-образної виразності, орієнтованої на формування візуального образу міста в уяві пасажера.

У цей період архітектори починають розглядати аеропорт як культурно-семантичний об’єкт, де виразність форм, композиційна логіка та матеріальність фасадів виконують роль своєрідної «візитівки» міського середовища. Приклади:

- аеропорт Орлі (Франція), модерністичний символ Парижа 1960-х;
- аеропорт Даллас (США), монументальний жест американського модернізму;
- аеропорт Ганеда (Японія), де виразність інтер’єру була пов’язана з японською традицією відкритого простору.

Таким чином архітектура почала виконувати функцію ідентичнісного маркера, що транслює імідж міста у світовий простір.

У другій половині ХХ ст. аеропорти швидко перетворюються на складні агломераційні структури, що поєднують бізнес, логістику, транспорт та рекреацію. У Європі формується концепція aerotropolis — міста, що розвивається навколо аеропорту як ядра економічної активності.

У термінальних комплексах з'являються:

- торговельні центри;
- конференц-зали;
- готелі;
- офісні зони;
- медіацентри і коворкінги.

Архітектура терміналу у такий спосіб виходить за межі транспортної функції і формує гібридний громадський простір, співмірний із міськими площами чи великими культурними центрами. Термінал стає частиною міської публічної інфраструктури, що змінює принципи його планування: зростає роль атриумів та внутрішніх площ як місць соціальної взаємодії, збільшується глибина “чистих” і “змішаних” просторів, формується внутрішня горизонтальна магістраль, що нагадує міську вулицю.

Приклади:

- Jewel у Сінгапурі як “міський парк під дахом” (Рис.5);
- новий Термінал 5 у Лондон-Хітроу з великою відкритою площею;
- Мюнхенський термінал з напіввідкритою еспланадою між Т1 та Т2.



Рис.5 - Аеропорт Jewel Changi, Сінгапур

У ХХІ столітті термінали стають об'єктами авторської архітектури світового рівня, як в творчості Захи Хадід, Нормана Фостера, Сантьяго Калатрави. Відбувається зсув від стандартизованих схем до скульптурних, виразних оболонкових структур, які підкреслюють унікальність міста. [21]

До архітектурних особливостей сучасних «воріт міста» відносяться безперервні криволінійні дахи як метафора руху (Пекін Daxing), прозорі фасади як символ відкритості (Цюрих, Станстед), структурно-виразні ферми та легкі сталеві системи (Гонконг Чеклапкок), інтер'єр як публічний ландшафт (Сінгапур Чангі).

У цих проєктах архітектура працює не лише як оболонка, але як наратив, що створює відчуття місця (*genius loci*) та формує перше враження про місто.

У концепції “міських воріт” важливою стає не лише естетика, а й сценарій перебування. Архітектори розглядають термінал як місце, де пасажир знаходиться значний час, тому експлуатований простір проєктується з метою забезпечення комфорту.

Даний підхід призвів до впровадження мультисенсорних просторів (світло, зелень, вода, акустика), моделей “walk-through experience”, де пасажир проходить крізь єдине середовище різного призначення, концепції “well-being аеровокзалу”, спрямованої на зменшення стресу тощо.

Просторова організація терміналів ХХІ століття тяжіє до природності, плавності та безперервності — як у публічних будівлях (музеях, культурних центрах). Термінал перестає бути коридором і стає простором зустрічі міста та громадянина, підтверджуючи свою роль "воріт".

На глобальному рівні архітектура терміналів виконує стратегічну функцію — впливає на економічну привабливість міста та регіону. Окрім транзитності простору, аеропорти Сінгапуру, Дохи, Гонконгу, Стамбула, Цюриха створюють ціннісну естетику, що формує позитивне уявлення про країну. (Рис.5)



Рис.6 - Міжнародний аеропорт Хамад, Доха

Термінали перетворюються на точки перетину глобальних потоків, де архітектура відіграє роль комунікативного та репутаційного інструмента.

Таким чином концепція "аеровокзалу як міських воріт" стала ключовою парадигмою архітектури аеропортів, що визначає їхню функцію, образність, просторову організацію та стратегічне значення у глобальному містобудівному контексті.

1.2. Типологія архітектурно-планувальних рішень сучасних аеропортів

1.2.1. Лінійні, пірсові, сателітні, компактні, модульні схеми

Типологія пасажирських терміналів є базовою основою для формування їх архітектурно-просторової організації, визначаючи структуру руху пасажирів, взаємодію основних функціональних зон і можливості подальшої трансформації. Розвиток термінальних типів зумовлений як технологічними чинниками (впровадження телескопічних трапів, автоматизованих систем контролю, багаторівневого розділення потоків), так і архітектурними та конструктивними новаціями, що забезпечують великі пролітні простори, гнучкість планування і адаптивну модульність. [6]

Лінійна (фронтальна) модель — одна з найстаріших та водночас найстійкіших типологічних моделей. Авіаційні функції в ній організовані уздовж протяжного фасаду, орієнтованого на перон. Такий тип забезпечує просту логіку руху: входи, реєстрація, контроль та вихід до літаків розташовуються уздовж однієї лінії.

У США лінійні схеми характерні для ранніх терміналів Лос-Анджелеського аеропорту (LAX), де початкова протяжна забудова дозволяла поступове нарощування об'єму через сегментне добудовування. У Західній Європі лінійна модель отримала широке поширення у 1960–1970-х рр. завдяки раціональності та простоті зведення — прикладом є ранні термінали Хітроу. Архітектурно такі

термінали характеризуються повторюваними осередками, уніфікованою структурною сіткою та обмеженими можливостями формування великих атріальних просторів.

Перевагою лінійної схеми є прозорість функцій і високий рівень орієнтації, проте недоліком є складність масштабування та збільшення відстаней між гейтами при розширенні.

Показовий зразок лінійної моделі - Darwin International Airport (DRW) в Австралії. (Рис.6)



Рис.7 - Лінійна модель на прикладі схеми аеропорту Darwin International Airport (DRW) в Австралії

Пірсова, або «рукавна» модель передбачає наявність центральної будівлі — ядра, від якої відходять один або кілька пірсів (рукавів, *finger pier*). Ця типологія сформувалась у відповідь на необхідність збільшення кількості стоянок для літаків без надмірного подовження основної будівлі.

Хрестоматійним прикладом сучасного пірсового планування є термінали аеропорту Амстердам-Схіпхол, де пірсова модель набула багатопроменевої конфігурації, забезпечуючи мінімізацію горизонтальних переміщень пасажирів. У США пірсові схеми стали основою для реконструкцій великих хабів — зокрема, у Денверському міжнародному аеропорту пірси розташовані як автономні павільйони, пов'язані транспортними системами.

Пірсова типологія відзначається високою щільністю гейтів та можливістю нарощування через додавання нових «променів». У архітектурному плані вона дозволяє формувати виразні інтер'єрні простори, концентруючи вертикальні комунікації у вузлах між основою та пірсом. (Рис.8)



Рис.8 - Пірсова модель на прикладі схеми аеропорту Амстердам-Схіпхол

Пальцова (мультипірсова) модель та концепція «мікро-хабів» - є розвитком пірсової, характеризуючись багатьма відгалуженнями, що створюють розгалужену мережу посадкових зон. Найяскравіше ця модель реалізована у великих західноєвропейських і азійських хабах, як-от у Франкфуртському аеропорту або Терміналі 2Е аеропорту Париж–Шарль-де-Голль.

У Східній Азії мультипірсові схеми стали основою для мегаструктур, де пірси організовані у регулярну сітку з повною автоматизацією руху багажу й пасажирів. Такі схеми дозволяють створювати масштабні атріуми в центральних зонах з природним освітленням, забезпечуючи високий рівень комфортності. (Рис.9)

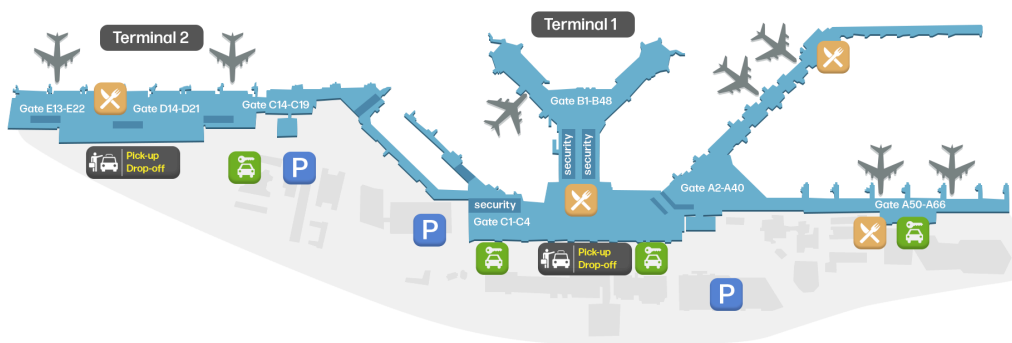


Рис.9 - Пальцова/Мультипірсова модель на прикладі схеми аеропорту у м. Франкфурт (FRA)

Периметральна та «кільцева» модель передбачає організацію гейтів по периметру будівлі або комплексу з радіальним розподілом потоків. Приклад — старі й нові термінали аеропорту Даллас-Форт-Ворт (DFW), де кільцева типологія забезпечує короткі шляхи до літаків і зручну взаємодію з внутрішньоаеропортовим транспортом.

У архітектурному відношенні такі термінали дозволяють формувати центральні громадські ядра — атріуми, площі, внутрішні бульвари — що стають образотворчими домінантами аеропортових інтер'єрів. (Рис.10)

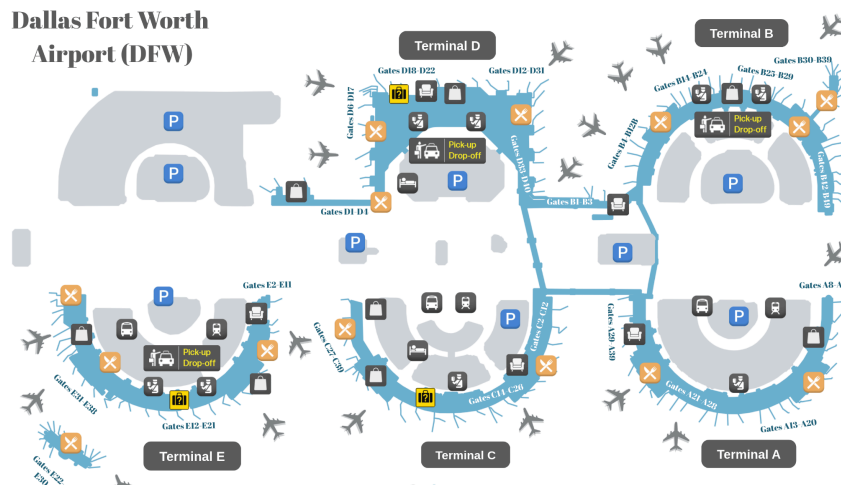


Рис.10 - Кільцева модель на прикладі схеми аеропорту Даллас-Форт-Ворт (DFW)

Мегаструктури та гібридні типології XXI століття — З початку XXI століття у Східній Азії сформувалася нова типологія — термінал-мегаструктура, яка є поєднанням лінійної, пірсової та кільцевої моделей. Найбільш виразні приклади — Пекін Daxing та Інчхон (нові термінали). Їхня архітектура характеризується централізованими просторами, розгалуженою мережею «пальців» та використанням великопролітних просторових конструкцій.

У таких терміналах модульність конструктивної сітки поєднується з високою пластикою покрівлі, що виконує роль композиційного ідентифікатора. Таким чином, типологія перетворюється на гнучку матрицю, придатну для поетапного розширення без втрати архітектурної цілісності.

Архітектурно-планувальна схема пасажирського терміналу є одним із визначальних чинників його фактичної та прогнозованої пропускної здатності. У сучасній практиці проектування виділяють три базові морфологічні типи термінальних структур — лінійну, пірсову (finger pier) та конкорсну (централізовану) схему, кожна з яких має власні обмеження масштабування, особливості розвитку та просторові закономірності, що формують ефективність функціонування комплексу. Порівняння цих схем дозволяє оцінити їх

придатність у контексті зростання пасажиропотоку, оптимізації потоків та забезпечення операційної гнучкості. [6]

Лінійна схема

Лінійна схема, що історично сформувалась як одна з базових, характеризується поєднанням фасадної лінії терміналу з пероном, де траса руху пасажирів розгортається вздовж витягнутого корпусу. Основною перевагою такої конфігурації є короткість та передбачуваність горизонтальних переміщень, що значно полегшує орієнтацію і зменшує необхідність у надскладних навігаційних системах. Лінійні термінали демонструють високу ефективність при середніх потоках і рівномірному розподілі рейсів протягом доби, оскільки кожна функціональна зона — реєстрація, контроль безпеки, зона очікування — може бути масштабована уздовж фасаду.

Однак основним недоліком є обмеження пропускнуєї здатності за рахунок зростання довжини корпусу. Надмірне видовження будівлі збільшує відстані між функціями, що створює додаткове навантаження на транспортувальні системи та погіршує ергономіку руху пасажирів. З точки зору експлуатаційної логістики, лінійна схема при надмірному зростанні перетворюється на «коридорну» структуру з низькою компактністю, що негативно впливає на швидкість обслуговування та здатність до реалізації складної комерційної програми. Саме тому сучасні великі хаби рідко використовують лінійну схему як основну, хоча вона залишається ефективною для регіональних та середніх аеропортів.

Пірсова схема (finger pier) — даний тип виник як відповідь на збільшення кількості стоянок для повітряних суден та необхідності підвести максимально можливу кількість гейтів до одного центрального ядра. Головна перевага цього типу — високий ступінь раціонального використання периметру перону, адже додавання нових пірсів підвищує кількість стоянок без суттєвого збільшення

довжини головного корпусу. У контексті пропускної здатності така схема забезпечує чітке зонування та потенціал для етапного розвитку.

Недоліком є збільшення горизонтальних переміщень пасажирів — особливо в транзитних вузлах, де пасажирів змушені проходити значні відстані від пірса до пірса через центральний хол. У випадку великих хабів це породжує потребу у додаткових внутрішніх транспортних рішеннях — від конвеєрних доріжок до автоматизованих підземних шатлів. Крім того, збільшення кількості пірсів чинить тиск на центральне ядро, яке має обмежену пропускну здатність зон реєстрації, контролю та видачі багажу. Таким чином, пірсінгова схема вирізняється високою місткістю, але обмеженою гнучкістю масштабування центральної частини терміналу.

Конкорсна (централізована) схема — базується на створенні центрального процесингового ядра, до якого під'єднуються один або кілька конкорсів, що забезпечують гейт-обслуговування. Головна перевага — це оптимальний баланс між компактністю та масштабованістю, що робить схему домінуючою для великих міжнародних вузлів. Концентрація ключових операцій (реєстрації, контролю, багажних приміщень) у центральному блоці створює умови для ефективного розподілу потоків, а додавання нових конкорсів дозволяє збільшувати пропускну здатність без критичної перебудови ядра.

Водночас така схема залежить від високопродуктивної системи горизонтального і вертикального транспорту, оскільки пасажирів необхідно переміщуватися від централізованих сервісних зон до різних конкорсів. Основним недоліком є складність організації потоків у пікові години: концентрація пасажирів у центральному блоці може створювати зони перенавантаження, що потребує точного моделювання потоків і продуманих рішень інтерфейсів між блоками. Архітектурно такі термінали часто складніші й дорожчі у спорудженні, але їхня

ефективність у довгостроковій перспективі залишається найвищою серед усіх схем.

Порівняльний висновок

Різні схеми демонструють різну архітектурно-типологічну ефективність.

Лінійна схема оптимальна для аеропортів малої та середньої місткості, де важлива компактність та простота орієнтації.

Пірсова забезпечує добрий баланс між кількістю гейтів і використанням площі, але страждає від великих відстаней і навантаження на центральне ядро.

Конкорсна є найбільш адаптивною для великих хабів, дозволяючи масштабувати інфраструктуру без порушення загальної архітектурної логіки.

У міру зростання пасажиропотоку архітектурна ефективність визначається не лише морфологією терміналу, але й здатністю типології інтегрувати нові функції, транспортні системи та високотехнологічні рішення без втрати структурної цілісності. [6] (Рис.11)

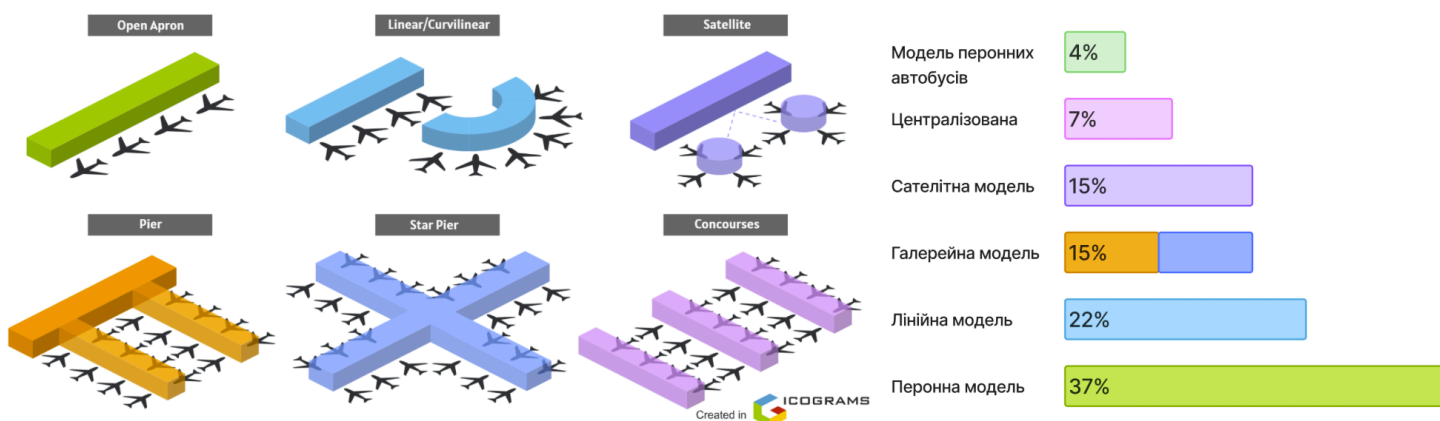


Рис.11 - Порівняльний висновок найпоширеніших схем просторового формоутворення та розташування пасажирських п'єрів та відсоток їхнього використання; Галерейна, Лінійна/Кільцева, Сателітна, Пірсова, Конкорсна

1.2.3. Трансформація функцій терміналу в умовах зростання пасажиропотоку

Архітектура пасажирського терміналу є динамічною системою, яка піддається трансформації відповідно до еволюції авіаційних технологій, змін у структурі пасажирів, нормативних вимог, а також зростання обсягів авіаперевезень. Збільшення пасажиропотоку не лише спричиняє необхідність розширення фізичних площ, а й докорінно змінює функціональну програму, просторову типологію, логіку зонування та архітектурно-конструктивну організацію терміналу.

Історично термінали виконували переважно транспортну функцію — забезпечення проходження пасажирів від входу до літака. Проте зростання пасажиропотоку, урбанізація та економічний вплив авіації спричинили глибоку зміну концепції. У сучасних хабах термінал функціонує радше як міський центр, інтегрований із комерційними площами, офісами, готелями, транспортними розв'язками та навіть громадськими просторами. У таких структурах межа між "міським" і "аеропортовим" простором стає умовною, а архітектурна типологія тяжіє до багатопланових композицій, де вертикальне зонування дозволяє оптимізувати розподіл потоків.

Зростання пасажиропотоку стало каталізатором розвитку великих атриумів, централізованих комерційних просторів та просторових систем, орієнтованих на максимізацію затримки пасажирів в зоні "landside-retail". Естетичний аспект також зазнав змін: термінали будуються як іконічні структури, що формують імідж держави й міста, а також покликані забезпечити психологічний комфорт при значних обсягах руху.

Збільшення пасажиропотоку та ускладнення авіаційної інфраструктури призвели до радикальної трансформації зон безпеки, які з простих контрольних пунктів перетворилися на складні архітектурно-технологічні комплекси. Сучасні термінали повинні забезпечувати гнучкість розташування пунктів контролю, модульність їх розширення та можливість інтеграції нових сканувальних систем.

Ця логіка безпосередньо впливає на архітектуру: відкриті простори потребують можливості швидкої реконфігурації, використання великих колонних кроків, адаптивних навісних конструкцій та технічних підпіл для розміщення обладнання. У терміналах із високим пасажиропотоком зони безпеки розташовані за принципом "розгалуження", коли після централізованої перевірки пасажирів потрапляють у різні конкорси або пірси через кілька розподільчих осей.

Багажні системи є однією з найбільш ресурсноємних складових терміналу. Збільшення пропускної здатності вимагає переходу від двовимірного планування до тривимірної організації, яка включає багаторівневі конвеєри, автоматичні сортувальні системи та підземні тунелі швидкісного транспортування багажу. У будівлях нового покоління багажні зали інтегровані у структурний каркас, що дозволяє проводити розширення без істотної перебудови надземних об'єктів.

У міру збільшення пасажиропотоку термінали стали розглядатися як важливий елемент приватної економіки аеропорту. Це стимулювало формування комерційних "серцевин", які за своєю архітектурною складністю можуть прирівнюватися до торговельно-розважальних центрів. Просторова організація зони duty-free перетворилася на центральний інструмент управління пасажирськими потоками — так звана "force-flow architecture", що спрямовує пасажирів через комерційні площі, не порушуючи логіки основного маршруту.

Збільшення обсягів руху потребує мульти-рівневих транспортних рішень: інтеграції залізниці, метрополітену, автобусних платформ і таксі у єдину систему. Архітектура терміналу в таких умовах тяжіє до поліцентричності, де кожний транспортний інтерфейс має власний вхід-ядро, поєднане з основною структурою через вертикальні атріуми, підвісні переходи або підземні коридори. Зростання пасажиропотоку стимулює також розвиток автономних транспортних систем — АРМ (Automated People Mover), що створюють додатковий рівень внутрішньої мобільності й впливають на морфологію комплексу. (Рис.12)

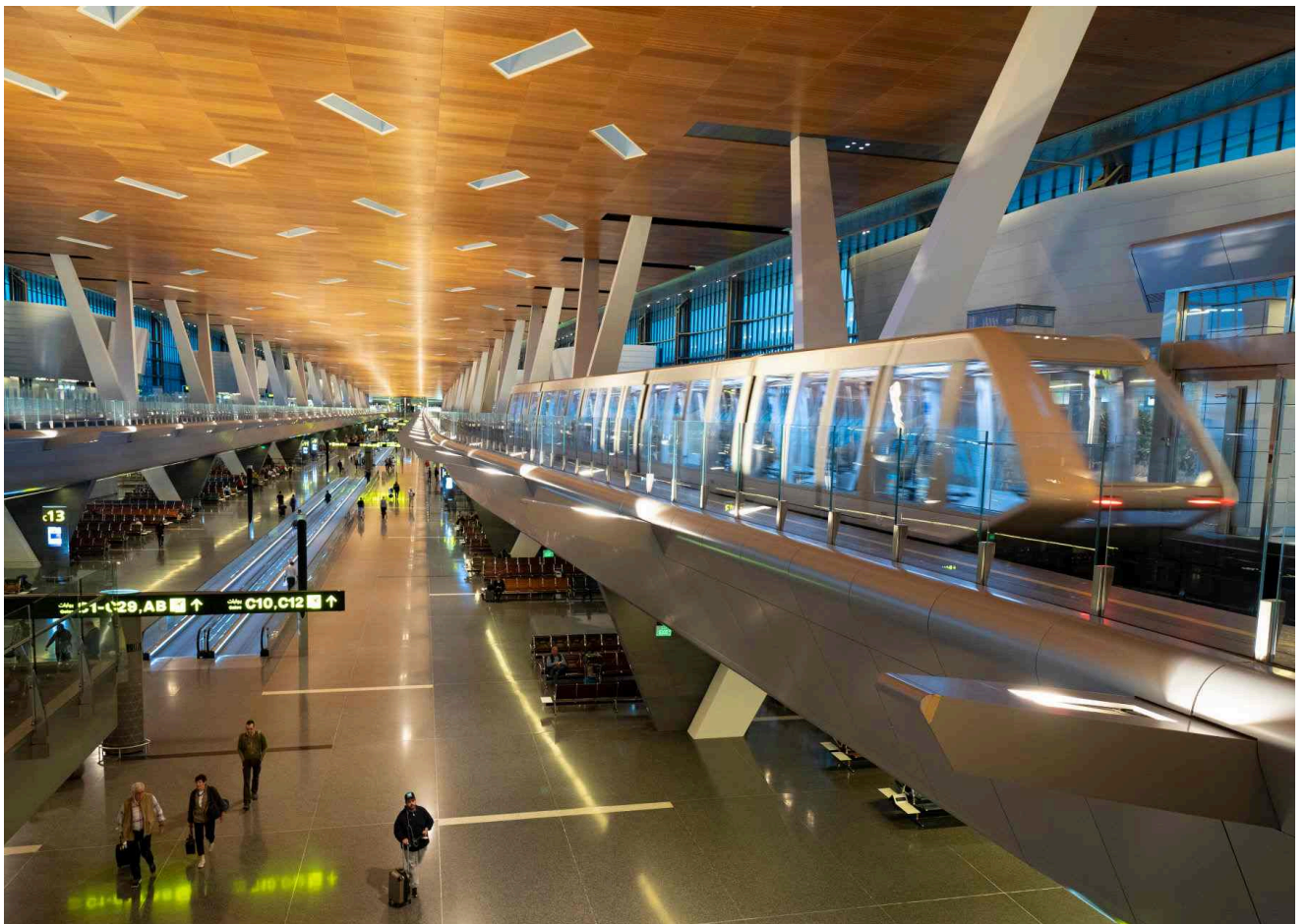


Рис.13 - Транзитна система АРМ (Automated People Mover) всередині терміналу аеропорту, що може поєднувати транспортні вузли та інші термінали між собою

1.3. Зарубіжний досвід формування пасажирських терміналів

1.3.1. Приклади видатних сучасних аеропортів (Сінгапур Чангі, Стамбул, Ханеда, Цюрих)

Архітектура провідних аеропортів світу репрезентує найвищий рівень розвитку сучасного термінального проектування, демонструючи синтез інженерної раціональності, урбаністичної логіки та просторової естетики. Кожен із зазначених аеропортів — Сінгапур Чангі, Стамбул, Токіо Ханеда та Цюрих — формує власну модель типологічного розвитку, що впливає на подальшу еволюцію міжнародної практики проектування аеровокзальних комплексів.

Сінгапур Чангі (Changi Airport) — посідає унікальне місце в архітектурній типології аеропортів, оскільки став піонером у концепції «аеропорт як простір переживань» (experience-based architecture). Архітектурна структура Чангі характеризується багатоярусністю, інтеграцією природних ландшафтів і широким використанням природного освітлення, що забезпечує зменшення психологічного навантаження на пасажирів при великих потоках. Термінали T1–T4 демонструють високий рівень композиційної злагодженості, де ключовими елементами є центральні атріуми з садами, водоспадом та відкритими просторами, що працюють як «легкі ядра».

Термінал Jewel Changi, відкритий у 2019 році, радикально розширює уявлення про аеропорт як інфраструктурний об'єкт, перетворюючи його на урбаністичний гібрид між торговельно-культурним центром і природним парком. Сферична скляна оболонка, спроектована Safdie Architects, поєднує природне освітлення, біофільні рішення та високу інженерну складність. Структура Jewel фактично стала новою тенденцією у світовій аеропортовій архітектурі, де інтеграція природи стає невід'ємною частиною просторової організації. (Рис.13)

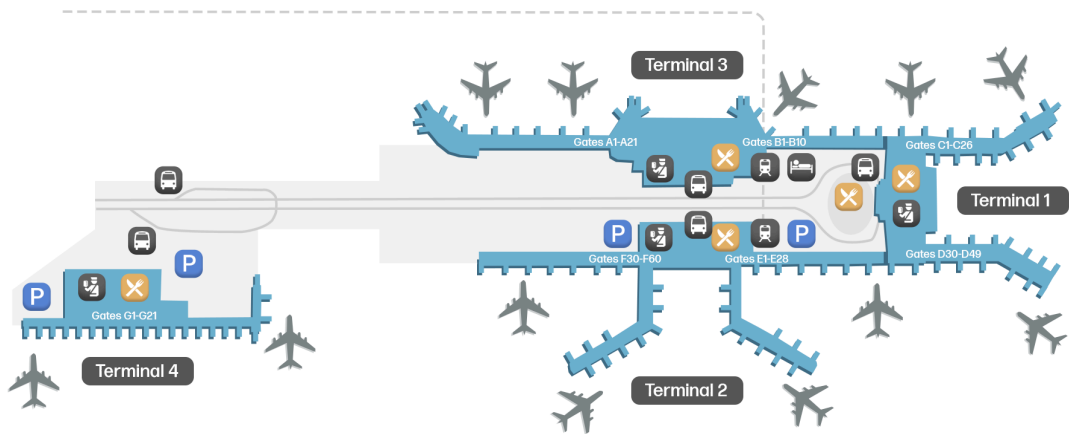


Рис.13 - Схема планування аеропорту Jewel Changi, Сингапур

Стамбульський аеропорт (Istanbul Airport) — є одним із найбільших аеровокзальних комплексів у світі, що демонструє масштабування концепції централізованого хабу до геометричних та функціональних меж, які раніше вважалися надмірними. Його архітектура, створена консорціумом Grimshaw, НОК та інших партнерів, демонструє типологію «мегаконкорсу», у якому просторове ядро формують великі зали, об'єднані під безперервним, візуально монолітним дахом.

Одним з ключових архітектурних принципів є «метрична ритмічність» — повторення великих арочних структур, що створює впорядковану симетрію та дозволяє масштабувати будівлю шляхом модульного додавання нових сегментів. Пропускна здатність понад 90 млн пасажирів на рік реалізується завдяки ефективно організованим потокам та розподіленим зонам контролю, інтегрованим у широку центральну осьову композицію. (Рис.14)

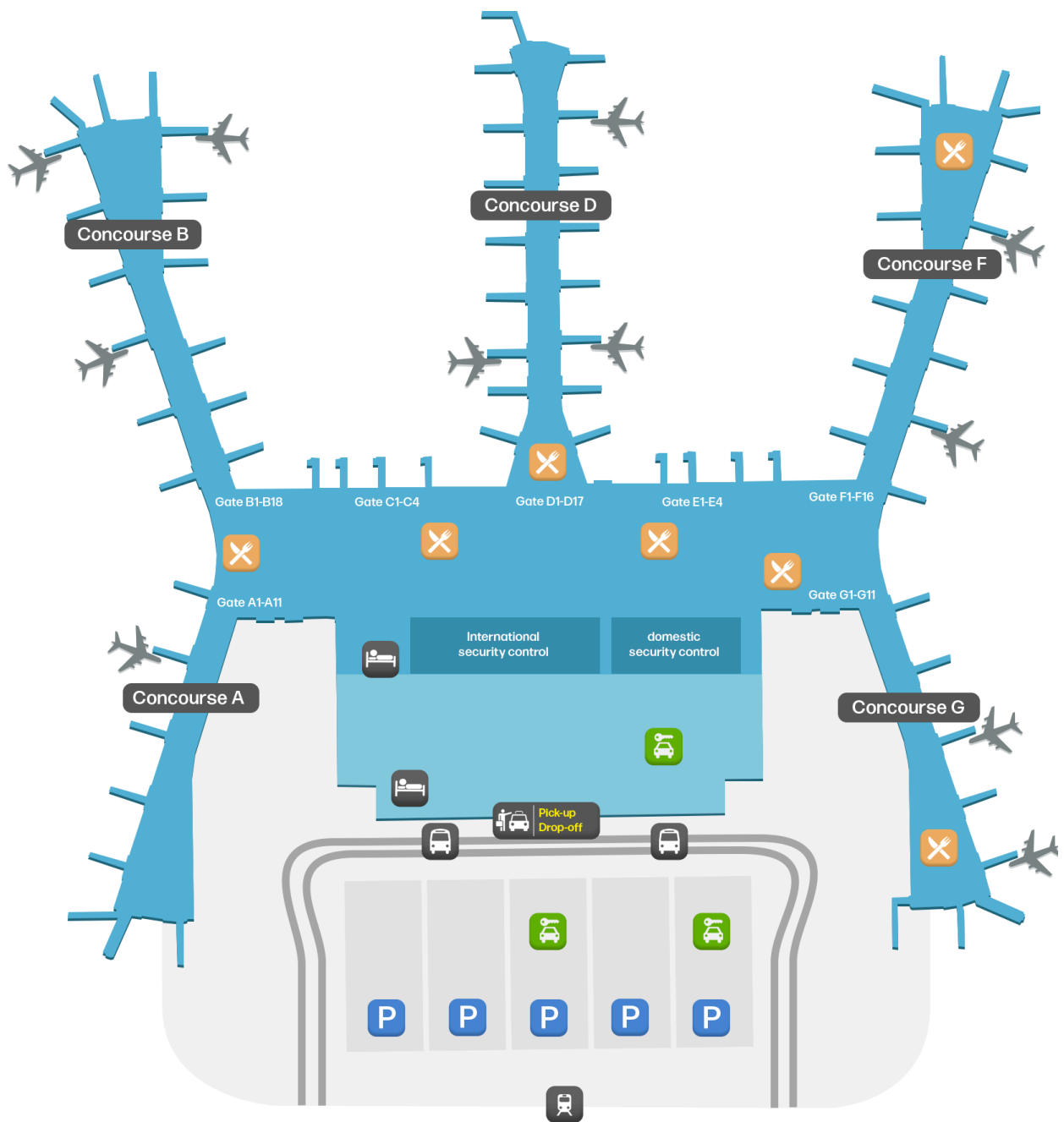


Рис.14 - Схема планування аеропорту Jewel Changi, Сингапур

Токіо Ханеда (Haneda Airport, Tokyo) — є зразком японського архітектурного мінімалізму, адаптивності та високотехнологічності. Термінали Ханеди проєктувалися з акцентом на надзвичайну компактність планувальних рішень, що зумовлено обмеженими земельними ресурсами. Архітектурна структура

характеризується глибокою інтеграцією вертикальних потоків, де функції розподілені по рівнях із майже лабораторною точністю.

Однією з характерних особливостей Ханеди є надвисока ефективність транзитних та транспортних інтерфейсів: залізничні станції інтегровані безпосередньо в структуру терміналів, а посадкові галереї мінімізовані за довжиною завдяки компактному розташуванню пірсів. Природне освітлення використовується вивірено, без надмірності, з чітким контролем розсіювання світла, що є характерною рисою японського підходу до архітектурної атмосфери. (Рис.15)



Рис.15 - Схема планування аеропорту Ханеда, Токіо

Аеропорт Цюриха (Zurich Airport) — вважається взірцем «європейської раціональної модерності», де архітектура підпорядкована принципам технологічної прозорості, логічності та вимірності. Проєктів Foster and Partners та інших європейських бюро, що брали участь у різних етапах розширення,

відзначається композиційною чистотою, широкими оглядовими просторами та переважанням природного світла.

Цюрих застосовує концепцію «аеропорту як громадського простору», що реалізується через велику пішохідну площу Airside Center та інтегровану транспортну інфраструктуру. Важливим елементом є компактна система автоматизованого потяга Skymetro, що пов’язує функціональні зони на основі принципу «міської підземки», інтегрованої в аеровокзальний комплекс. (Рис.16)



Рис.16 - Схема планування аеропорту Цюрих, Швейцарія

1.3.2. Концепції “великих дахів”, “прозорих оболонки” та інтеграції природи

Сучасна архітектура аеропортів дедалі більше звертається до образу «великого даху» — єдиної оболонки, що охоплює центральні простори терміналу,

створюючи масштабний, архітектурно значущий, але водночас функціонально адаптивний інтер'єр. Ця концепція має не лише естетичну цінність, але й технологічну та операційну значущість.

«Великий дах» працює як об'єднавчий архітектурний елемент, який дозволяє інтегрувати різноманітні функції в одному безперервному просторі. У структурній логіці це часто реалізується у формі модульних металевих решітчастих систем, довгопролітних просторових ферм, гібридних сталезалізобетонних риштувань та композитних оболонок зі змінною кривиною.

Великі дахи виступають «артерійними» структурами: у них інтегрується система вентиляції, освітлення, протипожежні інженерні компоненти, акустичні поглиначі та енергогенерувальні елементи (наприклад, сонячні панелі, світлопропускні фотоелектричні модулі).

Прикладом радикального застосування концепції є дах Терміналу в Стамбулі — колосальна перфорована структура, що формує ритмічний ландшафт внутрішнього простору.

«Прозорі оболонки» — це еволюція модерністської ідеї «скляного палацу», але у високотехнологічному виконанні. Скляні фасади та покриття виконують не лише естетичну функцію — вони стають елементами кліматичної регуляції, акустичної оптимізації та створення психологічного комфорту пасажирів.

Архітектори використовують прозорі оболонки для формування візуальної безперервності між інтер'єром та пероном, збільшення проникнення денного світла, створення «легкості» великих об'ємів та забезпечення орієнтаційної інтуїтивності.

Видатним прикладом є Jewel Changi — подвійна скляна оболонка складної геометрії, що працює як «кліматичний фільтр», а також T3 у Нью-Делі або новий T2 у Гельсінкі, де прозорість стала ключовою концепцією.

Біофільний дизайн став одним із ключових факторів сучасної аеропортової архітектури. Інтеграція природи не є декоративною функцією — вона виконує роль кліматичного буфера, акустичного амортизатора, елемента просторової навігації та психологічного стабілізатора при стресі мандрівки.

Концепція «аеропорт як сад» стала особливо популярною у Східній Азії (Сінгапур, Сеул, Тайбей), але поширюється і у Європі, де екологічні стандарти стимулюють створення «зелених серцевин» у великих інтер'єрах.

Біофільні системи включають внутрішні ліси, зелені стіни, водоспади та водні панелі, ботанічні сади, острівні композиції з деревами у залах очікувань тощо.

1.3.3. Роль сталих технологій і цифрових сервісів у формуванні архітектури

Сучасні аеропорти формуються як складні енергетичні та інформаційні системи. Архітектурна типологія вже неможлива без інтеграції принципів сталості та цифрового управління потоками. Це створює новий підхід до проєктування, де будівля працює як «живий інфраструктурний організм».

Сталий розвиток визначає архітектурні рішення терміналів у трьох вимірах:

Енергетична автономність — фотоелектрика, сонячні фасади, геотермальні системи.

Кліматична регуляція — дахові вентиляційні схеми, зелена ізоляція, «мікрокліматичні атріуми». Скорочення CO₂-викидів — заміна дизельних систем на електричні, використання екологічних матеріалів.

Прикладом є аеропорт Осло-Гардермуен, один з найбільш сталих у світі, та нові термінали в Гельсінкі й Відні. (Рис.17)



Рис.17 - Сталий та екологічний аеропорт Осло-Гардермуен

Цифрові сервіси та трансформація архітектурного простору

Цифровізація змінює і функціональну, і архітектурну логіку терміналів. Вона впливає на зменшення площ реєстрації через self-check-in та автоматичні відправки багажу, оптимізацію зон безпеки через біометричні коридори, зменшення «пляшкових горлечок» завдяки алгоритмічному управлінню потоками, появу нових просторів, таких як технологічні лобі, цифрові зали, bio-pass коридори.

У результаті архітектура терміналу стає більш відкритою, гнучкою, менш залежною від важких стаціонарних структур.

У найбільш прогресивних аеропортах будівля фактично перетворюється на «фізичний інтерфейс цифрового середовища». Цей феномен прослідковується в інтеграції сенсорних мереж у конструктивні елементи, системах прогнозування пасажирських потоків, адаптивному освітленні, цифрових фасадах, «розумних» транспортних інтерфейсах, динамічних зонуваннях, що змінюються залежно від добового навантаження тощо.

Такі рішення стають ключем до формування нової типології «аеропорту-екосистеми».

Висновки до Розділу 1

Визначено основні схеми та перераховано їхні основні переваги та недоліки з проілюстрованими прикладами на основі світового досвіду.

Проаналізовано зарубіжний досвід у формуванні аеропортів.

Визначено роль сталого розвитку та цифрових сервісів в утворенні пасажирських аеродромів.

РОЗДІЛ 2. Функціонально-просторова організація пасажирських аеропортів

2.1. Функціональне зонування пасажирського терміналу

2.1.1. Відправлення, прибуття, транзит, обслуговування багажу

Функціональна структура пасажирського терміналу аеропорту формується відповідно до технологічних процесів обслуговування пасажирів і багажу. До ключових функціональних складових належать зони відправлення, прибуття, транзиту, а також системи обробки багажу. Просторова організація цих компонентів є визначальним чинником формування архітектурно-планувальної структури терміналу, оскільки саме через них відбувається пасажиропотік і реалізується взаємодія між наземною інфраструктурою аеропорту та повітряним транспортом.

Зона відправлення (departures) є однією з найбільш репрезентативних та функціонально насичених частин пасажирського терміналу. Вона формує початковий етап взаємодії пасажирів з аеропортом і зазвичай включає вхідні групи, зали реєстрації (check-in), зони контролю безпеки, паспортного контролю (у випадку міжнародних рейсів), а також зали очікування перед посадкою. Архітектурно ця зона часто організовується як великий відкритий простір із значною висотою перекриття, що дозволяє забезпечити достатню пропускну здатність і зручність орієнтації пасажирів. У сучасних аеропортах зали відправлення виконують функцію центру громадського простору терміналу, поєднуючи транспортну інфраструктуру з комерційними, сервісними та рекреаційними функціями.

Зона прибуття (arrivals) має іншу функціональну логіку та просторову організацію. Основним завданням цієї частини терміналу є швидке та ефективне приймання пасажирів, що прибули, їхній контроль та подальше переміщення до міської транспортної системи. Просторова структура цієї зони

включає коридори виходу з літака або телетрапів, зони прикордонного контролю, зали отримання багажу та громадські зони зустрічі. Особливістю архітектурного вирішення є необхідність забезпечення чіткого розділення потоків пасажирів, що прибули, від потоків відправлення, а також створення зручних логістичних зв'язків між зонами контролю, системами видачі багажу та виходами до наземного транспорту. Зазвичай ці простори розміщуються на окремому рівні будівлі або в ізольованій функціональній частині терміналу.

Важливим елементом функціональної структури аеропорту є транзитна зона (transfer або transit area), яка забезпечує пересадку пасажирів між різними рейсами без виходу з контрольованої частини терміналу. Архітектурна організація цієї зони має враховувати специфіку міжнародних та внутрішніх транзитних потоків, а також вимоги прикордонного та безпекового контролю. Транзитні простори часто інтегруються у так звану стерильну зону аеропорту — територію після проходження основних контрольних процедур. Просторове рішення транзитних зон повинно забезпечувати інтуїтивно зрозумілу навігацію, мінімізацію відстаней між гейтами та зручний доступ до сервісних і комерційних функцій. У великих хабових аеропортах транзитні простори відіграють особливо важливу роль, оскільки значна частина пасажиропотоку складається саме з пересадкових пасажирів.

Окрему складову функціональної системи терміналу становлять зони обробки та транспортування багажу. Багажна інфраструктура є складним технологічним комплексом, що включає автоматизовані системи сортування, транспортування та контролю багажу. З архітектурної точки зору ці системи зазвичай розміщуються у підземних або технічних рівнях будівлі, що дозволяє відокремити їх від основних пасажирських потоків. Проте їхнє планувальне розташування безпосередньо впливає на конфігурацію всієї будівлі терміналу, оскільки маршрути переміщення багажу повинні бути максимально короткими та ефективними.

У зоні відправлення багаж передається через стійки реєстрації або автоматизовані системи self bag drop і потрапляє до централізованої системи сортування, яка розподіляє його відповідно до рейсів. Після прибуття літака багаж транспортується до залів видачі, де він подається на багажні каруселі для отримання пасажирями. Просторова організація цих залів повинна забезпечувати достатню площу для очікування, хорошу видимість багажних стрічок та зручний доступ до виходів із терміналу.

Таким чином, зони відправлення, прибуття, транзиту та обслуговування багажу формують базову функціональну структуру пасажирського терміналу. Їхня ефективна інтеграція визначає не лише технологічну ефективність роботи аеропорту, але й архітектурну логіку формування внутрішніх просторів будівлі. Від правильного розміщення та взаємозв'язку цих зон залежить зручність користування терміналом, пропускна здатність інфраструктури та загальний рівень комфорту пасажирів. У сучасній практиці проектування аеропортів особлива увага приділяється оптимізації цих процесів шляхом використання гнучких планувальних схем, автоматизації технологічних операцій та створення зрозумілої просторової структури, що полегшує орієнтацію пасажирів у складному середовищі великого транспортного вузла.

Всі процеси та напрямки руху в системі аеропорту – як пасажирські, так і службові – поділяються на два напрямки: прибуття та відправлення. Всі процеси, що поєднують місто зі злітно-посадковими смугами та навпаки повинні дотримуватися напрямків прибуття та відправлення (Рис.18):

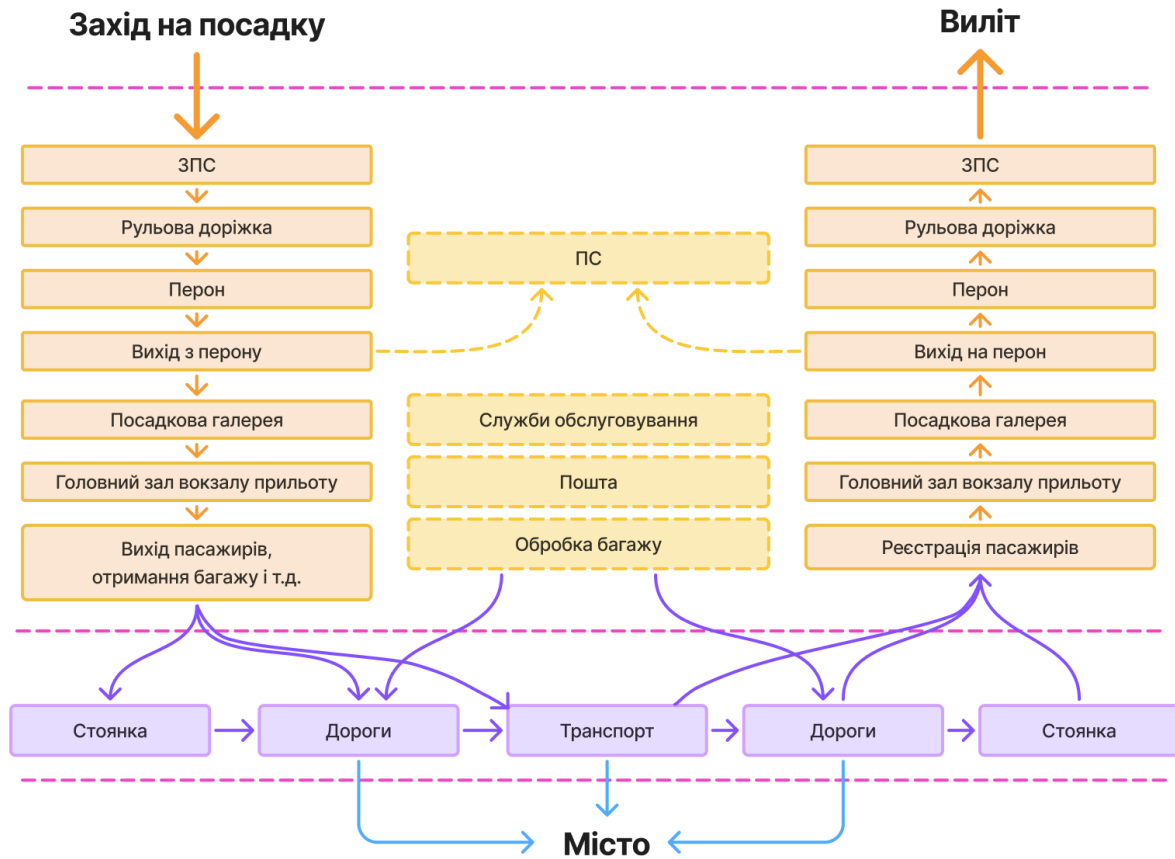


Рис.18 - Функціональна схема зв'язку та логістики між ЗПС та містом

Для конкретизації архітектурно-просторових рішень та побудови чітких взаємозв'язків між елементами планів, генпланів, зонами пересування пасажирів, співробітників та багажу, необхідно окреслити головні вимоги та функції пасажирського терміналу (Рис.19):

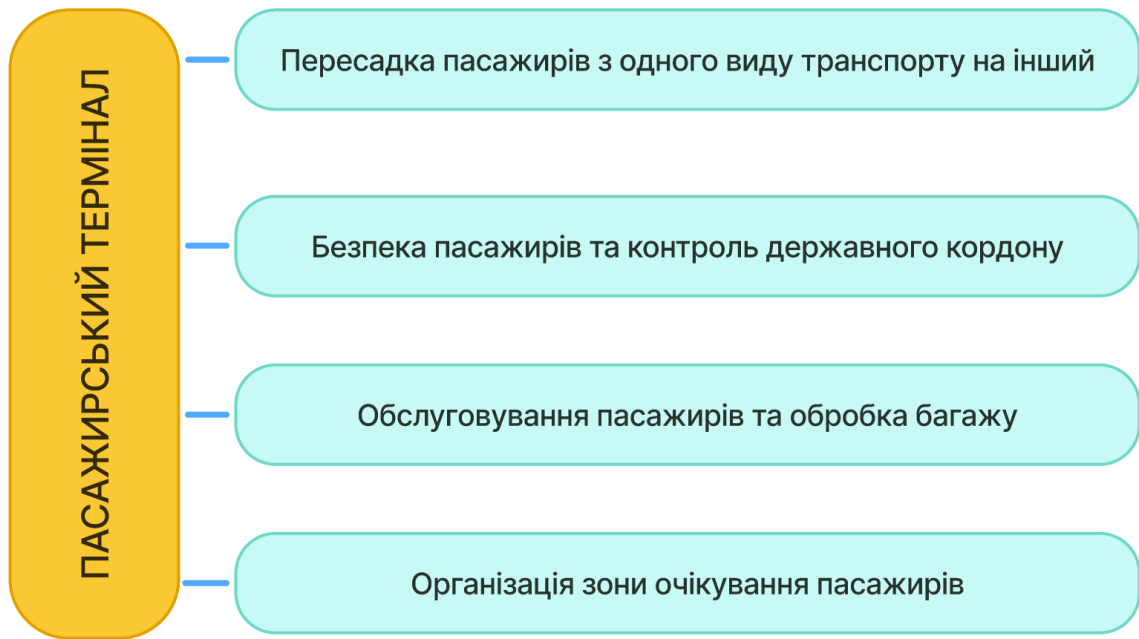


Рис.19 - Основні функції пасажирського аеровокзалу

2.1.2. Вертикальне та горизонтальне розділення потоків

Однією з ключових передумов ефективної функціонально-просторової організації пасажирського терміналу є раціональне розділення потоків користувачів. У структурі аеропорту одночасно функціонують кілька типів потоків: пасажирів на відправлення, пасажирів на прибуття, транзитні пасажирів, супроводжуючі особи, персонал аеропорту, а також потоки багажу та сервісної логістики. У зв'язку з високою інтенсивністю руху та суворими вимогами безпеки, їхня взаємодія повинна бути організована таким чином, щоб мінімізувати перетини та конфлікти. Основними архітектурними інструментами досягнення цього є горизонтальне та вертикальне розділення потоків. [8]

Горизонтальне розділення потоків передбачає організацію різних функціональних зон у межах одного рівня будівлі таким чином, щоб рух пасажирів відбувався паралельними, але просторово відокремленими маршрутами. Це досягається за рахунок чіткого зонування приміщень,

використання коридорних систем, галерей, перегородок та інших архітектурно-планувальних елементів. У класичній схемі пасажирського терміналу зона відправлення розташовується у фронтальній частині будівлі та поступово переходить у стерильну зону після проходження контролю безпеки. Потоки прибуття при цьому можуть бути відокремлені спеціальними коридорами або галереями, що ведуть безпосередньо до залів отримання багажу.

Горизонтальне розділення також широко використовується для відокремлення міжнародних і внутрішніх пасажирських потоків. Це пов'язано з необхідністю проходження різних процедур контролю, зокрема прикордонного та митного. У таких випадках пасажирів різних категорій спрямовують до окремих зон терміналу, що дозволяє уникнути змішування потоків і забезпечити виконання вимог безпеки. У великих аеропортах горизонтальне розділення може доповнюватися системою спеціалізованих галерей або окремих пірсів, призначених для обслуговування різних типів рейсів.

Однак із зростанням пасажиропотоків та ускладненням технологічних процесів горизонтального зонування часто виявляється недостатньо. У таких випадках застосовується вертикальне розділення потоків, яке передбачає використання різних рівнів будівлі для організації окремих напрямків руху. Цей підхід дозволяє значно зменшити перетини потоків і підвищити ефективність використання простору. [8]

Для горизонтального розділення простору необхідно окреслити схему функціональних зв'язків пасажирських, службових та технічних потоків на рівні генерального плану. Нижче визначено 5 основних техніко-виробничих служб терміналу аеропорту на рівні генерального плану (Рис.20):

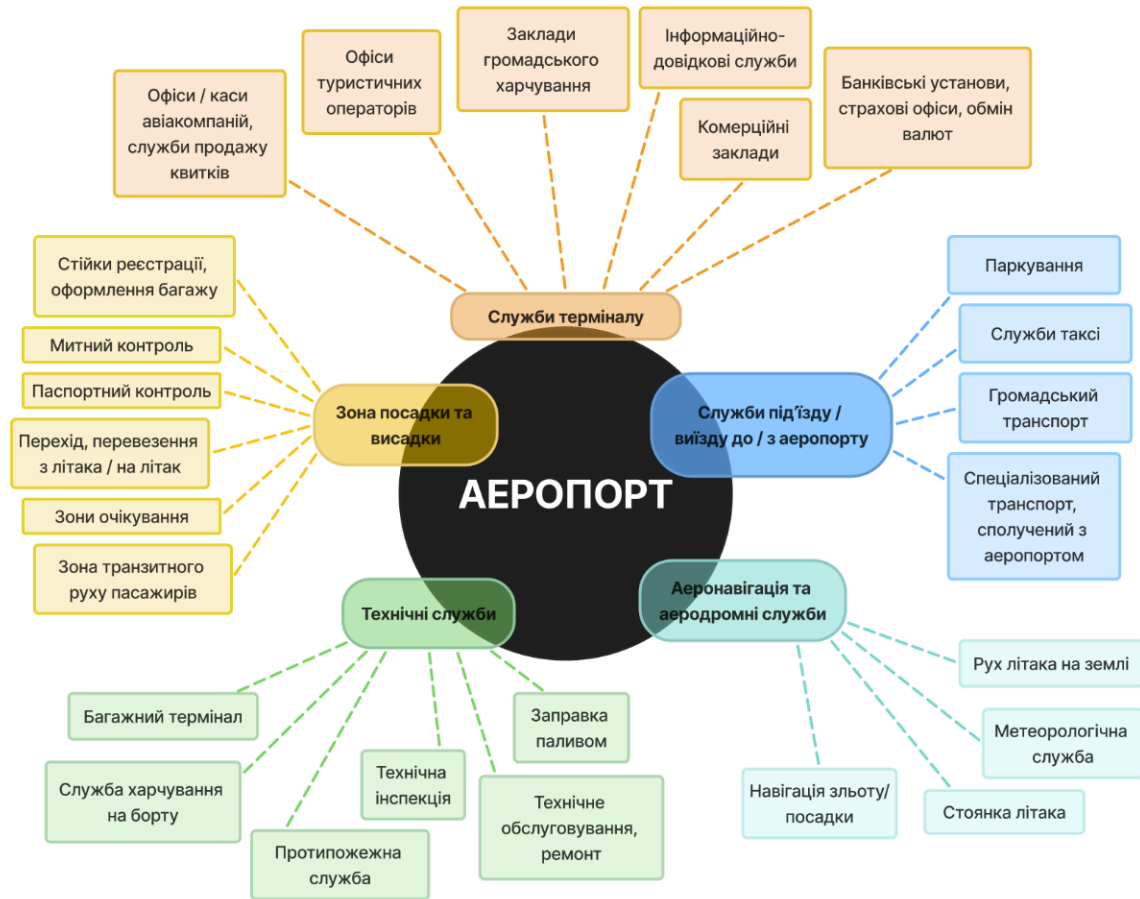


Рис.20 - Функціональне зонування пасажирського аеровокзалу

та основні техніко-економічні сектори

З точки зору вертикального розподілу пасажирських потоків найпоширенішою моделлю є дворівнева та триврівнева схема організації. У такій структурі рівень відправлення зазвичай розташовується на верхньому поверсі, куди здійснюється під'їзд транспорту для висадки пасажирів. Після проходження реєстрації та контролю безпеки пасажирів потрапляють до стерильної зони та до виходів на посадку. Рівень прибуття, навпаки, часто розміщується на нижньому поверсі, де організовано зали отримання багажу та виходи до наземного транспорту. Така схема дозволяє розділити зустрічні потоки пасажирів і забезпечити більш логічну організацію переміщення в межах терміналу.

Вертикальне розділення потоків також широко застосовується у зоні гейтів. Наприклад, пасажирів, що прибули, можуть переміщуватися спеціальними коридорами або ескалаторами на нижчий рівень, не перетинаючись із пасажирів, які очікують посадки. Подібні рішення дозволяють створити безперервний односторонній рух пасажирів і значно підвищують пропускну здатність терміналу.

Важливу роль у реалізації вертикального розділення відіграють елементи вертикальних комунікацій: сходи, ескалатори, ліфти та траволатори. Їхнє розташування повинно відповідати логіці пасажирських маршрутів і забезпечувати зручні та інтуїтивно зрозумілі переходи між рівнями. Архітектурне вирішення цих елементів часто поєднує функціональність із композиційною роллю у формуванні внутрішнього простору терміналу.

Слід зазначити, що вертикальне та горизонтальне розділення потоків у сучасних аеропортах зазвичай застосовується комплексно. Поєднання цих двох принципів дозволяє створити багаторівневу систему організації руху, яка враховує як технологічні вимоги обслуговування пасажирів, так і архітектурно-просторові особливості будівлі. У результаті формується чітка ієрархія маршрутів, що забезпечує ефективну роботу транспортного вузла та комфортне сприйняття простору користувачами.

Таким чином, вертикальне та горизонтальне розділення потоків є одним із фундаментальних принципів проектування пасажирських терміналів. Завдяки використанню цих підходів архітектура аеропорту здатна поєднати складні технологічні процеси з логічною та зрозумілою просторовою структурою, що сприяє ефективному функціонуванню об'єкта та підвищує рівень комфорту для пасажирів терміналу та його співробітників.

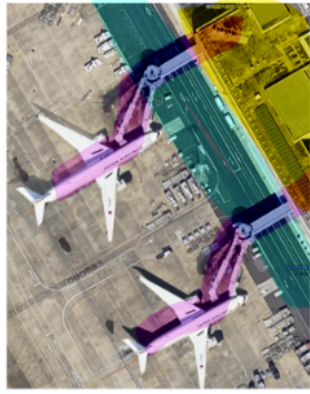
У досвіді масштабних міжнародних терміналів можна окреслити спільні тенденції та способи розділення пасажиропотоків між поверхами:

На рівні землі (поверх 0 будівлі терміналу для прибуття) прийнято розташовувати автомобільні шляхи службового транспорту та трансферні автобуси від літаків, що прибувають, до поверху прибуття в терміналі.

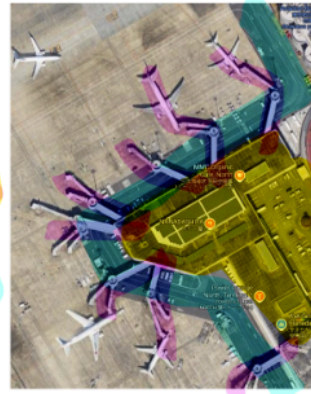
На поверсі 1 будівлі терміналу для відправлення прийнято розташовувати п'єри та зали для пасажирів, що очікують на посадку. Також до надземного поверху 1 приєднуються коридори-трапи для пасажирів, що перебувають в залах очікування та п'єрах.

Таким чином, пасажирів на напрямках прибуття та відправлення будуть відокремлені один від одного за допомогою вертикального поділу простору терміналу аеропорту.

Дана структура забезпечує чіткість потоків та полегшує їх обслуговування, оскільки зони для співробітників аеропорту також поділяються на 0 поверх (прибуття) та 1 поверх (відправлення) з метою більш ефективного та структурованого поділу потоків. (Рис.21, 22)



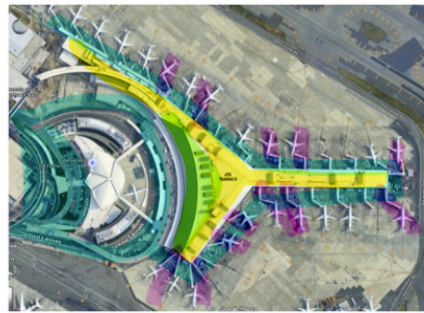
Haneda
International
Airport
Tokyo, Japan



Haneda
International
Airport
Tokyo, Japan



John F. Kennedy
International Airport - T4
NYC



John F. Kennedy
International Airport - T5
NYC

1 та 2 поверх	1 поверх	2 поверх	2 поверх
Будівля терміналу	Дороги службового транспорту на рівні землі	П'єри, зали очікування на посадку	Виходи до посадки на літак над рівнем землі

Рис.21 - Схеми та приклади вертикального розмежування пасажирських потоків

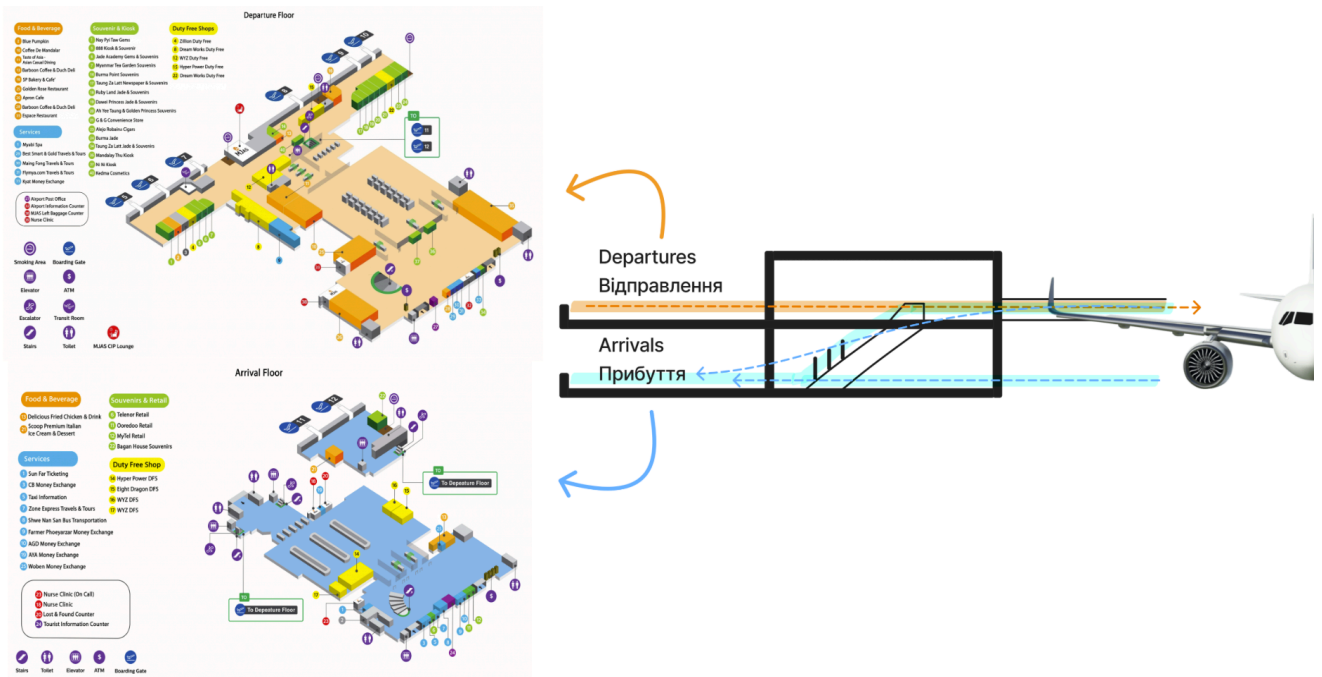


Рис.22 - Схема вертикального розмежування пасажирських потоків

2.1.3. Особливості організації потоків у терміналах різного класу

Організація пасажирських потоків у будівлях аеропортів безпосередньо залежить від класу та масштабів пасажирського терміналу. Кількість пасажирів, інтенсивність польотів, типи рейсів та функціональна роль аеропорту у транспортній системі визначають вимоги до просторової структури будівлі та способів організації переміщення людей у її межах. У сучасній практиці проєктування аеропорти умовно поділяються на малі регіональні, середні та великі міжнародні хабові термінали. Кожна з цих категорій має власні особливості організації пасажирських потоків і відповідні архітектурно-планувальні рішення.

У малих регіональних аеропортах пасажиропотік є відносно невеликим, а кількість рейсів обмеженою. У таких умовах просторову організацію терміналу зазвичай формують за компактною схемою з мінімальною кількістю функціональних зон. Пасажирські потоки часто організуються в межах одного або двох рівнів будівлі, а основні процеси — реєстрація, контроль

безпеки, очікування посадки та видача багажу — можуть розташовуватися у безпосередній близькості один до одного. Завдяки цьому переміщення пасажирів є відносно коротким і зрозумілим, а архітектурна структура будівлі залишається простою та компактною. У таких терміналах нерідко допускається часткове перетинання потоків прибуття та відправлення, оскільки інтенсивність руху не створює значних конфліктів між ними.

Середні аеропорти, які обслуговують значно більший обсяг пасажирів і мають розвиненішу маршрутну мережу, потребують більш складної системи організації потоків. У таких терміналах чіткіше виділяються окремі функціональні зони для відправлення, прибуття та транзиту. Архітектурно це проявляється у формуванні спеціалізованих залів для різних етапів пасажирського маршруту, а також у використанні горизонтального та вертикального розділення потоків. Наприклад, зали відправлення можуть розташовуватися на верхньому рівні будівлі, тоді як зали прибуття — на нижньому. Подібне планувальне рішення дозволяє зменшити перетини пасажирських потоків та підвищити ефективність роботи терміналу.

У середніх аеропортах також з'являється необхідність розділення внутрішніх і міжнародних пасажирських потоків. Це зумовлено різницею у процедурах контролю, що включають митні та прикордонні перевірки. Внаслідок цього архітектурна структура будівлі ускладнюється, а планувальні рішення передбачають створення окремих маршрутів для різних категорій пасажирів. Також у таких терміналах починають активно застосовуватися галерейні або пірсові схеми розміщення гейтів, що дозволяє ефективніше розподіляти пасажирські потоки вздовж посадкових виходів.

Найбільш складною є організація потоків у великих міжнародних аеропортах-хабах, де обсяги пасажиропотоку можуть досягати десятків мільйонів осіб на рік. У таких умовах значна частина пасажирів є транзитною,

що вимагає формування розгалуженої системи внутрішніх маршрутів для пересадки між рейсами. Архітектурно це призводить до появи великих багаторівневих термінальних комплексів, які можуть складатися з кількох з'єднаних між собою будівель або пірсів.

У хабових аеропортах пасажирські потоки розділяються не лише за напрямком руху (відправлення або прибуття), але й за типами рейсів, зонами контролю та логістикою пересадок. Наприклад, пасажирів міжнародних транзитних рейсів можуть переміщуватися у межах стерильної зони без виходу до загальнодоступних просторів терміналу. Для оптимізації таких процесів застосовуються складні системи вертикального та горизонтального розділення потоків, а також внутрішні транспортні системи — автоматизовані поїзди, траволатори та довгі галереї, що з'єднують різні частини термінального комплексу.

Ще однією характерною особливістю великих аеропортів є необхідність створення чіткої ієрархії пасажирських маршрутів. Основні потоки спрямовуються широкими центральними просторами або галереями, тоді як другорядні маршрути ведуть до окремих гейтів, сервісних зон або комерційних приміщень. Така структура дозволяє уникнути перевантаження окремих ділянок терміналу та забезпечує зрозумілу систему орієнтації у просторі.

Таким чином, організація пасажирських потоків у терміналах різного класу визначається масштабом аеропорту, інтенсивністю пасажиропотоку та характером авіаційного сполучення. У невеликих регіональних аеропортах переважають компактні та прості планувальні рішення, тоді як середні та великі термінали потребують складніших багаторівневих систем організації руху. Архітектурно це проявляється у зростанні складності просторової структури будівлі, появі спеціалізованих зон і розвитку інфраструктури, спрямованої на ефективне управління великими пасажирськими потоками. У результаті саме

характер пасажирських потоків значною мірою визначає формування архітектурної концепції сучасних пасажирських терміналів.

2.2. Вплив процесів технологічного обслуговування пасажирів на архітектуру

2.2.1. Алгоритм «пасажирського маршруту» (*curb-to-gate*)

Одним із ключових принципів формування функціонально-просторової структури пасажирського терміналу є організація так званого «пасажирського маршруту», який у міжнародній практиці визначається поняттям *curb-to-gate*. Цей термін описує послідовність переміщення пасажирів від моменту прибуття до аеропорту на привокзальну площу (*curb*) до моменту посадки на борт літака через вихід на посадку (*gate*). Даний алгоритм є основою для формування планувальної структури будівлі терміналу, оскільки архітектура повинна забезпечувати логічний, безперервний та інтуїтивно зрозумілий рух пасажирів через усі етапи обслуговування.

Маршрут *curb-to-gate* починається із зони під'їзду транспорту до будівлі терміналу, яка включає привокзальну площу, пішохідні підходи та вхідні групи. Архітектурна організація цієї частини має забезпечувати зручну висадку пасажирів, чітку орієнтацію щодо входів до терміналу та безпечне розділення транспортних і пішохідних потоків. У сучасних аеропортах ця зона часто проектується як багаторівнева система, де верхній рівень призначений для висадки пасажирів на відправлення, а нижній — для зустрічі пасажирів, що прибули.

Після входу до будівлі пасажир потрапляє до зони первинного обслуговування, де розташовані стійки реєстрації на рейс (*check-in*) або автоматизовані системи *self check-in*. Просторова організація цієї частини терміналу повинна враховувати інтенсивність пасажиропотоку та передбачати достатню площу для

формування черг і вільного переміщення людей. У великих аеропортах зали реєстрації часто виконуються у вигляді масштабних відкритих просторів із великою висотою перекриття, що сприяє зручності орієнтації та створює візуально зрозумілу структуру приміщення.

Наступним етапом пасажирського маршруту є проходження контролю безпеки. Ця зона відіграє важливу роль у технологічному процесі роботи аеропорту, оскільки саме тут здійснюється перевірка пасажирів та їхнього ручного багажу. Архітектурно зона контролю повинна бути організована таким чином, щоб забезпечувати достатню пропускну здатність та мінімізувати затримки у русі пасажирів. Для цього застосовуються системи організації черг, широкі проходи та чітке зонування простору.

У випадку міжнародних рейсів після контролю безпеки пасажирів проходять прикордонний контроль, який також формує важливий етап пасажирського маршруту. Його розміщення у структурі терміналу повинно забезпечувати логічну послідовність руху та запобігати перетинанню різних категорій пасажирських потоків. Як правило, ці процедури розташовуються на межі між загальнодоступною частиною терміналу та так званою стерильною зоною, де перебувають лише пасажирів, що вже пройшли контроль.

Після завершення основних перевірок пасажир потрапляє до стерильної зони терміналу, де розташовуються зали очікування, комерційні простори, зони харчування та інші сервісні функції. Архітектурна організація цієї частини будівлі має враховувати необхідність комфортного перебування пасажирів протягом часу очікування рейсу. Водночас саме тут формується значна частина комерційної інфраструктури аеропорту, що поєднує транспортну функцію терміналу з елементами громадського простору.

Завершальним етапом маршруту *curb-to-gate* є переміщення пасажирів до виходу на посадку (*gate*). Гейти можуть розташовуватися у галереях або пірсах,

що відходять від центральної частини терміналу, або у окремих термінальних будівлях. Просторова організація цієї зони повинна забезпечувати достатню площу для очікування посадки, зручний доступ до телетрапів або автобусних посадкових платформ, а також чітку систему навігації.

З архітектурної точки зору алгоритм *curb-to-gate* є основою для формування послідовності просторів у межах пасажирського терміналу. Кожен етап маршруту відповідає певній функціональній зоні, а їхнє логічне розташування забезпечує ефективність роботи всієї інфраструктури. При цьому архітектура повинна враховувати технологічні вимоги обслуговування пасажирів та створювати інтуїтивно зрозуміле та комфортне середовище для користувачів.

У сучасних аеропортах особлива увага приділяється оптимізації пасажирського маршруту шляхом скорочення часу проходження процедур, впровадження автоматизованих систем обслуговування та удосконалення навігації у просторі. Завдяки цьому *curb-to-gate* перетворюється не лише на технологічний алгоритм функціонування аеропорту, але й на важливий фактор формування архітектурної концепції пасажирського терміналу.

Для подальшого розгляду та аналізу формування архітектури пасажирських аеропортів необхідно визначити його головні принципи (Рис.23):



Рис.23: Принципи формування архітектури аеропортів

2.2.2. Розташування check-in, security, паспортного контролю, гейтів

Функціональна ефективність пасажирського терміналу значною мірою залежить від раціонального розташування основних елементів обслуговування пасажирів, серед яких ключове місце займають зони реєстрації на рейс (check-in), контролю безпеки (security), паспортного контролю та виходів на посадку (гейтів). Саме послідовність і просторові взаємозв'язки цих елементів

формують основу технологічного процесу обслуговування пасажирів і визначають логіку архітектурно-планувальної структури терміналу.

Зона реєстрації на рейс є початковим етапом обслуговування пасажирів у будівлі терміналу. Вона зазвичай розташовується безпосередньо після вхідної групи та привокзальної площі, у просторих залах відправлення. Таке розміщення дозволяє пасажирам швидко орієнтуватися після входу до будівлі та забезпечує зручний доступ до стійок реєстрації. Архітектурно ці зали часто проектуються як великі відкриті простори з гнучкою планувальною структурою, що дає можливість змінювати конфігурацію зон обслуговування залежно від потреб аеропорту. У сучасних терміналах поряд із традиційними стійками реєстрації дедалі частіше розміщуються автоматизовані кіоски self check-in та системи self bag drop, які дозволяють оптимізувати пасажирські потоки та скоротити час обслуговування.

Наступним ключовим елементом у структурі пасажирського маршруту є зона контролю безпеки. Вона розташовується між загальнодоступною частиною терміналу та стерильною зоною, до якої мають доступ лише пасажири з посадковими документами. Розміщення цієї функціональної ділянки є одним із найбільш відповідальних завдань під час проектування, оскільки вона повинна забезпечувати високу пропускну здатність і водночас відповідати суворим вимогам безпеки. З архітектурної точки зору зона контролю безпеки повинна бути достатньо просторою для організації черг, мати чітку структуру проходів та забезпечувати можливість розширення у разі збільшення пасажиропотоку.

У випадку міжнародних перевезень після проходження контролю безпеки пасажири направляються до зони паспортного контролю. Цей елемент інфраструктури зазвичай розташовується на межі між внутрішньою частиною стерильної зони та міжнародними посадковими галереями. Його архітектурне розміщення повинно враховувати необхідність чіткого розділення потоків

пасажирів, що відправляються, прибувають або здійснюють транзит. Для забезпечення ефективної роботи прикордонних служб у цих зонах передбачаються просторі зали з можливістю формування кількох паралельних ліній контролю. У сучасних аеропортах також активно впроваджуються автоматизовані системи перевірки документів, що дозволяє значно скоротити час проходження процедур.

Після завершення основних контрольних процедур пасажирів потрапляють до стерильної зони терміналу, де розташовуються зали очікування та виходи на посадку. Гейти формують завершальний етап маршруту пасажирів у межах будівлі та забезпечують безпосередній зв'язок із повітряними суднами через телетрапи або автобусні платформи. Просторово гейти найчастіше розміщуються у галереях або пірсах, що відходять від центральної частини терміналу. Така схема дозволяє ефективно організувати рух пасажирів уздовж посадкових виходів та забезпечує зручний доступ до літаків, розташованих на пероні.

Важливим аспектом розташування гейтів є їхня взаємодія з комерційними та сервісними зонами стерильної частини терміналу. У сучасних аеропортах зали очікування біля гейтів часто інтегруються з торговельними просторами, зонами харчування та рекреаційними функціями, що сприяє більш комфортному перебуванню пасажирів під час очікування рейсу. Архітектурно це проявляється у створенні просторих громадських інтер'єрів з високою видимістю гейтів та зрозумілою системою навігації.

Таким чином, розташування зон реєстрації, контролю безпеки, паспортного контролю та гейтів формує базову просторову структуру пасажирського терміналу. Їхня послідовність повинна відповідати логіці технологічного процесу обслуговування пасажирів і забезпечувати безперервність руху від входу до будівлі до посадки на літак. Раціональне планувальне рішення цих

елементів дозволяє оптимізувати пасажирські потоки, підвищити пропускну здатність терміналу та створити комфортне середовище для користувачів аеропорту.

2.2.3. Інтеграція smart-технологій та автоматизації

У сучасному проєктуванні пасажирських терміналів важливу роль відіграє впровадження smart-технологій та автоматизованих систем, які спрямовані на підвищення ефективності обслуговування пасажирів, оптимізацію технологічних процесів та покращення загального користувацького досвіду. Інтеграція цифрових рішень у структуру аеропорту впливає не лише на організацію роботи служб, але й безпосередньо на архітектурно-просторове формування терміналу, оскільки потребує створення нових типів функціональних зон, інфраструктури обробки даних та спеціалізованих технологічних просторів.

Одним із найбільш поширених напрямів автоматизації є впровадження систем самообслуговування пасажирів. До них належать кіоски self check-in, автоматизовані системи здачі багажу (self bag drop), а також електронні гейти контролю документів. Такі технології дозволяють значно скоротити час проходження процедур та зменшити навантаження на персонал аеропорту. З архітектурної точки зору це впливає на планування зон реєстрації, оскільки частина традиційних стійок замінюється компактними автоматизованими станціями, що потребують більш гнучкої та модульної організації простору.

Важливою складовою цифрової трансформації аеропортів є використання біометричних технологій і автоматизованих систем ідентифікації пасажирів. Такі рішення передбачають застосування розпізнавання обличчя або інших біометричних параметрів для проходження контролю безпеки, паспортного контролю та посадки на рейс. Завдяки цьому процес перевірки документів стає значно швидшим і менш залежним від участі персоналу. Архітектурно це

зумовлює появу спеціалізованих зон електронного контролю, які інтегруються у структуру терміналу між основними етапами пасажирського маршруту.

Ще одним важливим напрямом впровадження smart-технологій є розвиток цифрових систем навігації та управління пасажирськими потоками. Сучасні аеропорти використовують інтерактивні інформаційні панелі, мобільні додатки, системи доповненої реальності та цифрові карти будівлі, що допомагають пасажирам швидко орієнтуватися у складному просторі терміналу. Такі рішення дозволяють зменшити навантаження на інформаційні служби та забезпечують більш ефективний розподіл пасажирських потоків у межах будівлі. З архітектурної точки зору це вимагає інтеграції цифрових екранів, інформаційних стійок і навігаційних систем у структуру інтер'єрів терміналу.

Суттєве значення також мають автоматизовані системи обробки багажу, які є одним із найбільш складних технологічних елементів інфраструктури аеропорту. Сучасні системи сортування багажу використовують роботизовані транспортери, автоматичне сканування та цифровий контроль маршрутів переміщення. Завдяки цьому забезпечується висока швидкість і точність транспортування багажу від стійок реєстрації до літаків і навпаки. З архітектурної точки зору такі системи потребують значних технічних просторів, що зазвичай розміщуються у підземних або технічних рівнях будівлі, і безпосередньо впливають на планувальну структуру терміналу.

Інтеграція smart-технологій також пов'язана з розвитком систем управління будівлею (Building Management Systems, BMS), які контролюють роботу інженерних мереж, енергоспоживання, освітлення, вентиляцію та кліматичні параметри внутрішнього середовища. Такі системи дозволяють підвищити енергоефективність будівлі та забезпечити більш комфортні умови для пасажирів і персоналу. У контексті архітектурного проєктування це вимагає

створення інтегрованої інженерної інфраструктури, що поєднує будівельні конструкції, інженерні системи та цифрові технології управління.

Крім того, у сучасних аеропортах активно використовуються системи аналізу великих даних (Big Data) та штучного інтелекту для прогнозування пасажиропотоків, оптимізації використання гейтів, управління чергами та координації роботи служб аеропорту. Завдяки таким інструментам стає можливим більш гнучке управління функціонуванням терміналу та оперативне реагування на зміни у навантаженні інфраструктури.

Таким чином, інтеграція smart-технологій та автоматизації суттєво змінює принципи організації пасажирських терміналів. Цифрові рішення оптимізують технологічні процеси обслуговування пасажирів, таким чином впливаючи на архітектурно-просторову структуру будівлі, формуючи нові вимоги до планування, інженерної інфраструктури та організації внутрішніх просторів. У результаті сучасний аеропорт перетворюється на складну інтегровану систему, у якій архітектура, технології та цифрові сервіси взаємодіють для забезпечення ефективного та комфортного функціонування транспортного вузла.

2.3. Просторові моделі формування громадських зон терміналу

2.3.1. Концепція «аеропорт-місто» (комерція, робочі простори, рекреація)

У сучасній практиці проектування транспортної інфраструктури аеропорти поступово трансформуються з вузькоспеціалізованих транспортних об'єктів у багатофункціональні громадські комплекси. Одним із найбільш поширених підходів до такого розвитку є концепція «аеропорт-місто» (airport city), яка передбачає інтеграцію транспортних, комерційних, ділових та рекреаційних функцій у єдину просторову систему. У межах цієї концепції пасажирський термінал розглядається не лише як місце обслуговування авіаперевезень, але й

як важливий елемент міського середовища, що формує нові типи громадських просторів і економічної активності.

Формування моделі «аеропорт-місто» пов'язане з істотним зростанням обсягів пасажирських перевезень і збільшенням часу перебування людей у терміналах. Пасажири часто прибувають до аеропорту за кілька годин до рейсу або проводять значний час у транзитних зонах під час пересадок. Це створює передумови для розвитку комерційної та сервісної інфраструктури, яка забезпечує не лише функціональні потреби пасажирів, але й формує комфортне середовище для тривалого перебування.

Однією з ключових складових концепції «аеропорт-місто» є розвиток комерційних просторів у межах пасажирських терміналів. До них належать торговельні галереї, магазини безмитної торгівлі (duty-free), ресторани, кафе та інші заклади громадського харчування. Архітектурно такі простори часто організовуються у вигляді внутрішніх торговельних вулиць або площ, інтегрованих у структуру стерильної зони терміналу. Вони розташовуються вздовж основних пасажирських маршрутів, що забезпечує їхню високу доступність і водночас формує активне громадське середовище. Подібні просторові рішення дозволяють перетворити традиційні зали очікування на динамічні громадські простори, що поєднують транспортну функцію з комерційною діяльністю.

Важливим елементом концепції є також створення робочих просторів для пасажирів. У сучасних умовах значна частина користувачів аеропортів — це ділові мандрівники, для яких важливо мати можливість працювати під час очікування рейсу або пересадки. У зв'язку з цим у структурі терміналів з'являються бізнес-зали, коворкінги, конференц-зали та інші спеціалізовані простори для роботи. Архітектурно вони можуть розташовуватися як у стерильній зоні, так і у загальнодоступних частинах терміналу. Такі

приміщення зазвичай характеризуються більш камерною атмосферою, підвищеним рівнем акустичного комфорту та розвиненою цифровою інфраструктурою.

Окрім комерційних і ділових функцій, важливою складовою «аеропорт-міста» є рекреаційні простори. Вони спрямовані на покращення психологічного та фізичного комфорту пасажирів під час перебування в аеропорту. До таких просторів належать зони відпочинку, зелені інтер'єрні сади, тераси, дитячі майданчики та культурно-експозиційні простори. Архітектурне включення природних елементів — рослинності, природного освітлення, водних об'єктів — сприяє створенню більш комфортного середовища та зменшенню стресу, пов'язаного з подорожами.

У ширшому містобудівному контексті концепція «аеропорт-місто» передбачає розвиток навколишніх територій аеропорту як повноцінних урбаністичних кластерів. Поряд із пасажирськими терміналами можуть розміщуватися готелі, офісні центри, виставкові комплекси, логістичні центри та торговельні зони. Така структура формує новий тип периферійного міського середовища, де аеропорт виступає ядром економічної та соціальної активності.

Архітектурно концепція «аеропорт-місто» проявляється у формуванні великих внутрішніх громадських просторів, гнучких функціональних зон та інтеграції різних типів діяльності у межах одного комплексу. Просторова організація терміналу при цьому повинна забезпечувати баланс між транспортною ефективністю та комфортом користувачів. З одного боку, пасажирські потоки мають переміщуватися швидко та безперешкодно, а з іншого — простір повинен створювати умови для відпочинку, роботи та соціальної взаємодії.

Таким чином, концепція «аеропорт-місто» відображає новий підхід до розвитку аеропортів як багатофункціональних громадських комплексів. Інтеграція комерційних, робочих і рекреаційних просторів у структуру пасажирських

терміналів сприяє підвищенню економічної ефективності аеропорту, а також створює більш комфортне та різноманітне середовище для пасажирів. У результаті сучасний аеропорт розширює свою функціональність від транспортного вузла до важливого елемента міської інфраструктури та громадського життя. (Рис.24)



Рис.24: Візуалізація концепції міста-аеропорту

2.3.2. Прийоми формування великих внутрішніх атриумів

Великі внутрішні атриуми є однією з характерних просторових особливостей сучасних пасажирських терміналів аеропортів. Їх використання пов'язане з необхідністю організації масштабних громадських просторів, здатних одночасно вміщувати значні пасажирські потоки та забезпечувати зручну орієнтацію у складній структурі будівлі. Атриумні простори виконують не лише функціональну, але й композиційну роль, формуючи центральні елементи інтер'єру терміналу та створюючи виразну архітектурну ідентичність об'єкта.

Однією з основних функцій атриуму у пасажирському терміналі є організація головного громадського простору, який поєднує різні функціональні зони будівлі. У багатьох аеропортах саме атриум виступає центральною точкою перетину основних пасажирських маршрутів. Тут можуть розташовуватися зони

реєстрації, інформаційні стійки, комерційні простори та входи до посадкових галерей. Така організація дозволяє сформувати чітку просторову структуру будівлі, де атриум виконує роль своєрідного «орієнтаційного ядра», що допомагає пасажиром швидко зрозуміти логіку переміщення у терміналі.

Одним із поширених прийомів формування атриумів є використання багаторівневих відкритих просторів, у яких різні поверхи будівлі візуально поєднуються між собою. Подібне рішення дозволяє створити відчуття просторової єдності та забезпечити візуальний контакт між різними функціональними зонами. У таких атриумах часто застосовуються галереї, балкони та відкриті переходи, що дозволяють організувати рух пасажирів на різних рівнях будівлі та водночас підтримувати візуальну цілісність інтер'єру.

Важливим елементом формування великих атриумних просторів є використання природного освітлення. Для цього у перекриттях будівлі застосовуються великі світлові ліхтарі, скляні покриття або прозорі фасадні конструкції. Надходження природного світла сприяє створенню більш комфортного середовища для пасажирів і зменшує відчуття замкненості у великих внутрішніх просторах. Крім того, природне освітлення дозволяє підкреслити масштаб інтер'єру та формує виразну атмосферу громадського простору. [7]

Ще одним архітектурним прийомом є інтеграція у структуру атриумів елементів вертикальних комунікацій. Ескалатори, ліфти та сходи часто розміщуються безпосередньо у межах атриумного простору, формуючи динамічну композицію інтер'єру. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити зручний зв'язок між різними рівнями будівлі, але й підкреслити масштаб простору та активізувати його функціональне використання.

У сучасних терміналах атриуми також часто поєднуються з комерційними та рекреаційними функціями. У їхніх межах можуть розташовуватися торговельні галереї, ресторани, зони відпочинку та культурні інсталяції. Це дозволяє

створити активне громадське середовище, у якому пасажери можуть проводити час під час очікування рейсу. Архітектурне оформлення таких просторів часто включає використання зелених насаджень, водних елементів, художнього освітлення та інших засобів формування комфортної атмосфери.

Важливим аспектом проектування атриумів є забезпечення чіткої системи орієнтації у просторі. Завдяки великій висоті та відкритості такі простори дозволяють створити довгі візуальні коридори та забезпечити хорошу видимість основних функціональних зон терміналу. Це сприяє інтуїтивному розумінню структури будівлі та полегшує навігацію пасажирів у складному середовищі аеропорту.

Конструктивно формування великих атриумів пов'язане із застосуванням великопролітних конструкцій, які дозволяють перекривати значні простори без проміжних опор. Використання металевих або комбінованих просторових каркасів, а також легких світлопрозорих покриттів дає змогу створювати масштабні інтер'єри з високим ступенем відкритості. Такі конструктивні рішення не лише забезпечують функціональність будівлі, але й формують її виразний архітектурний образ. [7]

Таким чином, великі внутрішні атриуми є важливим елементом архітектурно-просторової організації пасажирських терміналів. Вони поєднують функції громадського простору, орієнтаційного центру та композиційного ядра будівлі. Завдяки використанню багаторівневих структур, природного освітлення, вертикальних комунікацій та інтеграції різних функціональних зон атриуми сприяють створенню відкритого, зрозумілого та комфортного середовища для пасажирів у складній системі сучасного аеропорту.

2.3.3. Візуальні коридори, орієнтація та навігація

Однією з важливих складових архітектурно-просторової організації пасажирських терміналів є забезпечення зрозумілої системи орієнтації та навігації у складному внутрішньому середовищі будівлі. Аеропорти належать до об'єктів із високою інтенсивністю руху та великою кількістю функціональних зон, тому пасажирів повинні мати можливість швидко орієнтуватися у просторі та знаходити необхідні напрямки руху без зайвих затримок. У зв'язку з цим під час проєктування терміналів значна увага приділяється формуванню візуальних коридорів, організації просторових акцентів та створенню ефективної системи навігації.

Візуальні коридори являють собою відкриті просторові напрямки або лінії огляду, які дозволяють пасажирів бачити ключові функціональні зони терміналу на значній відстані. Завдяки таким рішенням користувачі можуть інтуїтивно визначати напрямок руху до основних елементів інфраструктури — зон реєстрації, контролю безпеки, гейтів, виходів або інформаційних центрів. Формування візуальних коридорів досягається за рахунок раціонального розміщення приміщень, уникнення зайвих перегородок, використання великих відкритих просторів і чіткої геометрії планувальної структури будівлі.

Одним із поширених архітектурних прийомів створення візуальної орієнтації є організація головних просторових осей. Такі осі часто проходять через центральні зали терміналу або галереї, що з'єднують основні функціональні зони. Уздовж цих осей розташовуються ключові елементи інфраструктури, що полегшує сприйняття структури будівлі та забезпечує логічну послідовність переміщення пасажирів. У великих терміналах такі осі можуть продовжуватися у вигляді посадкових галерей або пірсів, які ведуть до гейтів. (Рис.25)

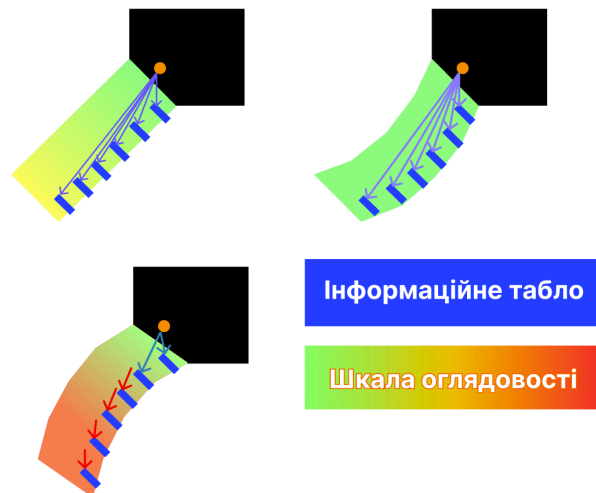


Рис.25: Схема оглядовості інформаційного табло та номерів гейтів при різній конфігурації пірсів

Важливу роль у формуванні системи орієнтації відіграють також просторові домінанти та архітектурні акценти. До них можуть належати атриуми, масштабні сходи, ескалатори, великі світлові ліхтарі або інші виразні елементи інтер'єру. Такі об'єкти виступають своєрідними орієнтирами, що допомагають пасажиром запам'ятовувати структуру простору та визначати своє місце у будівлі.

Окрім архітектурних засобів, важливою складовою навігації є система графічного та цифрового інформування. Вона включає інформаційні табло, вказівники напрямків, електронні екрани, інтерактивні інформаційні стійки та інші елементи, що допомагають пасажиром отримувати необхідні дані щодо рейсів і маршрутів переміщення. У сучасних аеропортах така система зазвичай формується за принципом єдиного візуального стилю, що передбачає використання стандартизованих кольорів, піктограм і типографіки.

Архітектурно важливою умовою ефективної навігації є узгодження графічної інформації з просторовою структурою будівлі. Навігаційні елементи повинні розташовуватися у логічних точках пасажирського маршруту — на перетинах коридорів, перед зонами контролю, біля входів до посадкових галерей та інших

ключових місць. Це дозволяє пасажиром отримувати інформацію саме у той момент, коли вона є найбільш необхідною.

Значну роль у системі орієнтації відіграє також природне освітлення та візуальний зв'язок із зовнішнім середовищем. Наявність великих панорамних фасадів або світлових ліхтарів дозволяє пасажиром краще відчувати просторову структуру будівлі та визначати напрямок руху відносно перону або міської території. Це сприяє створенню більш відкритого та психологічно комфортного середовища. (Рис.26)



Рис.26: Запровадження природного освітлення згідно з шляхом руху пасажирів від блоку контролю документів до пірсів

У сучасних терміналах дедалі більшого значення набувають цифрові системи навігації, які доповнюють традиційні архітектурні та графічні засоби орієнтації. До них належать мобільні додатки аеропортів, інтерактивні карти, системи позиціонування у приміщенні та технології доповненої реальності. Такі інструменти дозволяють пасажиром отримувати персоналізовані маршрути переміщення та актуальну інформацію про розташування функціональних зон.

Таким чином, формування візуальних коридорів, просторових орієнтирів та ефективної системи навігації є важливим аспектом архітектурного проєктування пасажирських терміналів. Завдяки поєднанню архітектурних, графічних і цифрових засобів створюється зрозуміла структура внутрішнього простору, яка полегшує орієнтацію пасажирів, підвищує ефективність переміщення та сприяє формуванню комфортного середовища у складній інфраструктурі сучасного аеропорту.

2.4. Архітектурно-конструктивні та інженерні особливості терміналів

2.4.1. Великопролітні конструкції (ферми, оболонки, просторові каркаси)

Однією з характерних архітектурно-конструктивних особливостей сучасних пасажирських терміналів аеропортів є використання великопролітних конструкцій. Це зумовлено специфікою функціонування таких будівель, де необхідно створювати великі відкриті простори без проміжних опор для забезпечення вільного переміщення значних пасажирських потоків, гнучкого планування внутрішніх зон та можливості подальшої трансформації простору. Великопролітні конструкції дозволяють перекидати значні площі терміналів, формуючи масштабні інтер'єри та водночас забезпечуючи необхідну конструктивну стійкість будівлі.

Одним із найпоширеніших типів великопролітних конструкцій у будівництві аеропортів є металеві ферми. Ферменні системи складаються з мережі прямих стрижнів, з'єднаних у вузлах, що утворюють жорстку просторову конструкцію. Така структура дозволяє ефективно розподіляти навантаження та перекидати значні прольоти при відносно невеликій масі конструкції. У пасажирських терміналах ферми часто використовуються для перекриття великих залів відправлення, атріумів або посадкових галерей. Архітектурно вони можуть залишатися відкритими у внутрішньому просторі будівлі, формуючи виразний елемент інтер'єру та підкреслюючи конструктивну логіку споруди.

Іншим важливим типом великопролітних систем є оболонкові конструкції. Оболонки являють собою тонкостінні просторові структури, які працюють переважно на стиск і розподіляють навантаження по всій поверхні. Завдяки своїй геометричній формі вони здатні перекривати значні площі без використання великої кількості опор. У будівлях аеропортів оболонки часто застосовуються у вигляді криволінійних покриттів або купольних конструкцій, що створюють плавні архітектурні форми та формують виразний силует будівлі. Такі рішення не лише забезпечують конструктивну ефективність, але й сприяють формуванню унікального архітектурного образу терміналу.

Широке застосування у сучасних аеропортах мають також просторові каркасні системи. Просторові каркаси складаються з тривимірної мережі стрижнів, з'єднаних у вузлах, що утворюють жорстку конструкцію, здатну сприймати навантаження у різних напрямках. Такі системи характеризуються високою міцністю, відносною легкістю та можливістю перекривати великі прольоти. Просторові каркаси часто використовуються для створення легких металевих покриттів зі значними світловими прорізами, що дозволяє інтегрувати у структуру покрівлі скляні панелі або світлові ліхтарі.

З архітектурної точки зору використання великопрольотних конструкцій дозволяє формувати відкриті, світлі та гнучкі внутрішні простори, що відповідають вимогам сучасних пасажирських терміналів. Відсутність великої кількості внутрішніх опор створює можливість для вільного розміщення функціональних зон, таких як стійки реєстрації, зали очікування, комерційні простори та інформаційні центри. Крім того, великі відкриті простори сприяють покращенню візуальної орієнтації пасажирів у будівлі.

Великопролітні конструкції також відіграють важливу роль у формуванні архітектурного образу аеропорту. У багатьох сучасних проєктах конструктивна система не приховується у товщі будівельних елементів, а навпаки

підкреслюється як важливий композиційний елемент. Відкриті металеві ферми, складні просторові каркаси або плавні оболонкові покриття створюють виразну пластику інтер'єру та формують унікальну ідентичність будівлі.

Водночас застосування великопролітних конструкцій потребує комплексного врахування інженерних та експлуатаційних факторів. До них належать питання стійкості конструкцій, забезпечення належної акустики у великих просторах, інтеграція систем освітлення, вентиляції та інших інженерних мереж у структуру перекриття. У сучасних аеропортах ці елементи часто інтегруються безпосередньо у конструктивну систему покриття, що дозволяє оптимізувати використання простору та підвищити ефективність функціонування будівлі.

Таким чином, великопролітні конструкції — ферми, оболонки та просторові каркаси — є важливим елементом архітектурно-конструктивної організації пасажирських терміналів. Вони дозволяють створювати масштабні відкриті простори, необхідні для ефективного функціонування аеропортів, а також формують виразний архітектурний образ сучасних транспортних комплексів. Завдяки поєднанню конструктивної ефективності та архітектурної виразності такі системи стали одним із ключових інструментів проектування великих громадських будівель транспортної інфраструктури. (Рис.27)



Рис.27: Великопролітна параметрична конструкція в аеропорті Daixing, Пекін

2.4.2. Світлові покриття, фасади, енергозберігаючі технології

В сучасних пасажирських терміналах архітектурно-конструктивна організація світлових покриттів і фасадів відіграє ключову роль у формуванні просторового середовища, що забезпечує комфорт і ефективність функціонування аеропорту. Великі прозорі фасадні системи та скляні атріуми дозволяють максимально використовувати природне денне світло, зменшуючи потребу у штучному освітленні та створюючи відкритий, «легкий» простір для пасажирів. Прозорі покриття та дахові скляні системи інтегруються з архітектурною композицією терміналу, формуючи чіткі візуальні коридори та акценти, які сприяють природній орієнтації пасажирів у просторі.

Світлові покриття виконують не лише естетичну функцію, а й значно впливають на енергетичну ефективність будівлі. Сучасні фасадні системи часто обладнуються багатошаровим склінням із низьким коефіцієнтом теплопередачі, сонцезахисними екранами та динамічними системами затемнення, що дозволяє контролювати проникнення тепла і світла залежно від часу доби та зовнішніх кліматичних умов. Використання таких енергозберігаючих технологій зменшує витрати на опалення, кондиціонування та освітлення, що є критично важливим для великих терміналів з відкритими просторами та високою пасажирською пропускною здатністю.

Архітектурне рішення фасадів та світлових покриттів також інтегрується із внутрішньою функціональною структурою терміналу. Великі атріуми над зонами очікування, відправлення та транзиту створюють природні світлові «коридори», які полегшують навігацію та одночасно покращують психологічний комфорт пасажирів. Таке поєднання світлового дизайну та енергетично ефективних технологій дозволяє забезпечити збалансоване поєднання естетики, функціональності та сталого енергоспоживання.

Сучасні фасади часто оснащуються інтегрованими системами управління мікрокліматом, що дозволяє поєднувати природне освітлення з ефективним опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням (HVAC). Наприклад, використання «розумного» скління або фотохромних покриттів дозволяє автоматично змінювати прозорість скляних панелей залежно від сонячної інтенсивності, зменшуючи нагрівання приміщень у літній період і зберігаючи тепло взимку. Такі рішення не лише підвищують енергетичну ефективність будівлі, а й створюють комфортні умови для перебування пасажирів, сприяють підвищенню продуктивності персоналу та покращують загальне враження від простору аеропорту.

Таким чином, світлові покриття та фасадні системи сучасних пасажирських терміналів є не лише архітектурним елементом, але й інтегрованим компонентом інженерних рішень, спрямованих на енергозбереження, комфорт пасажирів та оптимізацію функціональних потоків. Їх проектування потребує комплексного підходу, що враховує взаємозв'язок конструкцій, освітлення, клімат-контролю та архітектурної композиції терміналу.

2.4.3. Специфіка інженерних систем аеропортів (HVAC, безпека, логістика багажу)

Сучасні пасажирські термінали є складними функціональними системами, що об'єднують великі відкриті простори, високі навантаження на інженерні мережі та значну концентрацію пасажирів і персоналу. Для забезпечення безперебійної роботи аеропорту необхідна інтеграція інженерних систем, що охоплюють вентиляцію та кондиціонування повітря (HVAC), системи безпеки та логістику багажу. Кожна з цих систем має специфічні вимоги, які безпосередньо впливають на архітектурно-просторову організацію будівлі.

Системи HVAC в аеропортах мають справлятися з великими об'ємами повітря, характерними для просторих залів відправлення, транзиту та прибуття. Вони повинні підтримувати оптимальні температурно-вологісні умови у всіх зонах, враховуючи пікові навантаження та постійне коливання пасажиропотоку. Архітектурне рішення терміналу, що включає великі атріуми та скляні покриття, потребує особливого проектування вентиляційних систем для уникнення ефекту «парникового нагріву» та забезпечення рівномірного розподілу повітря. Сучасні системи HVAC інтегруються з фасадними технологіями та освітленням, наприклад, через використання автоматизованих жалюзі, сонцезахисних екранів та розумного контролю мікроклімату, що дозволяє зменшити енергоспоживання та забезпечити комфорт пасажирів.

Системи безпеки є невід'ємною частиною інженерної інфраструктури аеропорту. Вони включають контроль доступу, систему відеоспостереження, системи виявлення вибухових та пожежонебезпечних речовин, а також інтегровану пожежну сигналізацію. Архітектурне планування терміналу повинно передбачати оптимальні маршрути евакуації та розташування зон перевірки безпеки таким чином, щоб не створювати конфліктів між потоками пасажирів і забезпечувати швидкий доступ для персоналу екстрених служб. Важливо, що системи безпеки мають гармонійно інтегруватися в простір терміналу, не порушуючи його естетичної цілісності та функціональної логіки.

Логістика багажу є критичною складовою ефективного функціонування аеропорту. Вона включає автоматизовані системи сортування, транспортування та відстеження багажу, що забезпечують своєчасну доставку до літаків та видання пасажирам. Для цього використовуються багаторівневі транспортні конвеєрні системи, тунелі та механізовані вузли сортування, які інтегруються з архітектурною структурою терміналу. Важливою вимогою є розділення потоків пасажирів та багажу, що дозволяє зменшити ризик затримок та підвищити безпеку обслуговування. Просторове планування таких систем враховує оптимізацію маршрутів, доступність для технічного обслуговування та можливість майбутнього розширення інженерної інфраструктури.

Таким чином, інженерні системи HVAC, безпеки та логістики багажу в пасажирських терміналах є складними інтегрованими мережами, без яких неможливе ефективне функціонування аеропорту. Їх проєктування вимагає комплексного підходу, що поєднує архітектурну композицію, функціональне зонування та сучасні технології управління енергоспоживанням і потоками пасажирів. Гармонійна інтеграція інженерних систем у простір терміналу забезпечує високий рівень безпеки, комфорт і оперативність обслуговування пасажирів та багажу.

Висновки до Розділу 2

Удосконалено підходи до функціонального зонування пасажирського терміналу. Визначено, що найвища пропускна здатність та експлуатаційна гнучкість досягаються при чіткому вертикальному розведенні технологічних рівнів, де брудні логістичні процеси (багажний комплекс) повністю ізолюються на нульовій позначці, звільняючи верхні яруси для пасажирських та громадських зон.

Встановлено характер впливу процесів технологічного обслуговування пасажирів на архітектурну форму. Графіки руху та часові регламенти авіаційних процедур (реєстрація, безпековий та митний контроль) диктують потребу у створенні безбар'єрного простору без жорстких перегородок за концепцією "вільного плану", що дозволяє оперативно масштабувати операційні зони під динамічні пасажиропотоки.

Сформовано просторові моделі громадських зон, орієнтовані на покращення психоемоційного стану людей. Виявлено, що використання інтегрованих багатосвітлових атриумів, елементів біофільного дизайну (зелених стін, адіабатичних фонтанів) та панорамного скління мінімізує навігаційний стрес.

Визначено ключові архітектурно-конструктивні та інженерні особливості сучасних аеровокзалів.

РОЗДІЛ 3. Особливості формоутворення пасажирських аеропортів у київській області

3.1. Аналіз існуючої мережі аеропортів Київської агломерації

До повномасштабного вторгнення 24 лютого 2022 року ринок цивільної авіації України демонстрував один із найвищих темпів зростання у Східній Європі. Вітчизняна авіаційна інфраструктура проходила етап глибокої модернізації, інтегруючись у загальноєвропейський транспортний простір.

Рекордні показники пасажиропотоку: Піковим для української авіації став 2019 рік, коли сумарний пасажиропотік через вітчизняні аеропорти досяг історичного максимуму — 24.34 мільйонів пасажирів (що на 18.5% перевищило показники 2018 року). Головними повітряними воротами країни виступав Міжнародний аеропорт "Бориспіль", який забезпечував понад 60% усіх перевезень. Друге місце за обсягами впевнено утримував Міжнародний аеропорт "Київ" імені Ігоря Сікорського (Жуляни), який став ключовою базою для лоукост-сегмента.

Ера лоукостерів та лібералізація ринку: Основним драйвером зростання стало масове входження на український ринок європейських бюджетних авіакомпаній (Wizz Air, Ryanair) та активний розвиток національних перевізників (MAU, SkyUp). Авіаподорожі перестали бути елітарним видом транспорту, перетворившись на повсякденний засіб мобільності для мільйонів громадян.

Регіональна децентралізація: Окрім столичного вузла, стрімку модернізацію проходили регіональні хаби — аеропорти Львова, Одеси, Харкова та Запоріжжя. Програма "Велике будівництво" передбачала масштабне оновлення злітно-посадкових смуг та терміналів по всій країні (зокрема, розпочалося проектування та будівництво нових летовищ у Дніпрі та Закарпатті).

Угода про "Відкрите небо" (САП): Наприкінці 2021 року Україна підписала доленосну Угоду про Спільний авіаційний простір із Європейським Союзом. Це зняло будь-які обмеження на географію польотів і кількість рейсів для європейських та українських компаній, відкривши перспективи для безпрецедентного масштабування ринку у 2022-2023 роках.

Постковідне відновлення: Навіть попри важку кризу пандемії COVID-19 (яка у 2020 році обвалила перевезення), упродовж 2021 року український авіаринок відновився на 60-70%, суттєво випереджаючи середньосвітові темпи реанімації галузі.

Колапс цивільного авіасполучення після 24 лютого 2022 року

Повномасштабна військова агресія Російської Федерації проти України повністю зупинила еволюцію цивільної авіації, миттєво перевівши галузь у стан абсолютного анабіозу.

Закриття повітряного простору: 24 лютого 2022 року о 02:45 за київським часом Державне підприємство обслуговування повітряного руху України ("Украерорух") оголосило про повне закриття повітряного простору України для цивільних користувачів через високі ризики для безпеки польотів. Усі комерційні рейси були негайно скасовані, а літаки, що перебували в повітрі, перенаправлені на запасні аеродроми в сусідніх країнах ЄС.

Руйнування авіаційної інфраструктури: Українські аеропорти стали першочерговими цілями для масованих ракетно-бомбових ударів. Інфраструктура багатьох летовищ зазнала катастрофічних пошкоджень:

Аеропорти в Донецьку (зруйнований ще у 2014-2015 роках) та Луганську були доповнені повністю знищеними комплексами в Маріуполі, Херсоні та Антонові (Гостомель).

Термінали та злітно-посадкові смуги аеропортів Харкова, Миколаєва, Вінниці та Чернігова зазнали критичних руйнувань внаслідок прямих влучань.

Столичні хаби ("Бориспіль" та "Жуляни"), а також західні летовища (Львів, Івано-Франківськ) зберегли основні контури терміналів, проте їхня експлуатація лишається неможливою через перманентну загрозу ракетних атак та ударів БПЛА.

Втрата флоту та символів: Найважчим символічним ударом для світової та національної авіації стало знищення на аеродромі в Гостомелі флагмана українського літакобудування — Ан-225 "Мрія", найбільшого пасажирсько-вантажного літака у світі. Частина флоту пасажирських авіакомпаній (зокрема SkyUp та МАУ) встигла евакуювати літаки за кордон до закриття неба і продовжила роботу на умовах мокрого лізингу в Європі. Проте суттєва кількість цивільних бортів залишилася заблокованою в "Борисполі" та інших портах.

Економічні та соціальні наслідки: Повне закриття неба призвело до вимушеного простою десятків тисяч висококваліфікованих авіаційних спеціалістів (пілотів, диспетчерів, інженерів, наземного персоналу). Транспортна логістика України повністю переорієнтувалася на залізничне та автомобільне сполучення через західні кордони, що критично збільшило час у дорозі для пасажирів і навантаження на наземну інфраструктуру.

Резюме та актуальність архітектурного проектування в умовах відновлення

Заморожування цивільних польотів та фізичне руйнування інфраструктури сформували абсолютно нові виклики, але водночас відкрили вікно можливостей для повоєнного переосмислення архітектури аеропортів.

Сучасне проектування нового термінального комплексу для Міжнародного аеропорту "Київ" (Жуляни) в умовах поточної кризи набуває особливої стратегічної актуальності з кількох причин:

Концепція "Build Back Better" (Відбудувати краще, ніж було): Замість відновлення застарілих радянських або раннях пострадянських планувальних схем, проект пропонує створення високотехнологічного, параметричного хабу європейського зразка, що відповідає екологічним стандартам Green Airport.

Безпековий фактор: Досвід війни диктує нові архітектурні вимоги до терміналів. Проектування безпідземного трирівневого простору, гнучких зон трансформації пасажиропотоків, посилених несучих монолітних конструкцій (з колонами діаметром 1.4 м) та автономних систем енергогенерації (сонячні дахи, п'єзоелектричні плити) закладає підвищену живучість об'єкта.

Економічний стрибок при відкритті неба: Експерти прогнозують колосальний відкладений попит на авіап перевезення в Україну одразу після стабілізації безпекової ситуації (повернення мільйонів мігрантів, бізнес-делегацій, місій з відбудови та туристів). Столичний міський аеропорт "Жуляни" повинен мати готові архітектурні рішення, здатні миттєво включитися в роботу та зняти надлишкове навантаження з "Борисполя". [10]

У контексті архітектурно-містобудівного аналізу просторова структура авіаузла столиці базується на принципі дуалізму головних повітряних воріт:

1. Міжнародний аеропорт «Бориспіль» функціонує як класичний віддалений інтермодальний хаб (дистанційований від ядра агломерації на 29 км), орієнтований на далекомагістральні, трансконтинентальні рейси та великогабаритні повітряні судна (класу кодівих букв E, F). Його архітектурно-планувальна система розвивається за лінійно-вузловою схемою з високим ступенем автономії.

2. Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни) історично та просторово інтегрований безпосередньо у селітебну й промислову тканину правобережної частини міста (відстань до історичного центра становить лише 8 км). Це визначає його морфологію як «міського аеропорту» (City Airport), аналогічного за своєю містобудівною моделлю до London City Airport або аеропорту префектури Ханеда в Токіо. [11]

Стан діючих аеропортів України напередодні 2022 року

За офіційними даними Державної авіаційної служби України, станом на кінець 2021 року комерційні пасажирські та вантажні рейси в країні регулярно обслуговували 19 аеропортів та аеродромів. При цьому ринок мав чітко виражену централізацію.

На шість провідних летовищ припадало 97% усього пасажиропотоку та майже 100% поштово-вантажних перевезень країни. До цієї групи входили:

«Бориспіль» (Київ) — абсолютний лідер, що прийняв за 2021 рік 9.43 мільйона пасажирів (близько 60% ринку) та встановив чотирирічний рекорд із вантажообігу (понад 45.6 тисяч тонн).

«Львів» імені Данила Галицького — найбільший авіавузл Західної України.

«Київ» імені Ігоря Сікорського (Жуляни) — головний столичний хаб для лоукост-сегмента.

«Одеса» — ключовий південний аеровокзал.

«Харків» — основні повітряні ворота Східної України.

«Запоріжжя» — аеропорт із найстрімкішою динамікою відновлення, який у 2021 році перевищив свої доковідні показники на 42.2%.

За підсумками 2021 року сумарний пасажиропотік українських аеропортів становив 16.22 мільйона осіб (зростання на 87.2% порівняно з пандемійним 2020 роком). Ринок демонстрував одне з найшвидших у Європі темпів відновлення після COVID-19, досягнувши майже 70% від показників рекордного 2019 року.

Решта 13 діючих летовищ (зокрема у Дніпрі, Херсоні, Чернівцях, Івано-Франківську, Ужгороді, Кривому Розі) обслуговували переважно чартерні програми, сезонні курортні рейси або поодинокі внутрішні маршрути. На момент початку 2022 року авіаційна галузь України перебувала на стадії інфраструктурного підйому та готувалася до масштабного розширення географії польотів завдяки підписаній угоді про «Відкрите небо» з ЄС. (Рис.28)



Рис.28: Мапа статусу пасажирських аеродромів України станом на 2002 р.

Дослідження просторової взаємодії цих об'єктів свідчить про диспропорцію у розподілі навантаження. Проте світовий досвід проектування транспортних систем доводить, що моноцентрична залежність від одного великого хабу знижує стійкість системи. Розвиток аеропорту «Жуляни» як високоінтенсивного субцентра авіасполучення дозволяє диверсифікувати потоки. Реконструйована структура з проектною потужністю на 7 міжнародних та 5 внутрішніх каналів вильоту (гейтів) переводить даний об'єкт з категорії регіонального дублера до статусу повноцінного високотехнологічного міського терміналу, що обслуговує середньомагістральні рейси (лоукост-перевізники та бізнес-авіацію) та внутрішньодержавні маршрути.

Таким чином, архітектурно-просторова модернізація термінального комплексу «Жуляни» є композиційним та функціональним замиканням транспортно-планувального каркаса Київської агломерації. Вона забезпечує необхідний баланс між лівобережною (Бориспіль) та правобережною (Київ) зонами гравітації пасажиропотоків, оптимізуючи часову доступність об'єкта для мешканців та гостей столиці. [12]

3.2. Планувальні особливості, обмеження регіонального контексту та містобудівні вимоги до утворення та планування пасажирських терміналів

Містобудівні вимоги щодо дислокації аеропортів у структурі міського середовища (на прикладі Міжнародного аеропорту «Київ» імені Ігоря Сікорського) включають в себе шумоізоляцію, логістичні шляхи, функціонально-планувальну інтеграцію, транспортно-інфраструктурне збалансування, інтермодальність, екологічну безпеку та санітарно-гігієнічне зонування.

Дислокація авіатранспортного підприємства в межах урбанізованої структури столичного мегаполіса підпорядкована комплексу взаємопов'язаних містобудівних вимог, регламентованих державними будівельними нормами

(зокрема, ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» та ДБН В.2.3-20:2009 «Аеродроми»), а також міжнародними стандартами ІСАО (*International Civil Aviation Organization*).

На прикладі Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) простежується специфічний конфлікт та водночас синергія між просторовим розвитком міста та функціонуванням великого інфраструктурного об'єкта. Містобудівні вимоги до його локації та проектування нового термінального комплексу класифікуються за кількома основними векторами. [13] (Рис.29)

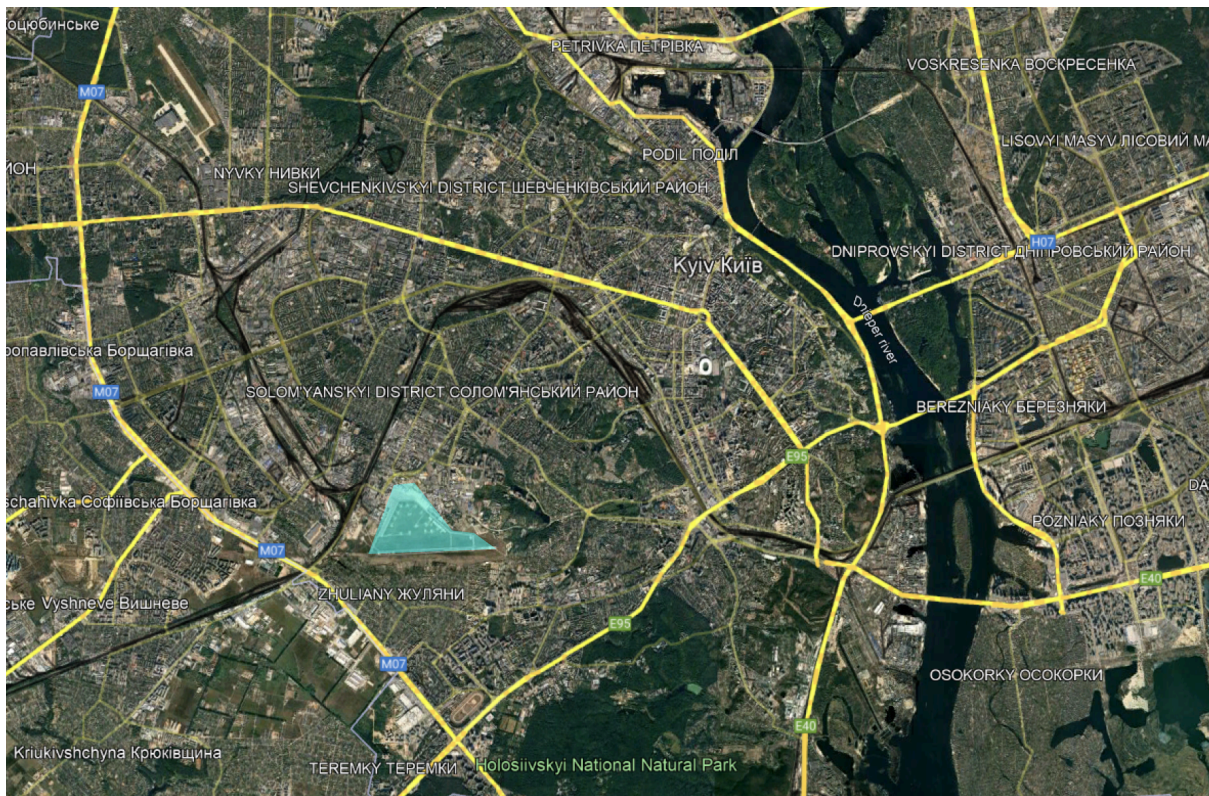


Рис.29: Розташування території пасажирського аеропорту “Жуляни” у Солом’янського р-ну м. Київ

Функціонально-планувальна інтеграція та територіальні резерви

Згідно з вимогами містобудівного проектування, селітебні (житлові) території та зони зовнішнього транспорту повинні мати чітке просторове розмежування

для запобігання взаємному негативному впливу. Проте історичне розташування аеропорту «Жуляни» зумовило його глибоке інтегрування у середовище Правобережжя.

Вимога просторової буферизації: Територія аеропорту безпосередньо межує із житловим масивом Жуляни, промислово-комунальними зонами «Пост-Волинський» та «Предмостова», а також залізничним напівкільцем. У цих умовах проектування розширеного пасажирського терміналу вимагає формування внутрішніх планувальних буферів — санітарно-захисних зон (СЗЗ), використання елементів геопластики (штучних земляних насипів) та щільного периметрального озеленення.

Ефективність використання земельного фонду: Обмеженість відведеної земельної ділянки аеропорту висуває вимогу мінімізації «плями забудови» (*footprint*) проєктованого об'єкта. Архітектурне рішення пасажирського терміналу на 12 гейтів має базуватися на принципі містобудівної концентрації: замість лінійного розпластання будівлі вздовж перону, доцільно застосовувати компактне багатоярусне планування з організацією технологічних процесів за вертикальним вектором (підземні рівні для автоматизованого сортування багажу, перший рівень — прибуття, другий — виліт).

Організація зонованих приаеродромних територій та обмеження висотності

Однією з найсуворіших містобудівних вимог є дотримання безпеки польотів через жорстке регулювання висотності навколишньої забудови в зонах підходів повітряних суден.

Поверхні обмеження перешкод (Obstacle Limitation Surfaces): Навколо ЗПС аеропорту «Жуляни» встановлено тривимірну систему уявних поверхонь (конічна, внутрішня горизонтальна, поверхні заходження на посадку та зльоту), що обмежують висоту будь-яких споруд у радіусі до 15 км.

Вплив на архітектуру терміналу: Сама будівля проектного пасажирського терміналу, розташована у безпосередній близькості до льотного поля, підпадає під дію перехідної поверхні (*transitional surface*). Це лімітує її максимальну висоту (зазвичай не більше 15–18 метрів), що диктує проектування протяжного, але низькопрофільного силуету будівлі із пласким або злегка хвилеподібним дахом, який не створює перешкод для радіолокаційного обладнання та візуального огляду з диспетчерської вежі (КДП).

Взаємодія з міським контекстом: Наявність аеропорту у структурі міста блокує можливість зведення висотних домінант у прилеглих районах (Теремки, Солом'янка, Чоколівка), що безпосередньо впливає на генеральний план розвитку Києва, стримуючи щільність та поверховість житлового будівництва у цих зонах.

Транспортно-інфраструктурне збалансування та інтермодальність

Містобудівні вимоги передбачають, що великі пасажирські термінали повинні проектуватись як потужні мультимодальні вузли, здатні поглинати та перерозподіляти значні транспортні потоки, не перевантажуючи міську мережу.

Розділення транзитного та локального потоків: Локація аеропорту «Жуляни» поблизу Повітрофлотського проспекту та Великої Окружної дороги вимагає створення ізольованої системи під'їздів до привокзальної площі. Проектне рішення розширеного терміналу повинно передбачати шлюзові системи в'їзду-виїзду з автоматизованим контролем, що запобігає утворенню заторів на загальноміських магістралях.

Екологічна безпека та санітарно-гігієнічне зонування

В умовах міського розташування вимоги екологічного законодавства стають визначальними для об'ємно-просторової організації об'єкта.

Акустичне зонування (Шумова мапа міста): Траєкторії зльоту та посадки літаків в аеропорту «Жуляни» проходять над густозаселеними районами Києва. Містобудівний аналіз вимагає встановлення зон обмеження житлової забудови за критерієм еквівалентного рівня звуку (не більше 55 дБА вдень та 45 дБА вночі). [9]

Архітектурні заходи мінімізації еко-навантаження: При розширенні терміналу архітектор зобов'язаний застосувати планувальні методи захисту: розміщення технологічних будівель (карго-термінали, кейтерингові блоки, паркінги) на периферії ділянки як додаткових шумозахисних екранів для житлових кварталів; організація закритих перонних технологій обслуговування (використання телетрапів замість автобусів, де це можливо, та підключення літаків до стаціонарних джерел електроживлення замість використання шумних допоміжних силових установок шасі).

Резюме містобудівного аналізу та характеристики земельної ділянки мікрорайону “Жуляни”:

Таким чином, дислокація Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) в структурі столиці накладає систему жорстких взаємовиключних обмежень. З одного боку, близькість до центру міста є унікальною перевагою (забезпечує мінімальний час доступності для пасажирів), з іншого — стає критичним лімітуючим фактором для територіального розвитку. [22]

Архітектурно-просторова організація реконструйованого терміналу на 7 міжнародних та 5 внутрішніх гейтів повинна демонструвати компроміс: максимальну функціональну ємність інтер'єру за мінімальних зовнішніх габаритів будівлі, що дозволить об'єкту безконфліктно існувати в тканині київського мегаполіса.

Проектування та розширення пасажирського терміналу в умовах середовища, що вже склалося, підпорядковане жорсткій системі містобудівних, екологічних, технологічних та ландшафтних обмежень. Розташування аеропорту «Жуляни» у Солом'янському районі м. Києва зумовлює низку специфічних планувальних факторів:

Територіально-просторові обмеження (Дефіцит земельного ресурсу): На відміну від позаміських аеропортів, «Жуляни» обмежені магістралями загальноміського значення (Повітрофлотський проспект, вулиця Медова), залізничними коліями та існуючою житловою й промисловою забудовою. Це унеможлиблює екстенсивний горизонтальний розвиток термінального комплексу. Архітектурне вирішення розширення до 12 гейтів (7 міжнародних + 5 внутрішніх) вимагає переходу до інтенсивних методів проектування: вертикального зонування, використання підземного простору для інженерних та паркувальних функцій, а також оптимізації внутрішньої геометрії будівлі.

Акустичні та екологічні обмеження: Безпосередня близькість до житлових масивів (Жуляни, Теремки, Солом'янка) накладає суворі обмеження на шумове навантаження (зони санітарного розриву та шумового дискомфорту). В архітектурно-просторовій організації терміналу це диктує необхідність застосування шумозахисних екранів, спеціального скління фасадів з високим коефіцієнтом звукоізоляції та трасування пішохідно-транспортних потоків таким чином, щоб будівля терміналу виконувала роль акустичного бар'єра між пероном і привокзальною площею.

Висотні обмеження забудови (Приаеродромна територія): Поверхні обмеження перешкод (згідно з нормами ІКАО та ДБН) суворо лімітують поверховість та архітектурний силует самого терміналу та прилеглих споруд. Будівля не може розвиватися вгору вище встановлених кривих поверхонь зльоту-посадки. Це

зумовлює проектування розпластаної, але компактної 2-3-рівневої об'ємно-просторової структури терміналу з розвиненими підземними ярусами.

Транспортно-інтермодальні обмеження та зв'язки: Регіональний контекст вимагає інтеграції терміналу в міську мережу пасажирського транспорту. Обмежена пропускна здатність прилеглих вулиць актуалізує проектування багаторівневих транспортних розв'язок на привокзальній площі, розділення потоків прибуття та відправлення у різних рівнях (наприклад, естакада вильоту на другому рівні, зона прибуття — на першому), а також перспективне закладання підземного або наземного зв'язку з лініями швидкісного рейкового транспорту (метрополітен, міська електричка).

Взаємоконфігурація «Термінал — Перон — ЗПС»: Головним планувальним обмеженням є фіксоване положення злітно-посадкової смуги (ЗПС). Розміщення 12 посадкових галерей/гейтів вимагає реконфігурації перону для забезпечення нормативних радіусів розвороту повітряних суден. З огляду на лінійний дефіцит фронту терміналу, раціональним архітектурним рішенням є застосування пірсової (пальцевої) або сателітної схеми розташування галерей вильоту, що дозволяє максимізувати кількість контактних місць стоянок літаків на обмеженій площі перону.

Архітектурний проєкт аерокомплексу пропонує адаптувати розширений термінал до мережі міста та вписати до існуючого генерального плану з мінімальними необхідними видозмінами.

Проєкт пропонує розширення злітно-посадкових смуг та проведення автомобільної дороги для особистих авто та громадського транспорту на рівні +7.000. [2, 3] (Рис.30)

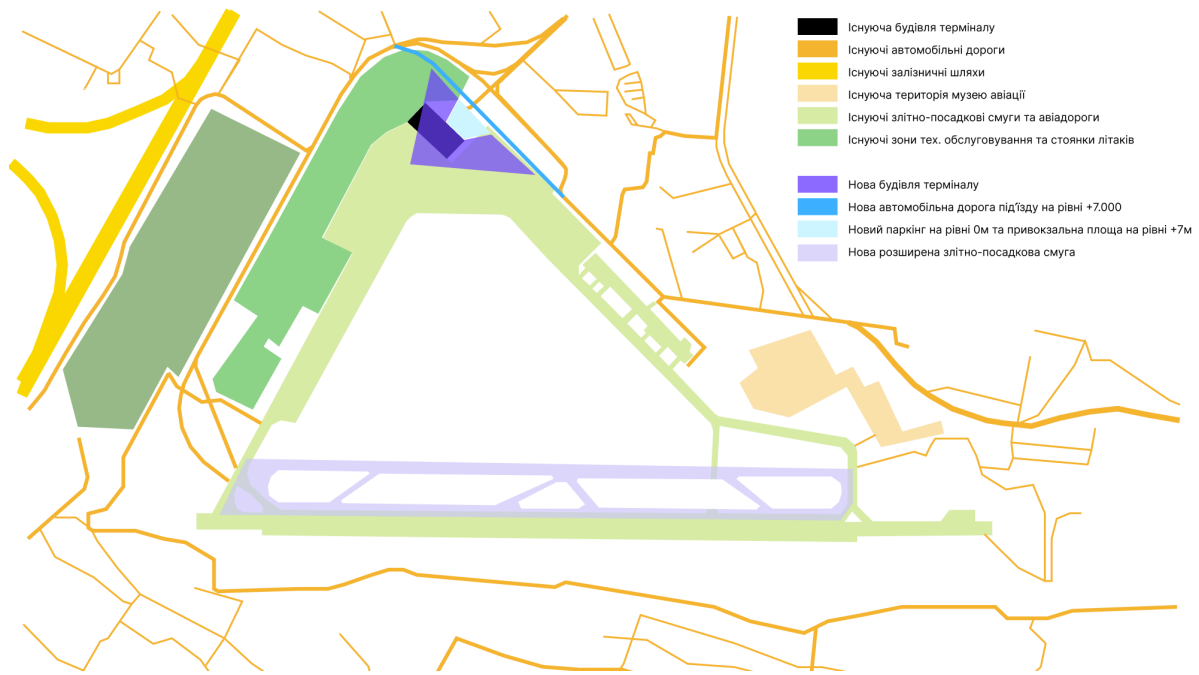


Рис.30: Існуючий генеральний план та пропозиція щодо розвитку аеропорту Жуляни м.Київ у наш час

Архітектурно-просторові принципи розвитку пасажирських терміналів у Київській області

На основі аналізу світового досвіду та врахування специфіки аеропорту «Київ» (Жуляни) сформульовано систему архітектурно-просторових принципів, що покладені в основу проекту реконструкції та розширення термінального комплексу:

Принцип гнучкості та трансформації простору (Адаптивність): враховуючи динаміку коливань пасажиропотоку та необхідність обслуговування як міжнародних (7 гейтів), так і внутрішніх (5 гейтів) рейсів, просторова структура терміналу має базуватися на принципі «терміналу-трансформера» (Flexibility Principal). Це досягається за допомогою використання великопролітних конструктивних схем (металеві або клеєдерев'яні ферми, просторові структури), що мінімізують кількість внутрішніх опор і дозволяють вільно перепланувати інтер'єр.

Принцип чіткого функціонального зонування та розділення пасажиропотоків (Стрімлайн-концепція)

Для забезпечення високої пропускної здатності та виключення перетину зустрічних і перехресних потоків пасажирів застосовується метод вертикально-горизонтального розведення:

Вертикальне розділення: Верхній рівень (рівень +1) відводиться під зони реєстрації, митного/авіаційного контролю та галереї вильоту. На поверсі +1 розташована привокзальна площа для пішоходів з під'їздами та зупинками громадського та особистого транспорту.

Нижній поверх на рівні землі (рівень 0) — під зони прибуття, видачі багажу, автомобільний паркінг та дві ліфтові і сходові шахти, що утворюють вертикальне сполучення з привокзальною площею на рівні +1 та спрощеним доступом до міського транспорту.

Горизонтальне розділення: Чітке просторове розмежування міжнародного та внутрішнього секторів. Оскільки міжнародний сектор (7 гейтів) потребує проходження прикордонного та митного контролю, він проектується як подовжена відкрита галерея з додатковими службовими приміщеннями, що обслуговують виключно потреби пасажирів міжнародних сполучень. Внутрішній сектор (5 гейтів) має спрощену логістику. Обидва сектори об'єднуються спільною вхідною зоною (атріумом) та централізованим комерційним простором (Duty Free / Food Court), що підвищує економічну ефективність об'єкта.

Принцип інтермодальності та просторової компактності

В умовах міського аеропорту будівля терміналу розглядається не просто як павільйон для посадки в літаки, а як компактний комунікаційний **хаб** (Hub-Terminal). Привокзальна площа, підземні паркінги, зупинки громадського

транспорту та сам термінал об'єднуються в єдиний критий багатосвітловий атриум. Це мінімізує пішохідні підходи (принцип «short walking distances» — відстань пішки не повинна перевищувати 150-200 метрів від транспорту до стійки реєстрації). (Рис.31)

- Автомобільний під'їзд до паркінгу на рівні 0.000
- Автомобільний під'їзд до привокзальної площі та зупинок гром. транспорту на рівні +7.000
- Рух літаків та спец. техніки

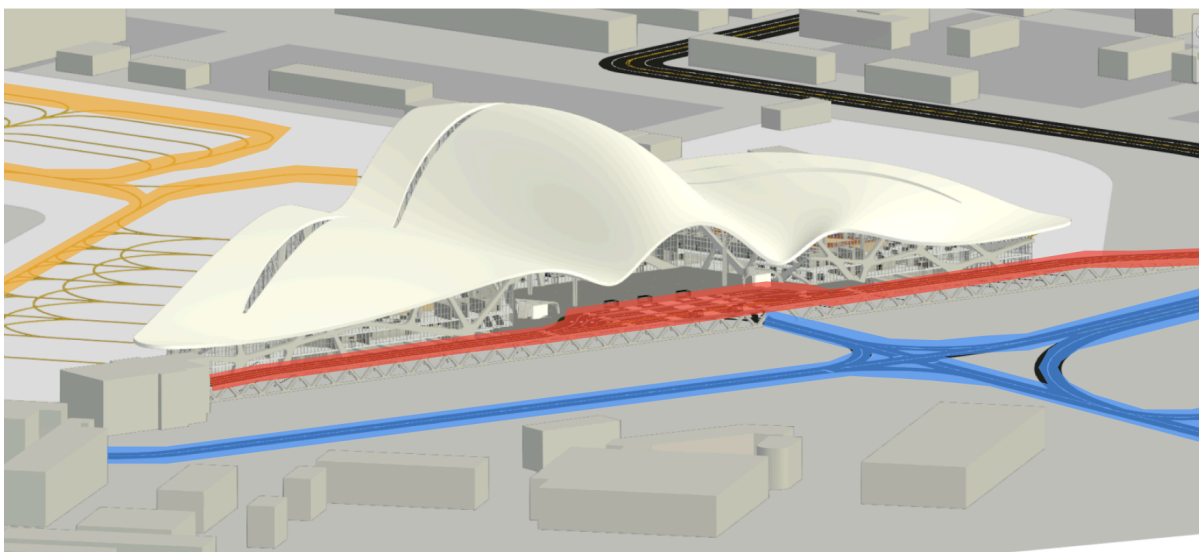


Рис.31: Транспортні зв'язки

Принцип екологічної стійкості та архітектурної біофілії (Sustainable & Biophilic Design)

Розвиток терміналу в межах мегаполіса вимагає компенсації техногенного впливу через архітектурні форми:

Максимальне використання природного освітлення завдяки суцільному скління фасадів та влаштуванню зенітних ліхтарів у даху, що знижує енергоспоживання.

Впровадження сонячних панелей та локальних пристроїв підвищення енергоефективності (сонячні панелі, вітрогенератори, сонячні ліхтарі).

Принцип контекстуальності

Архітектурний образ модернізованого терміналу «Жуляни» має стати візуальними воротами Києва. Об'ємно-просторове рішення повинно гармоніювати з міським ландшафтом. Використання прогресивних матеріалів (композити, структурне скло, оголений бетон і дерево) підкреслить інноваційний та водночас автентичний характер споруди.

3.3. Функціонально-планувальне зонування пасажирського терміналу «Жуляни»

Планувальне та об'ємно-просторове вирішення сучасних аеровокзальних комплексів є результатом синергії суворого нормативно-технологічного регламенту та архітектурно-композиційного моделювання. Просторова структура терміналу детермінована комплексом факторів: функціональним призначенням, розрахунковою пропускнуою здатністю, містобудівним значенням об'єкта в структурі агломерації, а також ландшафтно-кліматичними контекстами. Проте першочерговим чинником, що визначає параметризацію приміщень, їхню типологію та взаємозв'язок, є функціонально-технологічний процес обслуговування пасажиропотоків і багажу.

У проекті розширення та модернізації Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) архітектурно-просторова композиція базується на принципі ортогонального двовекторного горизонтального зонування та трьохрівневого вертикального розведення потоків, що забезпечує функціонування 12 посадкових каналів (гейтів).

Вертикальне та горизонтальне структурування технологічних процесів

З метою оптимізації логістичних ланцюгів та диференціації пасажиропотоків за видами сполучення, будівля терміналу розпланована у трьох наземних рівнях, де кожен поверх виконує автономну технологічну функцію. (Рис.32)



Рис.32: Схема вертикального та горизонтального зонування терміналу та розділення пасажиропотоків на прибуття, відправлення, міжнародні та внутрішні, а також поверх громадського харчування

Схема обслуговування пасажирів «на виліт» (Рівень +1)

Технологічний вектор відправлення повністю винесений на **рівень +1 (+7.000)**, що дозволяє ізолювати пасажирів, які покидають місто, від транзитних потоків та потоків прибуття.

Вхідна група та реєстрація: Доступ пасажирів на рівень +1 здійснюється через естакаду привокзальної площі. Вхідні групи обладнані інтегрованими сертифікованими пунктами первинного догляду. В операційній залі, на основі візуальної та акустичної мультимедійної інфраструктури, пасажирів орієнтують та направляють до операційних стійок реєстрації квитків і оформлення багажу (або терміналів самореєстрації Self-Check-In).

Векторна диференціація (Захід — Схід): Після проходження реєстрації відбувається розділення пасажиропотоку за географією сполучення:

1. **Західне крило (Міжнародний сектор):** Акумулює потік до 7 міжнародних гейтів. Пасажири послідовно проходять зони митного контролю, павільйони паспортного (прикордонного) контролю та пункти остаточного передпольотного огляду ручної поклажі й особистих речей. Очікування посадки здійснюється у стерильній зоні міжнародного сполучення, що обладнана галерейними виходами безпосередньо до повітряних суден.
2. **Східне крило (Внутрішній сектор):** Обслуговує 5 гейтів внутрішніх ліній. Пасажири минають зони митного та прикордонного регулювання і після проходження авіаційної безпеки (передпольотного огляду) направляються в ізольовану стерильну зону внутрішніх рейсів. (Рис.33)



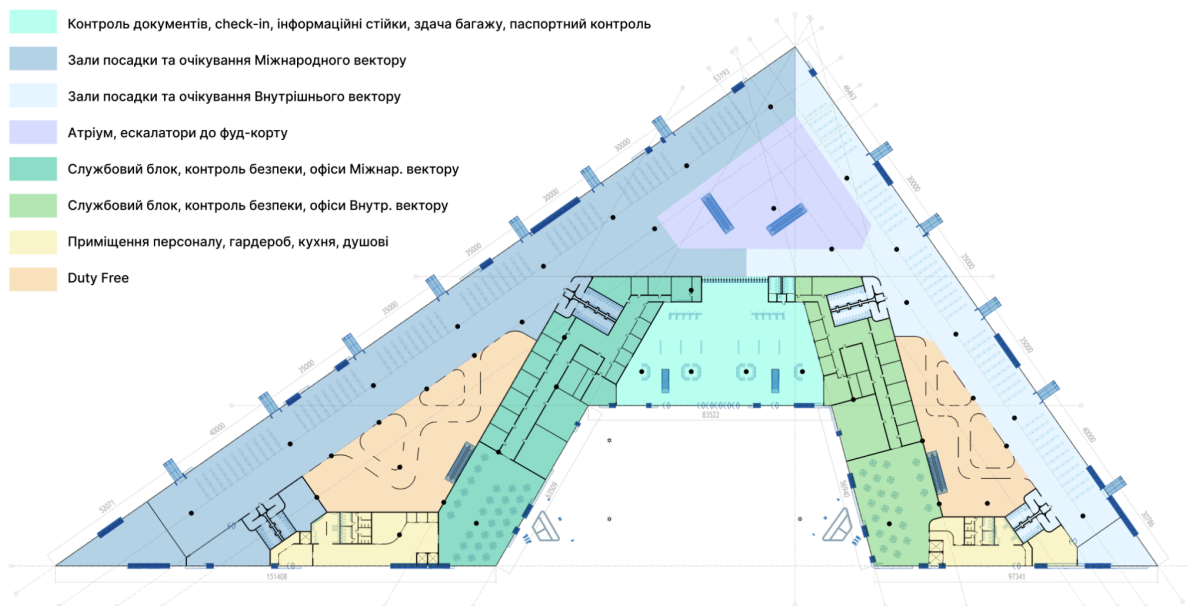


Рис.33: Зонування поверху 1 на міжнародні та внутрішні рейси та загальне зонування

Кожен вектор (Міжнародний/Захід та Внутрішній/Схід) обладнаний рядом приміщень, які забезпечують кожному крилу повну автономність та дозволяють пасажиром закривати всі потреби в рамках свого відповідного крила, не здійснюючи взаємодії з іншим:

ПОВЕРХ +1 (Виліт) – Західне / Міжнародне та Східне / Внутрішнє крило обладнані наступною сукупністю приміщень:

- **Контроль документів**

Self check-in kiosks, info desks

Реєстрація на рейси (Check-in kiosks)

Здача багажу (Bag drop)

Security screening (multi-lane)

Паспортний контроль (*лише для міжнародного крила*)

Кав'ярня

Супермаркет

Офіси авіакомпаній

- **Центральна зона**

Атріум

Ескалатори на поверх фуд-корту

Санвузли, кімнати матері та дитини

- **Рієг з гейтами**

Зали посадки та очікування

Санвузли

Кімната матері та дитини

Ескалатори до 2 поверху

- **Комерція**

Duty Free core, retail галерея

Аптека, Банки

VIP lounge, Конференс зал

Дитяча кімната

- **Персонал**

Вхід для персоналу

Гардероб

Душові

Санвузли

Їдальня персоналу

Кімната відпочинку

- **Операційні служби**

Операційний центр

Хендлінг офіси

Диспетчерська

Брифінг-зал

- **Безпека**

Приміщення контролю безпеки

Відділення поліції

Зона вторинного огляду

Кімната для затримання

Непереносний багаж

Технічне приміщення

- **Митниця та прикордонники (*лише для міжнародного крила*)**

Офіси (*лише для міжнародного крила*)

Кімнати митної інспекції (*лише для міжнародного крила*)

Екстрені паспортні послуги (*лише для міжнародного крила*)

- **Прибирання та обслуговування**

Кімната персоналу

Зберігання обладнання

Схема обслуговування пасажирів «на приліт» (Рівень 0 — рівень землі)

Процеси прибуття пасажирів локалізовані на **рівні 0 (± 0.000)**, що забезпечує безпосередній найкоротший вихід до перону та наземного інтермодального транспорту привокзальної площі.

- Пасажири, що прибули через **Західне міжнародне крило**, проходять через галереї прильоту до зали паспортного контролю, здійснюють забір зареєстрованого багажу з автоматизованих пластинчастих транспортерів (каруселей), проходять митну деклараційну зону («зелений»/«червоний» коридори) та виходять у загальний вестибюль.
- Пасажири **Східного внутрішнього крила** прямують за спрощеною схемою: безпосередньо до зали видачі багажу свого сектора, після чого виходять до загальнодоступної зони аеровокзалу. (Рис.34)

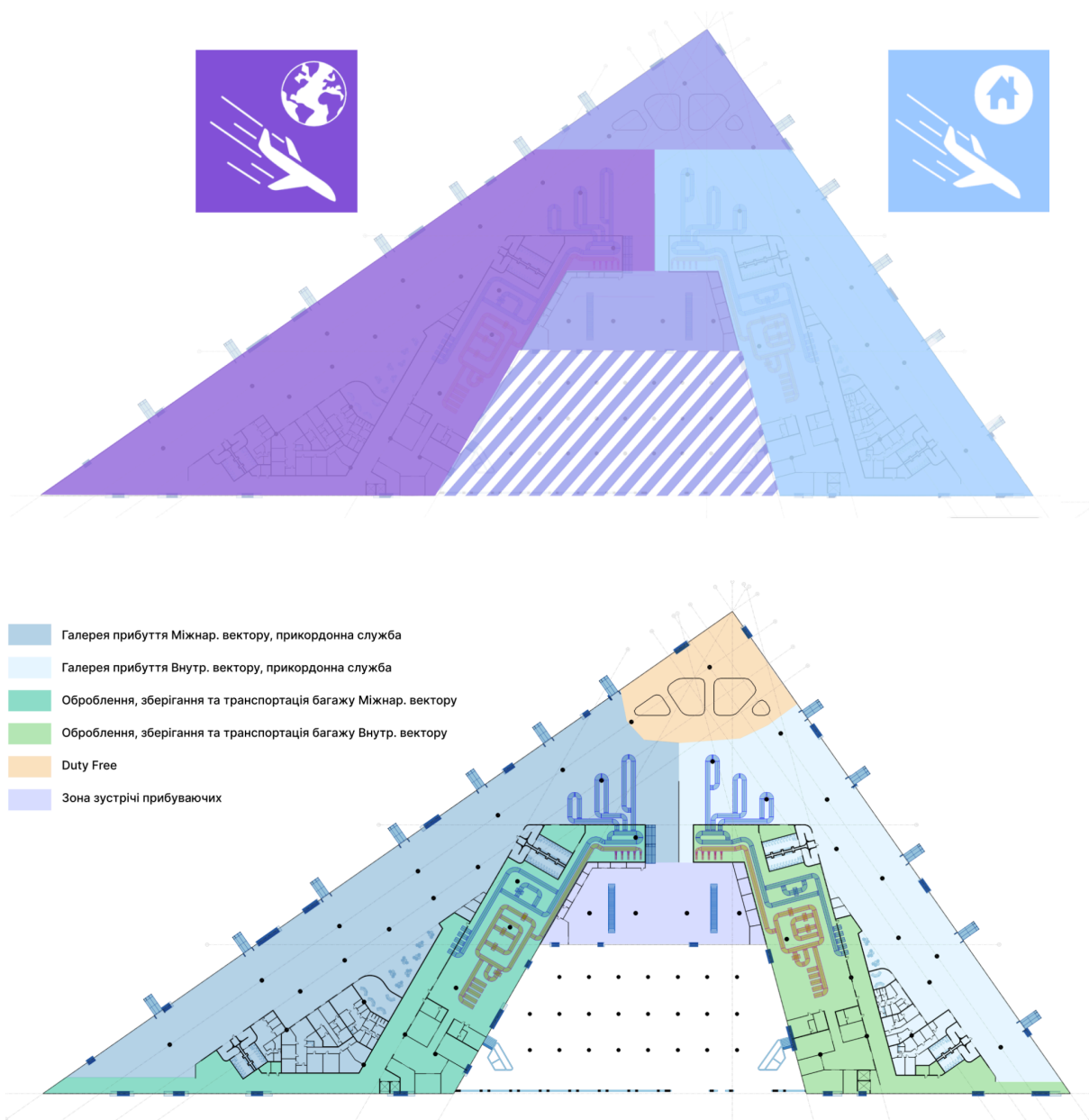


Рис.34: Зонування поверху 0 на міжнародні та внутрішні рейси та загальне зонування

ПОВЕРХ +0 (Прибуття) – Західне / Міжнародне та Східне / Внутрішнє крило обладнані наступною сукупністю приміщень:

- **Алея прибуваючих**

Санвузли

Кімната матері та дитини

Зона відпочинку та зарядки

Інфо-стійки (Service desks)

Стійка видачі віз (Visa-on-Arrival) *(лише для міжнародного крила)*

Стійки трансферу (Transfer Counter) *(лише для міжнародного крила)*

- **Прикордонна служба (Border Control Cluster)** *(лише для міжнародного крила)*

Кімнати поглибленої перевірки документів *(лише для міжнародного крила)*

Офіси для співбесід *(лише для міжнародного крила)*

Кімнати тимчасового затримання (Inadmissible Passengers) *(лише для міжнародного крила)*

Серверна *(лише для міжнародного крила)*

Збройова кімната *(лише для міжнародного крила)*

- **Медпункт (Medical Point)**

Приймальне відділення (Triage)

Маніпуляційна

Палата тимчасового перебування

Склад медикаментів

Карантинна зона, палати стаціонару

Палати стаціонару

- **Ветеринарний (Зоо) та Фітоконтроль**

Приміщення для огляду тварин

Лабораторія: Для експрес-аналізу проб (рослинних або біологічних).

Зона тимчасового перетримання (Kennel/Cages)

Утилізаційна

- **Відділення поліції (Police Station)**

Чергова частина

Кімната для допитів

Камера для тимчасового тримання (KPV)

Роздягальня та душова для персоналу

Приміщення авіаційної безпеки (Aviation Security)

- **Вихід у місто**

Duty Free

Отримання багажу

Зелений та червоний коридор

Кімната інспекції червоного коридору

Зона очікування для зустрічаючих

Ескалатори до зупинок громадського транспорту

Кафе

Сувеніри

Магазини зв'язку (SIM-карти)

Обмін валют

Стійки оренди авто

Замовлення таксі

- **Багажна зала**

Зона Early Baggage Storage (EBS)

Зона комплектування рейсів (Make-up Area)

Зона обробки негабаритного багажу (OOG — Out of Gauge)

Зона перевірки безпеки 2-го та 3-го рівнів

Зал обробки трансферного багажу

Склад незатребуваного/помилкового багажу

- **Технічні та службові приміщення всередині блоку**

Майстерня обслуговування конвеєрів

Диспетчерська BHS

Приміщення для водіїв перонних тягачів

Зарядна станція для електротягачів та навантажувачів

Схема обслуговування трансферних пасажирів

Трансферні (транзитні) пасажери із залів прильоту рівня 0, оминаючи зони виходу з терміналу, за допомогою вертикальних комунікаційних вузлів (ескалаторів, ліфтів) перенаправляються у трансферні зони відповідних крил (Західного або Східного) на рівні +1, де проходять експрес-пункт передпольотного огляду та інтегруються у стерильні зони очікування вильоту.

Соціокультурний та комерційний простір (Рівень +2)

Надбудований **рівень +2** виконує функцію сервісно-комерційного та рекреаційного надбання терміналу. Він консолідує мережу закладів громадського харчування (ресторани, фудкорти), торгово-розважальні площі, а також інноваційні бізнес-простори (коворкінги, бізнес-лаунжі).

Просторово рівень +2 вирішений як антресольний ярус, що візуально розкривається у багатосвітловий простір операційних залів та стерильних зон. Це дозволяє пасажирам проводити час очікування рейсу в комфортному середовищі, зберігаючи візуальний контроль над технологічними зонами вильоту.

Розподіл простору на Західне та Східне крило на поверсі +2 є умовним та не підлягає технологічним обмеженням. Кожна зона посадки поблизу закладів громадського харчування та рекреації розташована умовно на території кожного крила та обладнана інформаційним таблом з розкладом міжнародних або внутрішніх рейсів. [5] (Рис.35)

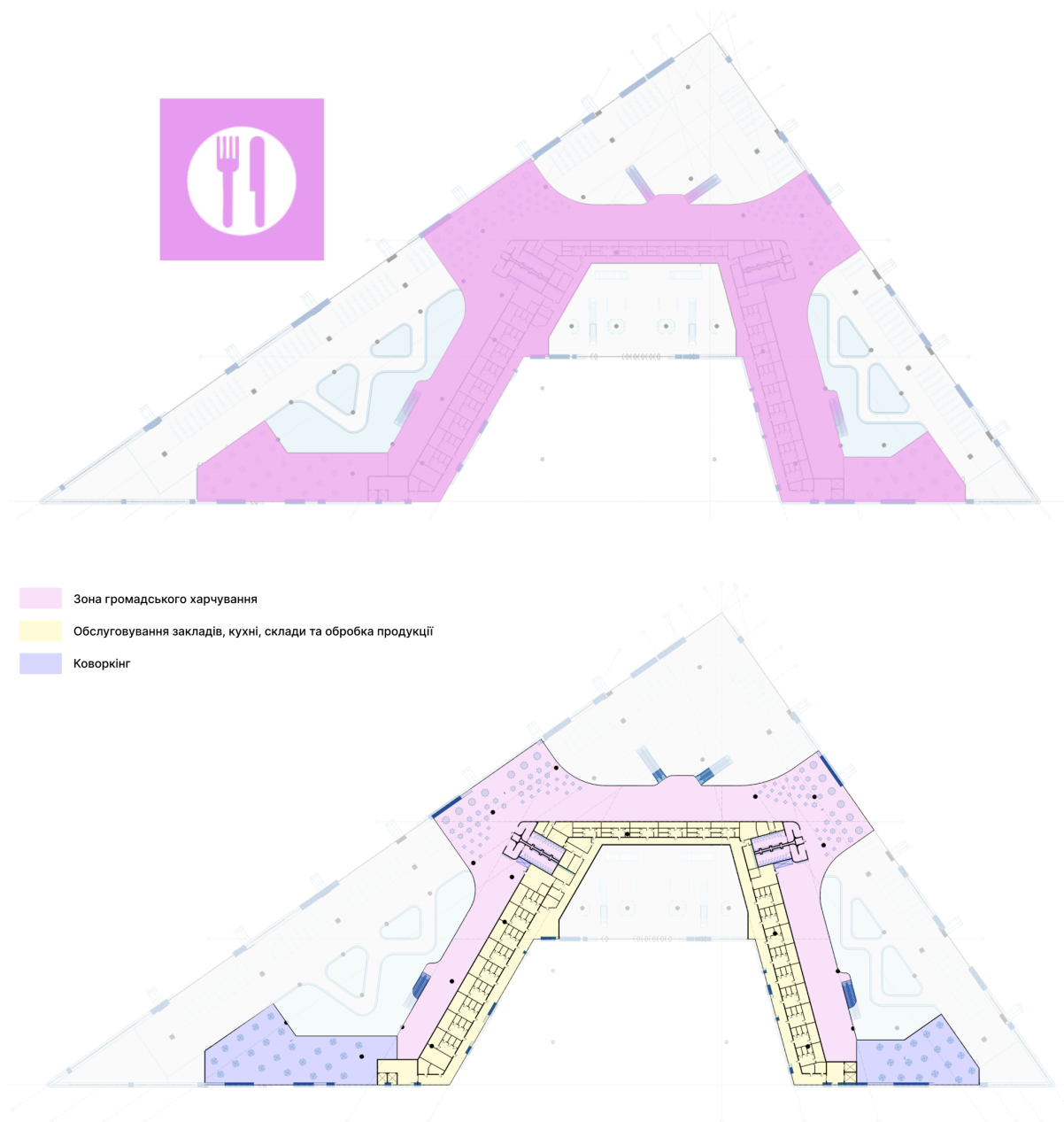


Рис.35: Загальне зонування поверху 2

ПОВЕРХ +2 (Рекреаційний) – обладнаний наступною сукупністю приміщень:

- **Зона обслуговування відвідувачів (Public Area)**

Санвузли

Кімната матері та дитини

Станції сортування відходів

Станції миття рук

Інформаційні стійки / Табло рейсів

Коворкінг

- **Службові приміщення (Back of House)**

Приміщення для збору сміття

Утилізаційна

Централізована мийна x2

Холодильні камери

Сухі склади для бакалії та пакування x2

Кімната клінінгу x2

Роздягальні для персоналу

Офіс адміністратора фудкорту

- **Технічні та безпекові приміщення**

Венткамера

Щитова та вузли обліку

Пожежний пост / Станція пожежогасіння

Типологічні концепції планувальної структури та обґрунтування проектного рішення

У світовій практиці архітектурного проектування аеровокзалів формування об'ємно-просторової структури та розподіл функціональних зон базується на чотирьох фундаментальних типологічних концепціях:

Концепція	Архітектурно-просторова специфіка	Переваги	Недоліки
Галерейна (пірсова)	Двостороннє примикання перону до видовжених посадкових галерей (пірсів), що відходять від головного процесингового ядра.	Максимізація фронту посадки; висока концентрація контактних місць стоянок літаків.	Збільшення довжини пішохідного шляху пасажирів у разі відсутності траволаторів; обмеженість розвитку.
Сателітна	Острівне розміщення посадочних споруд (сателітів) на пероні, з'єднаних з головним терміналом підземними/надземними галереями або тунелями.	Свобода маневрування повітряних суден; рівномірна довжина шляху пасажирів усередині сателіта.	Велика площа перонних покриттів; капіталомісткість інженерно-транспортних з'єднань.

<p>Перонних автобусів</p>	<p>Заміна стаціонарних посадкових галерей мобільними підйомними автобусами-салонами або класичними перонними автобусами.</p>	<p>Автономія літаків на пероні; економія палива при рулінні; гнучкість нарощування потужності.</p>	<p>Відсутність прямого безбар'єрного зв'язку «термінал — літак»; збільшення часу обслуговування рейсу.</p>
<p>Лінійна (фронтальна)</p>	<p>Розміщення повітряних суден безпосередньо вздовж лінійного, протяжного фронту головної будівлі терміналу.</p>	<p>Мінімальна відстань від під'їзних шляхів до літака; простота орієнтації; відсутність перешкод.</p>	<p>Ризик дублювання технологічних функцій при значній довжині будівлі, що здорожує експлуатацію.</p>

Вибір концепції для проекту розширення аеропорту «Жуляни»

Для даного магістерського проекту прийнято комбіновану лінійно-галерейну концепцію з двовекторним крильовим розвитком.

В умовах жорстких містобудівних обмежень земельної ділянки аеропорту «Жуляни» та дефіциту перонного простору, лінійне розташування головного процесингового ядра терміналу вздовж міських магістралей забезпечує оптимальний інтермодальний зв'язок. [20]

Водночас, розвиток двох крил — Західного міжнародного (7 гейтів) та Східного внутрішнього (5 гейтів) — за галерейною схемою дозволяє отримати необхідну довжину примикання перону для обслуговування середньомагістральних суден.

Вибір цієї концепції дозволяє чітко розмежувати пасажиропотоки на початковому етапі, забезпечити безбар'єрний доступ до літаків через телетрапи та гнучко трансформувати внутрішній простір терміналу відповідно до нормативних вимог авіаційної безпеки.

Просторове моделювання відкритого пасажирського середовища та прихованої інфраструктури забезпечення («тіньової зони»)

Архітектурно-просторова морфологія реконструйованого терміналу аеропорту «Київ» (Жуляни) базується на концепції двоконтурного функціонування споруди. Об'ємно-планувальна структура чітко диференціюється на:

1. Відкриту пасажирську зону (Front of House) — репрезентативний, соціокультурний та технологічний простір, призначений для перебування, обслуговування та рекреації пасажирів і відвідувачів.
2. Приховану «тіньову» зону (Back of House) — закритий для сторонніх інфраструктурний контур, де консолідовано службові, адміністративні, логістичні та технічні приміщення, які забезпечують життєдіяльність хабу.

Оскільки проектне рішення повністю виключає використання підземного ярусу через інженерно-геологічні особливості ділянки, весь масив великогабаритних технологічних та інженерних площ раціонально інтегровано в структуру 0 (земляного) поверху. [4]

Технологічна організація 0-го рівня (Рівень землі): Багажний комплекс та службова логістика

Локалізація багажного відділення на рівні 0 безпосередньо поруч із зонами прильоту вимагала створення жорсткого планувального бар'єра, щоб уникнути порушення «чистоти» та візуальної цілісності відкритого пасажирського

простору. Багажний комплекс інтегровано за принципом «будівлі в будівлі», ізолювавши його глухими акустичними перегородками від пасажирських залів.

Логістика багажу на відправлення: Зі стійок реєстрації рівня +1 багаж за допомогою вертикальних конвеєрних ліфтів-опусків автоматично транспортується на рівень 0 у закриту зону сортування, звідки через технологічні шлюзи у фасадній стіні вивозиться на перон.

Логістика багажу на прибуття: Багаж, розвантажений з повітряних суден, через суміжні перонні ворота потрапляє безпосередньо на оборотні рампи транспортерів (каруселей) рівня 0, які виходять в пасажирську залу прильоту лише робочою стрічкою. Таким чином, брудні технологічні процеси залишаються повністю невидимими для людей. (Рис.36)



Рис.36: Схема транспортування багажу на рівні 0

Приміщення бортового обслуговування та складського постачання локалізовані у периферійних (торцевих) частинах будівлі — на межі Західного (міжнародного) та Східного (внутрішнього) крил. Вони мають ізольовані під'їзні шляхи з боку аеродрому, що виключає перетин транспортно-сервісних потоків із пасажирськими лініями. Вертикальний зв'язок для транспортування розхідних матеріалів та бортового харчування на верхні рівні забезпечується

системою закритих вантажних ліфтів і технологічних сходів, інтегрованих у сервісні шахти.

Архітектурно-просторова організація прихованої інфраструктури (Back of House)

Для забезпечення автономності функціонування персоналу та технічних служб, приміщення «тіньової» зони інтегровані в структуру терміналу за принципом паралельного трасування:

Приміщення персоналу та технічного обслуговування: Розосереджені по всій будівлі у вигляді службових ядер (кластерів), безпосередньо прилеглих до зон контролю. Доступ до них здійснюється виключно за електронними перепустками через систему внутрішніх коридорів, що проходять паралельно до пасажирських галерей. Технічні зони (системи вентиляції, хладоцентри, серверні) згруповані у тильних, глухих зонах 0-го рівня та у міжфермовому просторі покриття будівлі.

Адміністративний блок: Запроектований у геометрії геометричних центрів кожного з крил. Він інтегрований до зони операційних центрів та хендлінг-офісів для оптимального та ефективного взаємозв'язку з оперуючим ядром терміналу з обох векторів польоту.

Проектування відкритого пасажирського середовища та рекреаційних просторів (Front of House)

Відкрита зона терміналу моделюється як безбар'єрне, психологічно комфортне та естетично насичене середовище, покликане нівелювати стресовість авіаперевтілень. Структура Front of House диференціюється на дві складові:

1. Технологічні простори очікування (Рівень +1)

Включають у себе зали-накопичувачі (стерильні зони) Західного (7 гейтів) та Східного (5 гейтів) крил. Вони поєднують у собі класичні планувальні прийоми (лінійні ряди ергономічних сидінь безпосередньо біля виходів на посадку) та зони вільного планування. В інтер'єр інтегровано озеленення на перекритті над зоною Duty-Free з різноманітних в'юнких рослин, конференс-зал, інклюзивні дитячі ігрові майданчики та ізольовані кімнати матері та дитини.

Безпосередньо до цих залів примикає розвинена мережа ритейлу (магазини безмитної торгівлі, сувенірні павільйони), що формує простір за принципом критої міської торгової вулиці.

Сервісно-розважальний та соціокультурний хаб (Рівень +2)

Рівень +2 є найвищою точкою відкритої зони терміналу та повністю присвячений соціокультурним функціям і рекреації тривалого перебування. Оскільки цей поверх позбавлений жорстких технологічних кордонів, його простір організовано максимально вільно.

Громадське харчування: Тут розташовано масштабні фуд-корти, панорамні ресторани та кав'ярні. Кожен заклад має власну приховану зону кухонь та складів, постачання яких здійснюється через згадані технічні ліфти з 0-го рівня, що унеможлиблює появу господарських вантажів у залі для відвідувачів. В зонах посадки пасажирів розташовано широкі інформаційні панелі з розкладами рейсів відповідно до їхнього вектору відправлення.

Багатофункціональні та видовищні простори: Проект передбачає інтеграцію мультимедійних коворкінгів для бізнес-пасажирів, камерних кінозалів, інтерактивного музею історії авіації імені Ігоря Сікорського та міні-бібліотеки. Кількісні та габаритні параметри цих приміщень розраховані пропорційно до пасажиропотоку: у Західному (міжнародному) крилі ці площі є більш розвиненими через довший середній час очікування рейсів пасажирями.

Візуально рівень +2 розкривається через систему атріумів та скляних галерей у зали нижчих рівнів і на панораму льотного поля, що перетворює архітектуру терміналу на динамічний, світлий та відкритий міський простір.

Така двоконтурна архітектурно-просторова організація терміналу дозволяє досягти максимальної операційної ефективності. Завдяки чіткому розділенню на відкритий Front of House та прихований Back of House, а також винесенню всіх великих логістичних процесів на 0 рівень, будівля функціонує як злагоджений механізм, де пасажир бачить лише естетично довершену, комфортну сторону авіавокзалу, а сервісна «тінь» залишається повністю інтегрованою в інженерне тіло споруди.

3.4. Композиційна та об'ємно-просторова організація пасажирського аеропорту “Жуляни”

Геометрична концепція та логіка утворення форми

Об'ємно-просторова композиція проектованого пасажирського терміналу Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) є результатом інтеграції параметричних методів формоутворення, функціонально-технологічного зонування та жорстких містобудівних обмежень приаеродромної території. В основі архітектурної концепції лежить прагнення створити цілісний, динамічний образ, який асоціюється з аеродинамікою, векторами повітряних потоків та сучасними інноваційними технологіями в авіації. [13]

При аналізі генерального плану та ортогональної проекції зверху (в плані) архітектурно-просторова форма пасажирського терміналу утворює виразний різнобічний трикутник з розвиненою системою інтегрованих галерей. Вибір трикутної конфігурації у плані диктується логікою оптимізації обмеженої земельної ділянки правобережного аеропорту та необхідністю максимізації фронту взаємодії будівлі з пероном і привокзальною площею.

Основа трикутної форми орієнтована на міський контекст — привокзальну площу та під'їзні магістралі, забезпечуючи розгорнутий і композиційно акцентований фронт для критої розвантажувально-посадкової естакади. Бічні сторони різнобічного трикутника трансформуються в асиметричні посадкові галереї. Західна грань трикутної структури подовжена та інтегрує у собі систему з 7 міжнародних гейтів, тоді як коротша східна грань акумулює технологічну структуру 5 внутрішніх гейтів. Така геометрія дозволяє досягти унікального містобудівного ефекту: пасажирське ядро (процесинг, зони реєстрації, фудкорти, атріуми) концентрується в найбільш розширеній, центральній частині трикутника, а потоки пасажирів природно та безперешкодно диверсифікуються за двома кутовими векторами (на Захід та Схід), мінімізуючи середню довжину пішохідного шляху (*walking distance*) до безпосередніх виходів на посадку.

Гострі кути трикутної структури на краях Західного та Східного крил функціонують як динамічні архітектурні консолі. Вони візуально «заострюють» об'єм споруди, надаючи їй стрімкого, політної форми силуету, що концептуально пов'язує масштабну будівлю з геометрією крила сучасного літака.

Параметричний дах та об'ємно-пластичне вирішення

Якщо у плані будівля підпорядкована чіткій та раціональній геометрії різнобічного трикутника, то у вертикальних проекціях (фасадах, розрізах та тривимірних видах збоку) вона трансформується у складну, пластичну оболонку з інтегрованим параметричним дахом. Архітектурна пластика покрівлі формує унікальний п'ятий фасад споруди, який активно сприймається як з боку пасажирів, що під'їжджають до терміналу, так і з висоти польоту повітряних суден.

Логіка параметричного формоутворення даху базується на принципі синусоїдальних коливань та біоморфної тектоніки. Покрівля не є статичною площиною, а плавно згинається, утворюючи систему хвиль, пагорбів та заглиблень, які безпосередньо відображають внутрішню висотну специфіку трирівневого простору:

Найвища тектонічна «хвиля» даху фіксується над центральною зоною терміналу, де локалізовано багатосвітловий атріум, операційні зали реєстрації рівня +1 та відкритий соціокультурний простір коворкінгів і фудкортів рівня +2. Тут підйом покрівлі забезпечує необхідний об'єм повітря, монументальний масштаб інтер'єру та максимальний доступ природного світла через zenітні ліхтарі.

У напрямку до периферійних зон Західного та Східного крил (галерей вильоту) пластичний дах плавно опускається, повторюючи камерніший масштаб залів очікування і гейтів та нівелюючи надлишковий внутрішній простір, що суттєво підвищує енергоефективність будівлі під час опалення та кондиціонування.

На фасадах пластична лінія карнизу утворює безперервну динамічну дугу, що то піднімається, відкриваючи внутрішній простір місту, то стрімко опускається до кутових точок. Гострі кути лівого та правого крил скляних стін терміналу завершуються низьким консольним вильотом даху, що створює ефект «приземлення» оболонки та її композиційного замикання на рівні землі.

Параметрична структура покриття моделюється як єдина топологічна поверхня, де кожна координатна точка конструктивного ребра розрахована за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (алгоритмів параметричного дизайну). Це дозволило безшовно поєднати зони з різними кутами нахилу, забезпечити ефективне водовідведення з гігантської площі покрівлі та уникнути появи випадкових, композиційно неузгоджених стиків. [14]

Конструктивне рішення та матеріали покрівлі

Реалізація складної параметричної геометрії покриття вимагає застосування передових інженерних рішень та високотехнологічних будівельних матеріалів. Конструктивна схема даху вирішена як просторова металева структурна плита (просторова фермова оболонка), що спирається на внутрішні залізобетонні ядра жорсткості та периферійні сталеві V-подібні й діагональні опори.

Несучий каркас покриття

Основою параметричного даху є просторова решітчаста структура з трубчастих елементів високоміцної сталі, з'єднаних між собою за допомогою кулястих шарнірних вузлів. Така конструктивна система має високу тривимірну жорсткість за відносно малої власної ваги, що дозволяє перекривати величезні прольоти операційних залів (до 60–80 метрів) без утворення внутрішніх проміжних опор. Це гарантує повну планувальну свободу (*free plan*) для технологічних зон реєстрації та контролю. [15]

Матеріали та структура покрівельного пирога

Верхній захисний шар пластичного даху виконується з використанням інноваційних матеріалів, здатних адаптуватися до двовимірної кривизни поверхні:

Фальцеві системи з алюмоцинкових або титан-цинкових листів застосовуються на ділянках із плавними радіусами згину. Завдяки технології безперервного завальцьовування на будмайданчику, покрівля стає абсолютно герметичною, позбавленою наскрізних кріплень, що критично важливо в умовах високих вітрових навантажень приаеродромної зони.

Полімерні та композитні мембрани підвищеної еластичності використовуються в зонах екстремальних увігнутих синусоїд та навколо інженерних вузлів водовідведення.

Світлопрозорі параметричні вставки (Зенітні ліхтарі) інтегруються безпосередньо у тіло покрівлі вздовж гребенів хвиль. Вони виконуються у вигляді просторової структури зі структурного гартованого скла (триплексу) з енергозберігаючим напиленням. Кожна скляна панель у зоні параметричного криволінійного даху має індивідуальні геометричні розміри, що розраховані цифровою моделлю.

Особлива увага приділена акустичному та теплоізоляційному наповненню покрівельного «пирога». Зважаючи на колосальне звукове навантаження від двигунів повітряних суден, всередину конструкції закладається багатошаровий мінераловатний утеплювач високої щільності з інтегрованими звукопоглинальними мембранами, що забезпечує нормативний рівень акустичного комфорту у відкритих пасажирських зонах Front of House.

Тектоніка фасадів: Скляні оболонки та діагональні бетонні структури

Зовнішній контур фасадів пасажирського терміналу проектується як високотехнологічна архітектурно-конструктивна система, що базується на контрастному та водночас гармонійному поєднанні двох матеріалів: суцільного структурного скління та масивних діагональних бетонних форм. [16]

Суцільне структурне скління фасадів

Всі фасади по всьому периметру різнобічного трикутника оточені суцільним вітражним склінням. Це архітектурне рішення вирішує кілька композиційних та концептуальних завдань:

Ефект невагомості утворюється довгим масивом параметричного даху, який візуально відривається від землі, створюючи ілюзію левітації пластичної білої оболонки над прозорим скляним об'ємом.

Просторова взаємопроникність досягається застосуванням скляного фасаду, який стирає бар'єр між внутрішнім рекреаційним середовищем терміналу та динамічним простором перону. Пасажири з рівнів +1 та +2 отримують панорамні види на злітно-посадкову смугу, процеси обслуговування літаків, що є потужним фактором психологічного комфорту та орієнтації в просторі.

Для реалізації фасадів застосовується безрамне спайдерне скління або стійково-ригельні системи з використанням надпрозорих склопакетів (*Low-E glass*) з аргоновим наповненням та сонцезахисним дзеркальним покриттям, що запобігає перегріву інтер'єрів у літній період.

Діагональні бетонні структури

Головним тектонічним та композиційним акцентом, що формує характер фасадів, є **зовнішня екзоскелетна мережа з білих архітектурних бетонних діагоналей**. Ці конструктивні елементи мають виразну розгалужену, деревоподібну або кристалічну форму, що нагадує природні структури (принцип біо-тек). (Рис.37)

- 1 - Пластична лінія параметричного даху
- 2 - Діагональні бетонні форми (Екзоскелет)
- 3 - Суцільне скління фасадів периметром
- 4 - Рівень землі (0 поверх)



Рис.37: Конструктивна схема параметричного даху

Логіка впровадження діагональних бетонних елементів полягає в наступному:

Композиційне підкреслення основної форми: Діагональні ламані лінії бетону візуально перегукуються з гострими кутами трикутного плану та хвилеподібними вигинами даху. Вони фіксують погляд на пластиці фасадів, виступаючи матеріальним, графічним каркасом, який збирає до купи текучі форми скління та покрівлі.

Конструктивна функція: Діагональні залізобетонні стійки є елементами зовнішнього несучого каркаса (екзоскелета). Вони беруть на себе значну частину вітрових та сейсмічних навантажень, що діють на протяжні скляні площини, а також слугують опорою для консольних вильотів параметричного даху. Це дозволило зменшити переріз внутрішніх колон уздовж скляного периметра.

Ефект масштабності та світлотіні: Масивні бетонні елементи створюють глибоку пластику фасаду. При зміні кута сонячного освітлення діагональні

структури відкидають виразні геометричні тіні на скляні вітражі та всередину інтер'єру, динамічно змінюючи архітектурний вигляд будівлі протягом доби.

Просторові акценти в кутових зонах: У місцях, де лівий та правий краї скляних стін утворюють гострі кути, діагональні бетонні форми сходяться у потужні архітектурні вузли. Вони фіксують завершення скляного контуру, жорстко пов'язуючи консольні вильоти покрівлі з фундаментальною основою 0-го рівня.

Матеріалом для цих конструкцій виступає монолітний самоущільнювальний архітектурний бетон високої марки з додаванням білого цементу та дрібнозернистих мармурових наповнювачів. Поверхня бетону шліфується до отримання ідеально гладкої, матової текстури, що стійка до атмосферних впливів і підкреслює монолітну чистоту архітектурного задуму.

Висновки до Розділу 3

3.1. Комплексний містобудівний аналіз мережі аеропортів Київської агломерації показав доцільність та функціональну необхідність розвитку Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) як інтенсивного міського хабу (*City Airport*). Модернізація об'єкта з розширенням структури до 12 гейтів дозволяє збалансувати пасажиропотоки агломерації та створити ефективну альтернативу позаміському аеропорту «Бориспіль» для середньоміжнародних та внутрішніх рейсів.

3.2. Дослідження планувальних обмежень регіонального контексту виявило жорсткий дефіцит територіальних ресурсів, наявність суворих висотних лімітів приаеродромної території (поверхонь обмеження ICAO) та високі екологічно-акустичні вимоги через близькість селітебної забудови. Зазначені фактори зумовили відмову від екстенсивного горизонтального розвитку та перехід до методів архітектурної концентрації.

3.3. Впровадження концепції двоконтурного функціонування споруди дозволило чітко розмежувати простір на відкрите пасажирське середовище (*Front of House*) та приховану інфраструктуру забезпечення (*Back of House*). Локалізація великогабаритних технологічних процесів, включаючи повний цикл сортування та видачі багажу, на 0-му рівні (без використання підземного ярусу) забезпечила раціоналізацію логістичних ланцюгів та чистоту архітектурно-просторово форми. Трирівневе вертикальне та двовекторне горизонтальне зонування (Західне міжнародне крило на 7 гейтів та Східне внутрішнє на 5 гейтів) повністю виключило перетин зустрічних та перехресних пасажиропотоків.

3.4. Композиційне рішення терміналу успішно поєднує раціональну геометрію різнобічного трикутника в плані з алгоритмічним параметричним формоутворенням покрівлі. Хвилеподібний пластичний дах із просторової металеві структури, опертий на панорамні скляні фасади з екзоскелетною мережею діагональних бетонних форм, формує виразний, аеродинамічний образ сучасних повітряних воріт столиці. Запропонована архітектурна модель відповідає світовим критеріям екологічної стійкості, високої технологічності та інклюзивного комфорту, інтегруючи модернізований аеровокзальний комплекс у структуру урбанізованого середовища Києва.

Загальні висновки

Проведене дослідження теоретико-методологічних, містобудівних та об'ємно-просторових засад формування сучасних авіатранспортних вузлів дозволяє сформулювати такі наукові висновки:

1. За результатами аналізу методів організації простору та визначення найефективніших планувальних рішень встановлено, що для сучасних міських аеровокзалів найвищу експлуатаційну ефективність демонструє концепція вільного планування (*free plan*) в межах єдиного безригельного простору. Впровадження укрупненої сітки колон з кроком 10–15 метрів

дозволяє ліквідувати жорсткі планувальні обмеження та безперешкодно розміщувати протяжні технологічні лінії, що оптимізує логістику будівлі.

2. Визначено, що просторова організація авіаційної інфраструктури безпосередньо впливає на керування пасажиропотоками та психоемоційний стан людей. Розроблена у проекті трирівнева безпідземна схема руху повністю розділяє технологічні процеси 0-го рівня (сортування багажу) та пасажирські зони Front of House (+7.000 та +12.000). Застосування біоморфних, текучих архітектурних форм за концепцією Захи Хадід, відсутність гострих кутів у круглих колонах діаметром 1.4 метри, інтеграція «зелених стін» та інтер'єрних адіабатичних фонтанів знижують рівень акустичного й навігаційного стресу, створюючи комфортне та інтуїтивно зрозуміле середовище для пасажирів.
3. Дослідження існуючих наукових робіт та сучасних тенденцій підтвердило, що проектування новітніх авіатерміналів базується на принципах сталого розвитку (Green Airport) та інтеграції в мультимодальні системи міської мобільності. В умовах тривалої кризи та повної зупинки польотів в Україні з 24 лютого 2022 року, науково доведено пріоритетність проектування за принципом «Build Back Better» (Відбудувати краще, ніж було), що передбачає закладання підвищеної живучості та автономності об'єктів для оперативного включення у глобальну транспортну мережу після відкриття неба.
4. Проаналізовано світовий досвід проектування реалізованих пасажирських терміналів та сформовано узагальнену класифікацію авіатерміналів за основними ознаками (пропускна здатність, геометрична конфігурація, рівень автономності та архітектурно-конструктивна система). Виявлено, що найпрогресивнішим світовим трендом є перехід від масивних закритих монофункціональних споруд до легких, просторових, параметричних структур, які поєднують транспортну функцію із

соціокультурними хабами, коворкінгами та зонами рекреації на верхніх ярусах.

5. Узагальнено типологічні рішення, які забезпечують максимально ефективну експлуатацію будівлі. Доведено, що стабільність роботи терміналу досягається чітким термодинамічним та дифузійним балансом огорожувальних конструкцій. Для першої кліматичної зони України (місто Київ) обґрунтовано використання багат шарової системи навісного вентиляованого фасаду з керамогранітним екраном та 150-міліметровим базальтовим утеплювачем, винесеним на зовнішню грань 300-мм монолітного залізобетонного ядра. Математичне моделювання підтвердило, що ізотерма точки роси (+9.3 °C) за екстремальних зимових умов (-26 °C) лишається всередині бетону, що разом із внутрішньою пароізоляційною мембраною повністю виключає конденсацію вологи, захищає конструкції від руйнування та знижує витрати на опалення.
6. Розроблено та науково обґрунтовано авторську концепцію функціонально-планувальної організації пасажирського терміналу аеропорту в місті Києві. Проект поєднує в собі високу конструктивну жорсткість залізобетонного каркаса нижніх рівнів із надлегкою, пластичною просторовою сталеву структурою параметричного даху системи MERO та склофібробетонних панелей. Додаткова автономність комплексу забезпечується інтеграцією в архітектурне середовище елементів пасивної енергогенерації, включаючи п'єзоелектричні кінетичні плити підлоги в зонах найвищого трафіку та сонячні фотоелектричні модулі на покрівлі, що робить об'єкт зразком високотехнологічної архітектури майбутнього.

Фундаментальні принципи формування архітектури аеропортів:

1. **Відповідність функції та архітектурної форми:** Об'ємно-просторова пластика будівлі (зокрема, параметричний хвилеподібний дах)

безпосередньо відображає внутрішню трирівневу технологічну структуру та масштаб залів очікування.

2. **Технологічність процесів:** Оптимізація та автоматизація всіх внутрішніх операцій, що мінімізує час перебування пасажирів в зонах контролю.
3. **Безперервність руху пасажирів:** Проектування безбар'єрних, інтуїтивно зрозумілих комунікаційних векторів, що виключають утворення зустрічних або перехресних потоків.
4. **Інтеграція терміналів із наземним транспортом:** Створення мультимодального комунікаційного хабу шляхом безпосереднього зв'язку рівнів прильоту/вильоту з міською залізницею, метрополітеном та естакадами привокзальної площі.
5. **Енергоефективність та стійкість:** Застосування параметричного регулювання профілю покрівлі для оптимізації внутрішнього повітряного об'єму та зменшення експлуатаційних витрат.
6. **Акцентна виразність архітектури:** Формування унікального, динамічного «п'ятого фасаду» та екзоскелетної системи діагональних бетонних форм, що маркують будівлю як головні повітряні ворота мегаполіса.
7. **Універсальність простору:** Використання великопролітних конструкцій просторових ферм для забезпечення вільного планування інтер'єру (*free plan*).
8. **Взаємозв'язок із зонуванням генплану:** Жорстка координація геометрії різнобічного трикутника терміналу з конфігурацією перону, місцями стоянок літаків та руліжними доріжками.
9. **Безпека польотів, пасажирів і вантажів:** Суворе дотримання тривимірних поверхонь обмеження перешкод (ICAO) та організація захищеного внутрішнього контуру стерильних зон.

10. Трансформативність: Впровадження інтегрованих «гібридних» залів очікування (*Swing Gates*) для гнучкого перерозподілу між міжнародними (7 гейтів) та внутрішніми (5 гейтів) рейсами.

Пересадка пасажирів з одного виду транспорту на інший: Забезпечення просторової компактності інтермодального вузла для мінімізації пішохідної дистанції (*short walking distances*).

Безпека пасажирів та контроль державного кордону: Організація чітко диференційованих зон митного, прикордонного та безпекового регулювання на рівні +1 для міжнародного (Західного) крила.

Обслуговування пасажирів та обробка багажу: Локалізація та повна технологічна ізоляція багажного комплексу на 0-му рівні поруч із залами прильоту, що гарантує високу швидкість сортування без порушення архітектурної естетики.

Організація зони очікування пасажирів: Створення психологічно комфортного середовища *Front of House* на рівнях +1 та +2 шляхом інтеграції рекреаційних зон, зимових садів, дитячих майданчиків, розгалуженої мережі фудкортів, коворкінгів та рітейлу.

Таким чином, запропоноване в магістерському проекті архітектурне вирішення пасажирського терміналу аеропорту «Жуляни» комплексно реалізує зазначені теоретичні принципи та функціональні вимоги, демонструючи зразок високотехнологічної, контекстуальної та стійкої архітектури.

Список використаних джерел

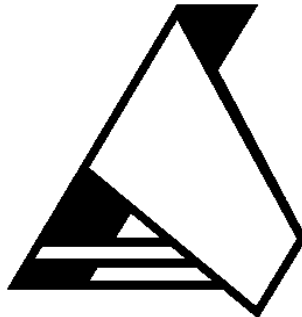
1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. — К. : Мінрегіон України, 2019. — 184 с.
2. ДБН В.2.3-20:2009. Споруди транспорту. Аеродроми. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 72 с.
3. ICAO Annex 14. Aerodromes. Volume I: Aerodrome Design and Operations. — 8th Edition. — International Civil Aviation Organization, 2018.
4. IATA Airport Development Reference Manual (ADRM). — 11th Edition. — International Air Transport Association, 2019.
5. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. — К. : Мінрегіон України, 2019.
6. Blow, C. - 2005 - *Airport Terminals* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. — 224 p
7. Edwards, B. - 2005 - *The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture* (2nd ed.). Taylor & Francis.
8. Harrison, R., / Standard, J. - 2013 - *Airport Building Design*. Wiley.
9. Ветров, І. В. - 2014 - *Архітектура великих транспортних вузлів: закономірності формування та тенденції розвитку*. — К. : КНУБА. — 180 с.
10. Дьомін, М. М., / Сингаївська, О. І. - 2018 - Тенденції розвитку та планувальна організація столичних агломерацій (на прикладі Київської агломерації). *Містобудування та територіальне планування*, (67), 112–121.
11. Токар Л. М. - 2020 - Особливості інтеграції міських аеропортів («City Airports») в структуру сучасних мегаполісів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, (56), 145–153.

12. Комський М.В. Аеровокзали / М.В. Комський, М.Г Пісков // Архітектору-проектувальнику. - 1987. - 199 с. ХайВей. - Режим доступу: <http://h.ua/art.php?id=5788#photo>
13. Кузьменко О. В. - 2021 - Акустичний моніторинг та методи захисту селітебних територій від авіаційного шуму в умовах щільної забудови міста Києва.
14. Schumacher P. - 2011 - *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*. Vol. 2: A New Agenda for Architecture. Wiley. — 712 p.
15. Kloft H. - 2008 - Parametric Design of Structural Membranes and Spatial Steel Structures. *International Journal of Space Structures*, 23(3), 161–173.
16. Ковальський, Л. М., / Слепцов, О. С. - 2015 - *Архітектура металевих та просторових конструкцій у сучасній практиці будівництва*. — К. : А+С. — 210 с.
17. Авіалогістика України в умоваї війни: адаптація та перспективи – https://cfts.org.ua/blogs/avialogistika_ukrani_v_umovakh_viyni_adaptatsiya_t_a_perspektivi_727
18. Запуск авіарейсів в Україні: чи відкриють небо до кінця війни, які умови – <https://tsn.ua/ukrayina/zapusk-aviareysiv-v-ukrayini-chy-vidkryiut-nebo-do-kiintsia-viyny-iaki-umovy-3050069.html>
19. Україна може відкрити один з аеропортів вже у 2025: де і за яких умов – <https://expres.online/podrobisi/ukraina-mozhe-vidkriti-odin-z-aeroportiv-vzhe-u-2025-de-i-za-yakikh-umov>
20. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Київ» імені Ігоря Сікорського (Жуляни) — [Офіційні прес-релізи та плани розвитку] — URL: <https://iev.aero/>
21. ArchDaily / Airport Architecture — Інформаційно-аналітичний портал сучасних світових проєктів аеропортів (аналіз архітектури Grimshaw, Zaha Hadid Architects, Foster + Partners). — URL:

<https://www.archdaily.com/category/airport/> (Для порівняльного аналізу та запозичення світового досвіду параметричного формоутворення).

22. Генеральний план розвитку м. Києва до 2040 року (Проект) / Департамент містобудування та архітектури КМДА. — URL: <https://kga.gov.ua/> (Використовується у підрозділі 3.2 для аналізу транспортних зв'язків: міської електрички, перспективних ліній метрополітену та розв'язок навколо Солом'янського району).

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ**



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ
Кафедра архітектурних конструкцій

РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ:
«КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД»

ТЕМА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ:
«ПАСАЖИРСЬКИЙ ТЕРМІНАЛ АЕРОПОРТУ “ЖУЛЯНИ” В М. КИЇВ»

Студентка: Українець П.С.
Керівник розділу: Стоянович С.В.

Київ – 2026

Зміст

I. Конструктивні та інженерно-технологічні рішення споруди терміналу

II. Висотна координація рівнів терміналу

III. Таблиця матеріалів

Конструктивні та інженерно-технологічні рішення споруди терміналу

Архітектурна концепція будівлі, що базується на пластичних біоморфних формах та вільному внутрішньому просторі (*free plan*), диктує використання високонадійного комбінованого безригельного каркаса. Несуча система терміналу проектується як просторовий взаємопов'язаний механізм, де монолітні залізобетонні елементи нижніх ярусів інтегруються з великопрольотною металевою структурою покриття.

1. Вертикальні несучі елементи: Універсальна система колон

Основними елементами, що сприймають вертикальні та знакозмінні вітрові навантаження від параметричного даху та передають їх на фундамент, є монолітні залізобетонні колони.

Параметри та габарити колон: Зважаючи на колосальні прольоти та необхідність створення монументального відкритого простору в зоні атриумів, у проекті застосовано колони круглого перерізу діаметром 1.4м. Вибір круглого перерізу зумовлений не лише високими міцнісними характеристиками при косому стиску, а й вимогами аеродинаміки внутрішніх пасажиропотоків — відсутність гострих кутів мінімізує травматизм та полегшує візуальне сприйняття інтер'єру.

Крок колон та планувальна сітка: Колони розташовані за оптимізованою укрупненою сіткою з кроком від 10 до 15 метрів. Такий широкий крок є інноваційним для вітчизняних терміналів і дозволяє безперешкодно розміщувати протяжні технологічні лінії: острівні стійки реєстрації, зони митного огляду та накопичувачі багажу.

Екзоскелетні діагональні форми: На периферійних ділянках фасадів вертикальні колони трансформуються в розгалужені діагональні бетонні структури. Вони працюють як похилі стійки, що сприймають розпору від металевої оболонки

даху, виконуючи водночас роль головного тектонічного акценту екстер'єру.

2. Горизонтальні несучі елементи: Міжнівельні перекриття

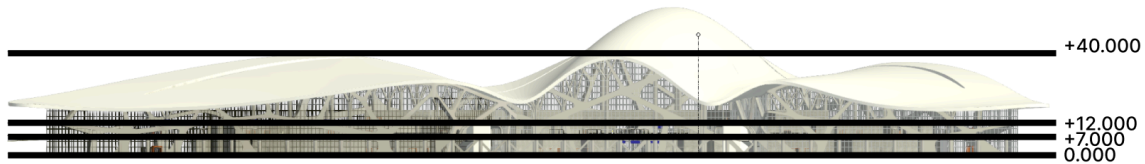
Оскільки проект повністю виключає підземний ярус, а всі брудні та важкі логістичні процеси (включаючи багажний комплекс) зосереджені на позначці +0.000м, міжповерхові перекриття несуть підвищене експлуатаційне та акустичне навантаження.

Конструктивне рішення: Перекриття запроектовані у вигляді монолітних залізобетонних безбалочних плит. Відсутність класичних виступаючих балок (ригелів) дозволяє безперешкодно прокладати під стелею великогабаритні інженерні комунікації (магістральні повітроводи систем кондиціонування, кабельні лотки та лінії спринклерного пожежогасіння), не занижуючи при цьому чисту висоту приміщень.

Висотна координація рівнів терміналу:

Поверх 1 (Рівень вильоту, зони контролю та гейти): Запроектований на чистій позначці +7.000м. Плита перекриття над 0-м рівнем має товщину 500 мм та підсилюється прихованими капітелями у зонах обпирання на 1.4-метрові колони. Така товщина гарантує повну вібро- та звукоізоляцію пасажирських залів Front of House від шуму конвеєрних стрічок і спецтехніки багажного відділення, що працює знизу.

Поверх 2 (Рівень соціокультурного хабу, ресторанів та коворкінгів): Розташований на позначці +12.000м. Це перекриття виконується у вигляді каскадних антресольних платформ, які консольно виступають у простір центрального атриуму. Це створює відкриті панорамні зв'язки між усіма рівнями будівлі та забезпечує верхній ярус максимальним об'ємом природного світла.



3. Конструкції параметричної покрівлі

Покриття терміналу є архітектурно-технологічним ядром проекту, що реалізує ідею текучої безшовної форми. Головна інженерна задача даху — перекриття гігантських багатосвітлових просторів без проміжних опор у зоні атриумів.

Просторова структурна плита: Конструкція даху вирішена у вигляді просторової решітчастої металевої оболонки (структури) з трубчастих елементів на основі високоміцної сталі. Каркас утворює тривимірну регулярну сітку з жорсткими кулястими шарнірними вузлами системи *MERO*. Така система здатна перерозподіляти зусилля у двох напрямках, що дозволяє тримати консольні вильоти карнизів довжиною до 8–12 метрів без додаткових підпор.

Балки-ферми змінного профілю: Основними жорсткими ребрами, що тримають синусоїдальні хвилі параметричного даху, виступають криволінійні зварні сталеві балки-ферми двотаврового та коробчатого перерізу. Профіль кожної балки розраховано параметрично: висота перерізу є максимальною в точках найбільших згинальних моментів (над центральним атриумом) і плавно зменшується до гострих країв Західного та Східного крил, де покрівля стрімко опускається.

Організація світлових прорізів та zenітних ліхтарів: Металевий каркас даху в зонах проходження світлових прорізів розсувається, формуючи жорсткі сталеві контури (обв'язувальні балки), в які інтегрується алюмінієва стійково-ригельна та спайдерна система скління. Це забезпечує повну герметичність стику між глухими панелями зі склопластику (GFRP) та триплекс-склінням zenітних ліхтарів.

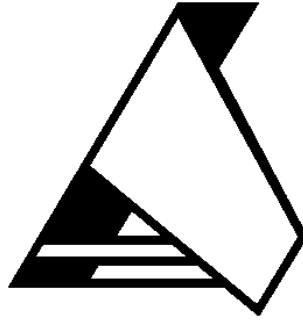


Резюме конструктивного розділу

Комбінація монолітного залізобетонного каркаса (з колонами діаметру 1.4м та кроком 10–15 м) із легкою просторовою сталеву структурою покриття дозволила досягти необхідного компромісу для міського аеропорту: будівля отримала надвисоку конструктивну жорсткість та сейсмостійкість, здатність витримувати динамічні навантаження від близькості злітної смуги, зберігши при цьому абсолютну внутрішню свободу, легкість та пластичність зовнішньої форми.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА

I АРХІТЕКТУРИ



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ

Кафедра архітектурних конструкцій

**РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ:
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

ПІДБІР КОНСТРУКТИВНИХ ТА ОЗДОБЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

ТЕМА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ:

«ПАСАЖИРСЬКИЙ ТЕРМІНАЛ АЕРОПОРТУ “ЖУЛЯНИ” В М. КИЇВ»

Студентка: Українець П.С.

Керівниця розділу: доц. Роздорожнюк О.Я.

Київ – 2026

Зміст

I. Матеріально-текстурне вирішення та інноваційні енергоефективні технології терміналу

II. Таблиця матеріалів

IV. Опис матеріалів, запропонованих для використання в будівництві

I. Матеріально-текстурне вирішення та інноваційні енергоефективні технології терміналу

Архітектурно-виразна та футуристична пластика пасажирського терміналу Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) матеріалізується через синергію передових конструкційних матеріалів, інноваційних будівельних систем та інтегрованих технологій відновлюваної енергетики. Матеріальна палітра об'єкта підпорядкована концепції екологічного та сталого проектування (*Sustainable Architecture*), де кожна поверхня виконує як естетичну, так і генераційну або ізоляційну функцію.

1. Конструктивно-технологічне вирішення параметричного даху та світлопрозорих контурів

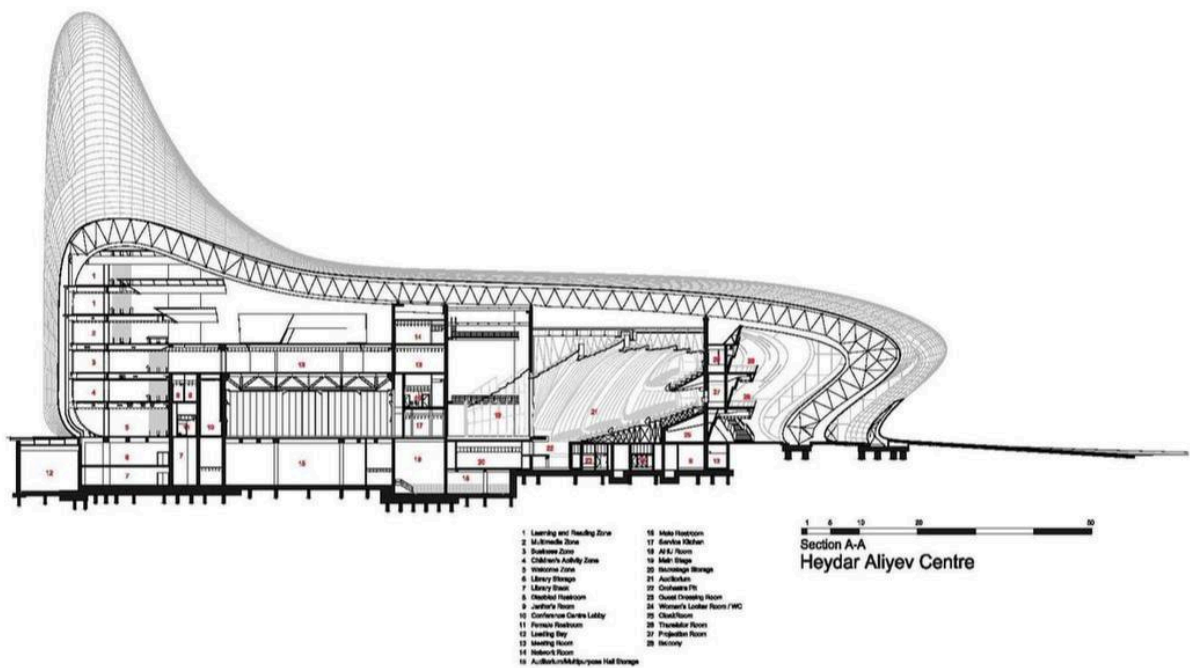
Головним тектонічним елементом будівлі є гнучкий, пластичний параметричний дах, що безшовно перетікає у вертикальні площини стін, утворюючи цілісну біоморфну оболонку. Концептуальним аналогом даного формоутворення виступає архітектура Центру Гейдара Алієва в Баку (Zaha Hadid Architects), де монолітна плавність досягається використанням передових композитних матеріалів.

Панелі зі склопластику (GFRP) та склофібробетону (GFRC): Для реалізації складної двовимірної кривизни зовнішньої оболонки даху та стін застосовано інноваційні великорозмірні панелі зі склофібробетону та високоміцного склопластику. Ці матеріали мають унікальну пластичність на стадії формування, мінімальну власну вагу за високої міцності, а також нульовий коефіцієнт термічного розширення. Це дозволяє створювати безшовні оболонки із прихованими компенсаційними швами, що імітують єдиний, текучий «просторовий кокон».

Параметрична інтеграція світлових прорізів: У тіло пластичної покрівлі за допомогою спайдерної системи скління за металевими підконструкціями інтегровано асиметричні отвори (зенітні ліхтарі) для доступу природного світла. Вони виконані у формі плавних розрізів оболонки, повторюючи вектори

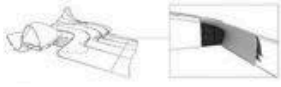
внутрішнього пасажиропотоку. Світлопрозорі елементи даху не лише забезпечують інсоляцію багатосвітлових атріумів рівнів +1 та +2, але й радикально зменшують витрати на штучне освітлення в денний час.

Генераційне покриття покрівлі: На ділянках даху з мінімальним кутом нахилу інтегровано гнучкі тонкоплівкові сонячні панелі нового покоління. Вони повністю інтегровані в площину склопластикових панелей (*Building-integrated photovoltaics – BIPV*), не порушуючи аеродинамічну чистоту форми даху, та забезпечують термінал додатковою екологічною електроенергією.



MATERIAL AND STRUCTURAL ANALYSIS

HEYDAR ALIYEV CULTURAL CENTER



DETAILS

1. GFRP PANEL
2. PRIMARY STRUCTURE
3. RIGID INSULATION
4. DOUBLE GLAZED UNIT
5. MULLION
6. PANEL FRAME
7. PANEL BRACKET

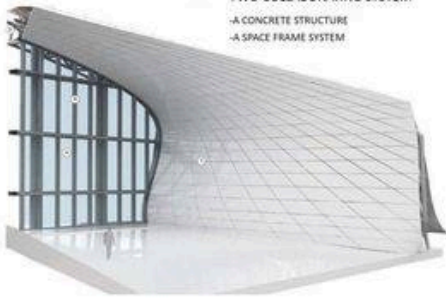


PREDOMINANT MATERIALS USED IN THE FACADE SYSTEM

- GLASS FIBER REINFORCED POLYESTER
- GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE PANEL

TWO COLLABORATING SYSTEM

- A CONCRETE STRUCTURE
- A SPACE FRAME SYSTEM



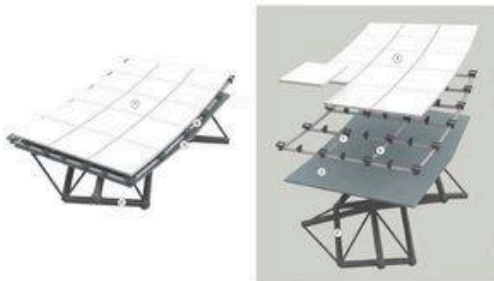
MATERIAL USAGE

- THE SKIN OF THE BUILDING IS CLAD WITH COMPOSITE FIBRE
- TO ACHIEVE HIGH CORROSION PROTECTION ALL PARTS ARE GALVANIZED AND COATED



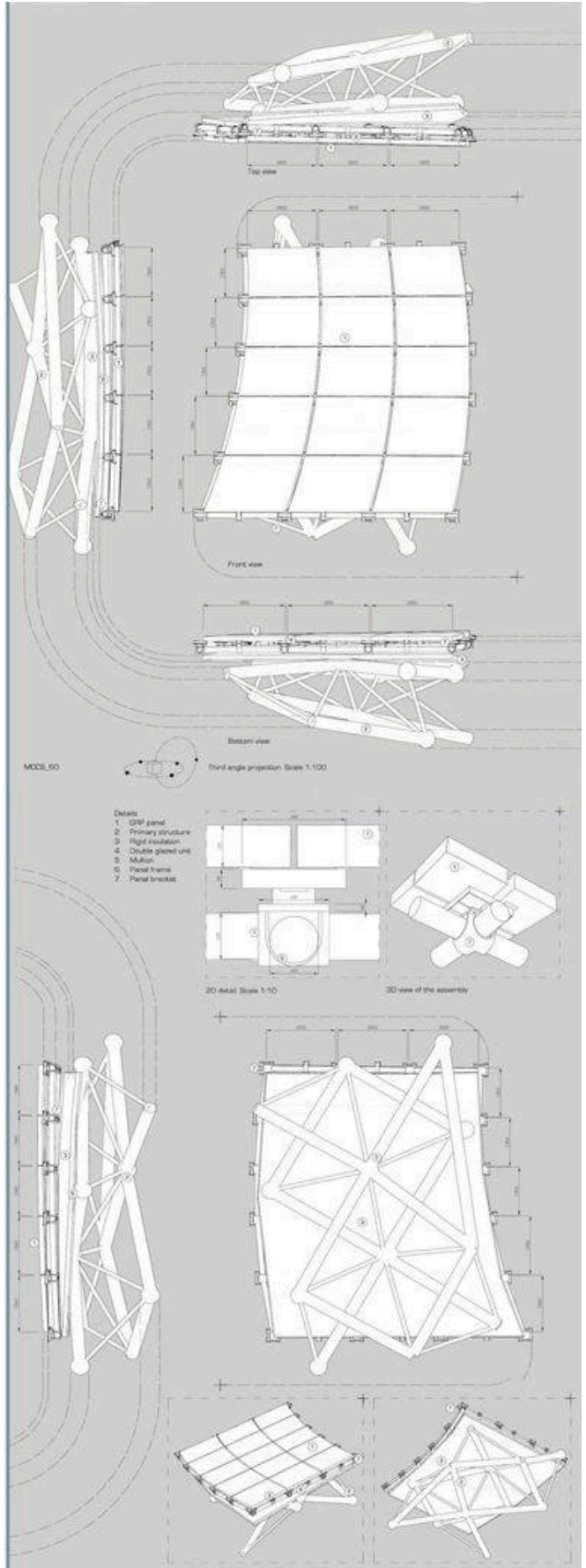
STRUCTURAL GLAZING SYSTEM

- MULLION IS ADDED ON THE PRIMARY STRUCTURE
- DOUBLE GLAZED UNITS ARE PLACED ON THE MULLION



CONSTRUCTION OF THE PANELS

- VARIOUS LAYERS OF FINE GRAIN
- LIGHT WEIGHT CONSTRUCTION METHOD
- WHITE COMMENT CONCRETE REINFORCED AND FIBER GLASS MAT



2. Матеріали та тектоніка фасадних систем

Зовнішній огорожувальний контур терміналу вздовж усього різнобічного трикутника є маніфестом прозорості та конструктивної жорсткості:

Конструктивне спайдерне скління: Фасади облаштовані суцільним панорамним склінням на основі спайдерних кріплень із високоміцної нержавіючої сталі. Склопакети містять інтегровані прозорі енергопанелі, що поглинають ультрафіолетове випромінювання та перетворюють його на електричний струм, одночасно захищаючи інтер'єр від перегріву.

Навісний вентиляований фасад із 3D-панелей зі скла: У зонах переходу від скляного вітража до глухої бетонної оболонки стін використано тривимірні скляні 3D-панелі, які створюють ефект глибини, заломлюючи сонячне світло і підкреслюючи пластику гострих кутів Західного та Східного крил.

Монолітна бетонна оболонка стін та перекриття: Несучу основу будівлі, колони та міжнівельні перекриття (рівнів 0, +1, +2) виконано з високоміцного залізобетону. Зовнішні стіни утворюють потужні пластичні бетонні форми, які працюють як художній екзоскелет, контрастуючи з крихкістю та прозорістю скляних вітражів.

3. Інтер'єрне середовище: Текстура палітра та мікроклімат (Front of House)

Внутрішнє оздоблення залів очікування, операційних зон та соціокультурних просторів рівня +2 базується на поєднанні індустріального мінімалізму та еко-дизайну:

Покриття підлоги: Основні транзитні зони викладені полірованими бетонними підлогами з високим індексом зносостійкості та дзеркальним ефектом, що візуально розширює простір і подвоює природне світло від атриумів. Локально,

у зонах тривалого відпочинку пасажирів, під бетонне покриття інтегровано електричні плівкові теплі підлоги для створення зон підвищеного теплового комфорту.

Вертикальні поверхні та стіни: В інтер'єрі використано контрастне поєднання великих площин великоформатного керамограніту, що імітує текстуру природного каменю, та елементів із натурального дерева в комбінації з чорною матовою сталлю. Це додає простору терміналу преміального, затишного характеру.

Акустичний та екологічний комфорт: Оскільки термінал позбавлений підземного рівня, а всі технологічні багажні зони 0-го рівня суміжні з пасажирськими залами, стіни технологічних ядер закриті спеціалізованими звукоізоляційними панелями. Для регенерації повітря та естетичного насичення в інтер'єр інтегровано масштабні «зелені стіни» — системи вертикального живого озеленення з автоматичним капельним поливом.

Освітлення інтер'єру: Реалізоване за допомогою вбудованих лінійних світлодіодних світильників, які інтегруються у шви параметричної стелі та стін. Вони підкреслюють вектори руху пасажирів та візуально дублюють геометрію будівлі в темну пору доби.

4. Екстер'єрні покриття, благоустрій та локальна енергогенерація

Привокзальна площа та прилеглі перонні території проектуються як продовження екологічної концепції будівлі:

П'єзоелектричні плити для локального живлення: Найбільш революційним інженерним рішенням у проекті є використання кінетичної енергії пасажиропотоку. У зонах найвищої концентрації людей — перед вхідними групами на привокзальній естакаді, в зонах реєстрації та перед гейтами — в підлогу інтегровано спеціальні кінетичні (п'єзоелектричні) плити. Кожен крок

пасажира по такій плитці генерує локальний електричний імпульс, який акумулюється в системі та забезпечує живленням локальні світлодіодні інформаційні табло, USB-хаби в коворкінгах рівня +2 та елементи навігації.

Покриття екстер'єру та еко-благоустрій: Для перону та під'їздів використано стійкий пресований бетон. У пішохідних зонах благоустрою пресований бетон комбінується з люмінесцентною плиткою, яка накопичує сонячне світло вдень і м'яко світиться вночі, маркуючи безпечні зони руху без додаткових витрат електроенергії. Пішохідний простір активно перемежується із геопластичними газонами, які поглинають дощову воду та зменшують тепловий ефект міста.

Автономне зовнішнє освітлення: Освітлення перону та привокзальної площі здійснюється гібридними системами: ліхтарями з локальними вітрогенераторами малого типу та ліхтарями з сонячними накопичувачами. Вони є повністю енергонезалежними від загальної міської електромережі.

Енергозберігаючі фонтани: Сформовані в зоні привокзальної площі та атриуму прильоту. Вони працюють за замкненим циклом циркуляції води з використанням енергоефективних насосів, що живляться безпосередньо від сонячних панелей даху. Крім естетичної функції, вони виконують роль природних охолоджувачів та зволожувачів повітря перед вхідними порталами терміналу.

Резюме технологічного розділу

Завдяки застосуванню параметричних панелей зі склопластику (GFRP) за принципами архітектури Захи Хадід, суцільного скління фасадів з інтегрованими енергопанелями та унікальних систем локальної генерації (п'єзоелектричні плити, люмінесцентні покриття, вітрогенераційні ліхтарі), будівля нового терміналу аеропорту «Жуляни» трансформується з пасивного

споживача ресурсів на активний енергогенеруючий архітектурний об'єкт. Це дозволяє досягти високого рівня автономності, повністю компенсувати відсутність підземного ярусу раціональним розподілом технологій по 0-му рівню та створити безпрецедентний рівень екологічного комфорту для мешканців міста й пасажирів столичного хабу.

II. Таблиця матеріалів

№	Конструктивний вузол / Елемент будівлі	Найменування матеріалу, технології та виробника	Товщина / Параметри	Колір / Оптичні властивості	Фактура / Текстура характеристика	Інженерно-кліматична та функціональна обґрунтування для м. Київ
1	Зовнішнє оздоблення фасадів (Світлопрозорі системи)	Спайдерна система суцільного скління на сталевому каркасі. Мультифункціональне скло типу <i>Low-E</i> з інтегрованими напівпрозорими енергопанелями (BIPV).	Склопакет: двохкамерний (44–50 мм). Гартоване скло (триплекс) 8–12 мм.	Прозоре, з легким дзеркальним селективним напиленням.	Ідеально гладка, глянцева.	Забезпечує ефект «невагомості» параметричного даху. Енергопанелі акумулюють сонячну радіацію, а низькоемісійне напилення запобігає втратам тепла в суворі кийські зими та перегріву влітку.

		Навісний вентиляований фасад із просторових 3D-скляних панелей індивідуального виготовлення.	Панелі: \$1000 \times 1000\$ мм. Товщина скла: 8–10 мм.	Тоноване в масі, напівпрозоре.	Об'ємна, рельєфна параметрична фактура.	Впроваджується в зонах спряження Західного та Східного кутових стиків. Створює динамічну світлотінь та захищає гострі скляні кути фасаду від вітрового тиску.
2	Зовнішнє оздоблення фасадів (Несучий екзоскелет та глухі стіни)	Бетонна монолітна оболонка стін (архітектурний самоочищувальний бетон на білому цементі з мармуровою крихтою).	Тіло оболонки: 300–450 мм (в залежності від розрахункових навантажень).	Чистий білий (RAL 9003).	Матова, безпориста, шліфувана.	Формує діагональні структурні форми фасаду. Виконує функцію екзоскелета, що тримає консолі даху, та стійкий до циклів заморожування/розморожування (\$F300\$).
		Навісна система керамічного вентиляованого фасаду (керамограніт великого формату на алюмінієвій підсистемі <i>Aluminstroy / CN-Ceramic</i>).	Плити: 1200x600 мм. Товщина: 12–14 мм. Утеплювач (мінвата): 150 мм.	Природні відтінки сірого та графітового каменю.	Шорстка, зріз натурального каменю.	Захищає глухі зони 0-го рівня (зокрема, закритий багажний комплекс) від промерзання. Товщина утеплювача розрахована під I кліматичну зону України.

3	Покрівельний матеріал параметричного даху	Композитні панелі зі склопластику (GFRP) та склофібробетону (GFRC) на просторовому металевому каркасі.	Панелі: 20–37 мм. Несучі профілі: 80–120 мм.	Сліпучо-білий, стійкий до УФ-променів.	Абсолютно гладка, текуча.	Дозволяє безшовно реалізувати пластичну біоморфну форму покрівлі в стилі Захи Хадід. Склофібробетон має високу міцність на вигин, витримує колосальні снігові мішки, характерні для київського регіону.
		Інтегровані параметричні zenітні ліхтарі (спайдерне скління по металевим ребрам).	Триплекс: 12+12 мм із внутрішнім підігрівом скла.	Прозорий, з високим коефіцієнтом світлопропускання.	Гладка.	Асиметричні отвори в даху для інсоляції атриуму та фудкортів рівня +2. Електричний підігрів скла вирішує проблему танення снігу та криги у зимовий період.
		Гнучкі тонкоплівкові сонячні фотоелектричні модулі, інтегровані в плоскі ділянки даху.	Товщина модуля: до 4 мм.	Темно-синій, антрацитовий.	Гладка, антивідблискова.	Локальна генерація відновлюваної енергії для покриття внутрішніх потреб терміналу в літній пік кондиціонування.

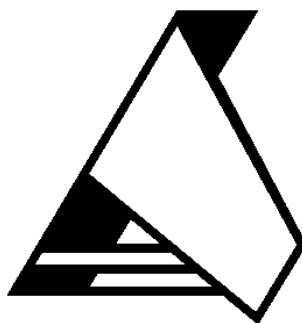
4	Внутрішнє оздоблення стін та перекриттів (Інтер'єр)	Монолітні залізобетонні перекриття рівнів +1 та +2.	Товщина плити: 200–300 мм (в залежності від прольотів).	Світло-сірий бетон.	Гладка (під фарбування або залишається оголеною в зоні лофт-коворкінгів).	Забезпечує просторову жорсткість трирівневої будівлі. Працює як акустичний бар'єр між багажною інфраструктурою 0-го поверху та зонами вильоту +1.
		Облицювання стін: великоформатний керамограніт , ламелі з натурального дерева (клен, дуб) з вогнебіозахистом, елементи з чорної прокатної сталі прямокутного перерізу.	Дерев'яні ламелі: 20–40 мм. Сталеві профілі: 40x20 мм.	Природний клен/дуб, глибокий чорний матовий.	Натуральна деревна текстура, матовий метал.	Формує дизайн зон відпочинку Front of House. Дерево візуально пом'якшує масштаб атріуму, а сталь підкреслює параметричні лінії інтер'єру.
		Спеціалізовані звукоізоляційні панелі (на основі перфорованого гіпсокартону та мінераловатного ядра).	Загальна товщина системи: до 80 мм.	Під колір загального інтер'єру (білий, сірий).	Перфорована, пориста.	Монтуються на стінах, що межують із багажним відділенням 0-го рівня, для повного нівелювання шуму конвеєрів та захисту пасажирів від акустичного стресу.

		«Зелені стіни» (вертикальні інженерні системи живого озеленення з автополивом).	Профіль системи: 160 мм.	Натуральний зелений (різноманітні фіто-культури)	Жива, різноманітна рельєфна фактура.	Очищують та зволожують повітря в закритих стерильних зонах очікування вильоту, покращуючи мікроклімат терміналу.
5	Покриття підлоги (Интер'єр)	Поліровані мозаїчні бетонні підлоги (тераццо) з високим класом зносостійкості.	Товщина топпінг-шару: 30–100 мм.	Світло-сірий, з домішками світлого мармуру.	Дзеркальна, гладка, безшовна.	Розраховані на екстремальні стираючі навантаження від пасажиропотоку та коліс багажних валіз. Відсутність швів полегшує прибирання.
		Електричні плівкові теплі підлоги (інфрачервоні системи, закладені локально).	Товщина плівки: до 5–10 мм.	Прихована система.	Не впливає на фінішну фактуру.	Монтуються локально під сидіннями в залах очікування та зонах дитячих майданчиків для компенсації протягів біля великих вітражів.
		П'єзоелектричні (кінетичні) плити , що виробляють електроенергію від кроків.	Інтегрований модуль: 100–120 мм.	Сіро-зелений матовий маркер.	Гладка, протиковзна.	Локалізовані в зонах найвищого трафіку (черги на реєстрацію та гейти). Кожен крок генерує струм для живлення USB-портів крісел, лаунж-зон та елементів світлодіодної навігації.

6	Покриття підлоги (Екстер'єр)	Пресований високоміцний бетон (технологія промислових покриттів).	Товщина плити: до 150 мм (підвищена міцність).	Темно-сірий асфальтовий.	Шорстка, з високим коефіцієнтом зчеплення.	Застосовується на перонній зоні та естакадах привокзальної площі. Витримує вагу аеродромної техніки та стійкий до протижеледних реагентів.
		Люмінесцентна тротуарна плитка (композит із вкрапленням світлонакопичувальних полімерів).	Товщина: до 60–80 мм.	Денний: світло-сірий. Нічний: м'яке фосфоричне зеленувате світіння.	Шорстка, безпечна для пішоходів.	Використовується на пішохідних доріжках привокзального благоустрою. Забезпечує пасивне нічне маркування шляхів евакуації та енергозбереження.
		Геопластичні газони (стійкі рулонні покриття поверх армованих решіток).	Родючий шар: 150 мм.	Натуральний зелений.	М'яка, трав'яна.	Створюють дренажні буферні зони навколо терміналу, що поглинають зливові води під час літніх штормів у Києві.
7	Штучне освітлення (Інтер'єр)	Лінійні модульні світлодіодні світильники низького енергоспоживання.	Профілі різної довжини, вбудовані в параметричні шви.	Матові розсіювачі, тепле біле світло (3000K – 4000K).	Гладкі лінії.	Інтегруються в геометрію даху Захи Хадід. Формують світлові вектори, які інтуїтивно направляють пасажирів від входу до гейтів вильоту.

8	Освітлення екстер'єру	Автономні опори освітлення: ліхтарі з вертикально-осьовими вітрогенераторами та ліхтарі з сонячними накопичувачами.	Висота опор: 6–8 м. Потужність LED: 60–100 Вт.	Білий або металік.	Металічна.	Забезпечують 100% автономне освітлення привокзальної площі та паркінгів. Вертикальні вітрогенератори ефективно працюють від штучних повітряних потоків, що виникають від руху літаків та транспорту.
9	Декоративно-кліматичні елементи	Енергозберігаючі інтер'єрні та екстер'єрні фонтани замкненого циклу з живленням від сонячних панелей та міні-ГЕС локального дренажу.	Індивідуальні інженерні чаші.	Прозора вода, LED-підсвічування.	Динамічна водяна дзеркальна поверхня.	Розташовані в атріумах Front of House. Працюють на очищеній дощовій воді. Влітку виконують функцію природних адіабатичних охолоджувачів повітря, знижуючи навантаження на систему кондиціонування терміналу.

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ**



**ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ
Кафедра архітектурних конструкцій**

**РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ:
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АРХІТЕКТУРІ**
БЛАГОУСТРІЙ ПРИСАДИБНОЇ ТЕРИТОРІЇ З ЗАСТОСУВАННЯМ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТЕМА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ:
«ПАСАЖИРСЬКИЙ ТЕРМІНАЛ АЕРОПОРТУ “ЖУЛЯНИ” В М. КИЇВ»

Студентка: Українець П.С.

Керівниця розділу: доц. Роздорожнюк О.Я.

Київ – 2026

Зміст

I. Технічні умови будівництва (кліматологія)

II. Основні виклики та перешкоди в енергоефективності аеропорту

III. Загальні заходи для підвищення енергоефективності

I. Технічні умови будівництва (кліматологія)

Ділянка розташована в м. Київ., у межах столичного мікрорайону Жуляни, за 8 км на південний захід від центру міста в Солом'янському районі.

Координати об'єкту: 50° 24'06" пн. ш. 30°27'06" сх. д.

Київ розташований у середній течії Дніпра, у північній Наддніпрянщині.



Географічний аналіз міста Київ:

Місто розташоване на півночі України, на межі Полісся і лісостепу по обидва береги Дніпра в його середній течії. Площа міста 836 км². Довжина вздовж берега — понад 20 км. Київ здавна знаходився на перетині важливих шляхів.

Рельєф Києва сформувався на межі Придніпровської височини, а також Поліської та Придніпровської низовин. Більша частина міста лежить на високому (до 196 метрів над рівнем моря) правому березі Дніпра — Київському плато, порізаному густою сіткою ярів на окремі височини. Менша частина лежить на низинному лівому березі Дніпра.

Житлові квартали міста оточує суцільне кільце лісових масивів. Клімат помірно континентальний, із м'якою зимою і теплим літом.

Кліматичний аналіз м. Київ:

Середньомісячні температури січня $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, липня $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середньорічна температура повітря $+8,9 - +11,90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Взимку на кілька градусів тепліше в центрі міста, ніж на околицях - через щільну забудову.

Абсолютний мінімум — $-32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7, 9 лютого 1929), абсолютний максимум — $+39,9\text{ }^{\circ}\text{C}$

(серпень 1898) (за іншими даними: $+39,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (30 липня 1936)).

Середньорічна кількість опадів — 649 мм , максимум опадів припадає на липень (88 мм), мінімум — на жовтень (35 мм). Взимку в Києві утворюється сніговий покрив, середня висота покриву в лютому 20 см , максимальна — 440 см .

Середньорічна загальна хмарність — $6,4$ бали, максимум припадає на грудень ($8,2$), мінімум — на серпень ($4,8$). Середня вологість повітря — від 64% (травень) до 85% (листопад).

Протягом року середня кількість днів з опадами - близько 160 . У 1912 р. таких днів було 204 , а в 1881 р. - 117 .

Вологість повітря в Києві найчастіше висока. В середньому за рік становить близько 74% , влітку - близько 67% , а взимку - $80-90\%$.

В окремі періоди повітря буває дуже сухим.

Таблиця температура повітря:

Клімат Києва													[сховати]
Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Абсолютний максимум, °С	13,2	17,3	25,3	30,2	33,6	35,5	39,4	39,3	35,7	27,9	23,2	15,1	39,4
Середній максимум, °С	-0,8	0,7	6,5	15	21,1	24,6	26,5	25,9	20	12,9	5,3	0,5	13,2
Середня температура, °С	-3,2	-2,3	2,5	10	15,8	19,5	21,3	20,5	14,9	8,6	2,6	-1,8	9
Середній мінімум, °С	-5,5	-5	-0,8	5,7	10,9	14,8	16,7	15,7	10,6	5,1	0,4	-3,9	5,4
Абсолютний мінімум, °С	-31	-32	-25	-10	-2	3	7	2	-3	-18	-27	-36	-32
Норма опадів, мм	37	40	43	47	65	77	68	56	59	45	46	47	616.9

Тип клімату та формула м. Київ:

Тип клімату та формула м. Київ												
Місяць	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Тип клімату	X	X	X	П	К	К	К	К	К	П	X	X
5X + 2П + 5К												

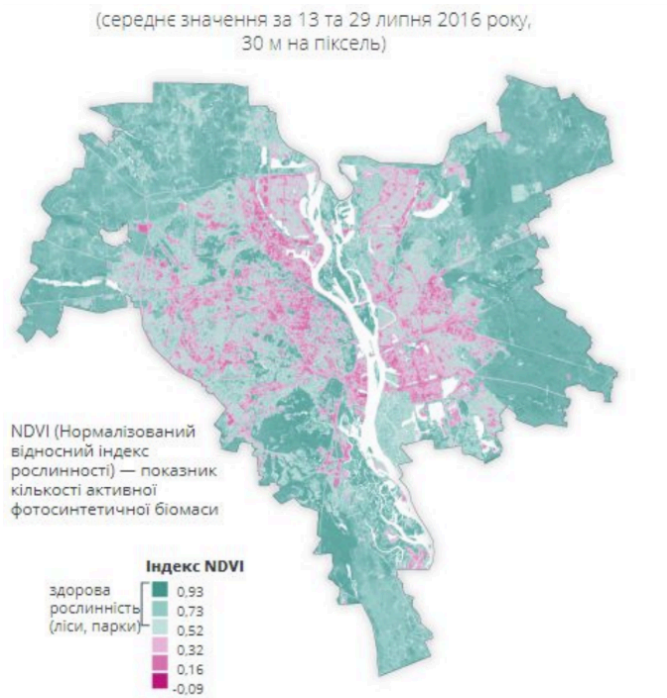
Швидкість вітру - м/с:

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ													
31. Київ (висота флюгера 10м; М-63-10м; МАРК-10м) 33345													
Середня	2,9	2,9	3,0	2,7	2,4	2,3	2,2	2,0	2,2	2,3	2,6	2,7	2,5
Середнє квадратичне відхилення	0,5	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
Коефіцієнт варіації	0,17	0,14	0,10	0,15	0,08	0,09	0,18	0,10	0,14	0,13	0,15	0,11	0,08
Найменша	2,0	1,7	1,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,8	1,8	1,9
Рік	1963, 1974	1972	1978	1963	1961, 1977	1977	2005	1974	1975	2020	1975, 2020	2020	1977
Найбільша	3,9	5,0	3,9	3,5	2,8	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,6	3,4	2,9
Рік	1983, 1993	1969	1990	2015	2006, 2007	2017	1965, 1968	1966	1985	1970	1981	1988	1983
Максимальна	23а	21а	25ф	>20ф,а	20а	24а	23а	22а	20а	20а	23а	21а	24а
Рік	1986	2007	1881	1967, 2015	2007	1989	1988	1992	1992	1975	1981	1983	1983, 1989
Дата	21	21	20	18, 16	20	7	7	13	6	7	3	29	12.III, 7.VI

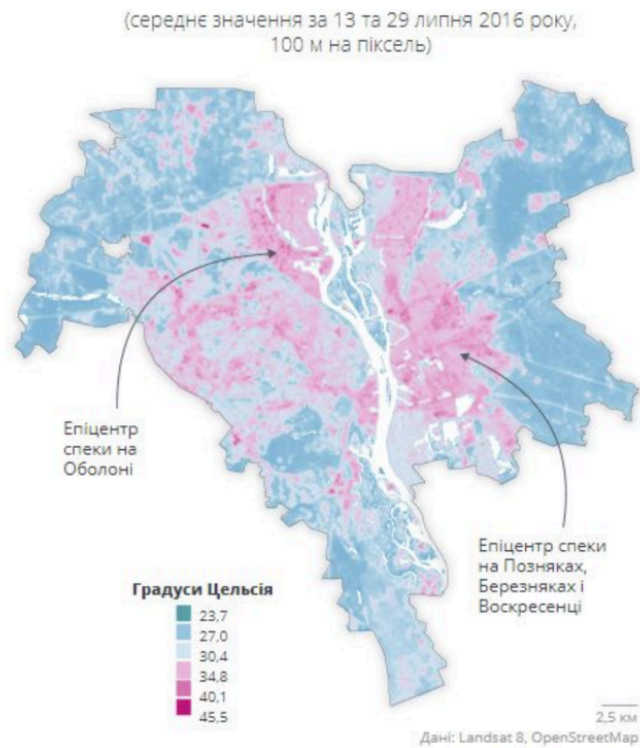
Середня кількість опадів:



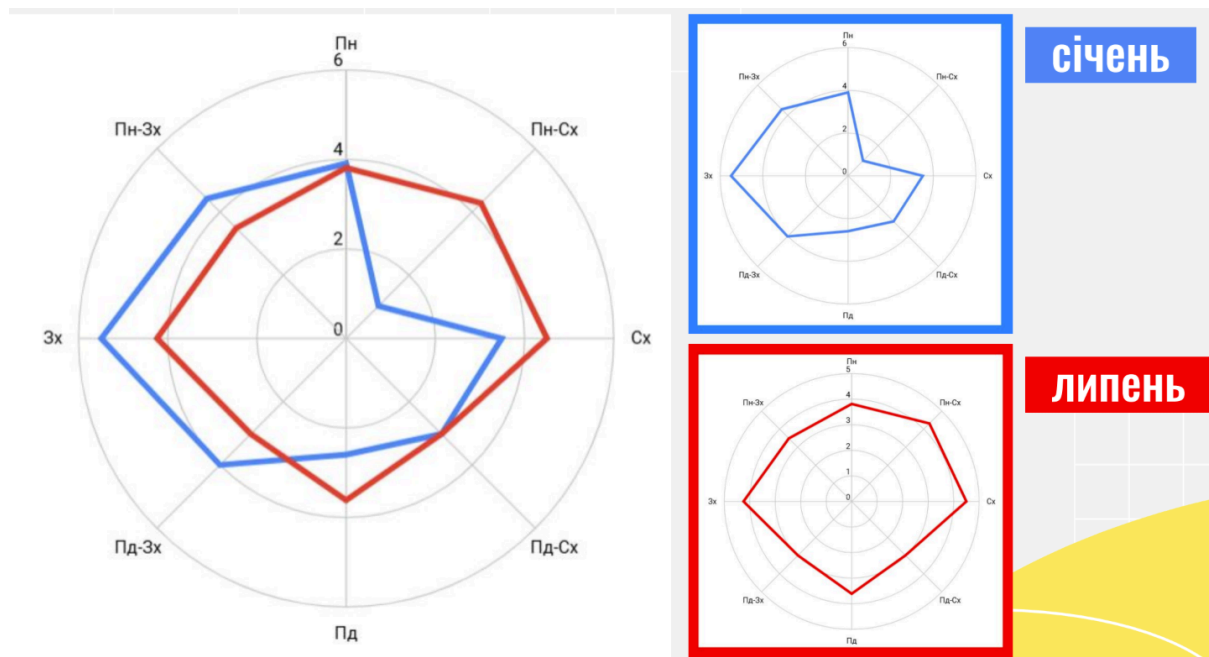
Індекс рослинності:



Температура поверхні:



Рози вітрів за січень та липень:



II. Основні виклики та перешкоди в енергоефективності аеропорту:

Висока енергетична інтенсивність процесів: постійне кондиціонування та вентиляція, особливо в терміналах; високий рівень освітлення на ВПП, перонах, стоянках; постійна робота обладнання, такого як багажні стрічки, сортувальні системи, транспорт, заправка.

Архітектурно-проектувальні вимоги: не завжди є великі незатінені площі для встановлення фотовольтаїки; сонячні навіси чи покрівлі можуть конфліктувати з вимогами авіаційної безпеки (бликовість панелей, висота, доступ до техніки)

Старі будівлі та обладнання: багато терміналів та технічних споруд зведені десятки років тому, вони оснащені поганою теплоізоляцією, старими HVAC-системами, застарілим освітленням. Реконструкція часто потребує тривалих закриттів/обмежень операцій.

4. Стандарти авіаційної безпеки: деякі енергоефективні рішення можуть суперечити ICAO/FAA вимогам, наприклад: дзеркальні поверхні, відблиски від сонячних панелей, зелені дахи, високі насипи.

5. Складний клімат: у країнах із холодними зимами (включно з Україною) енерговитрати на обігрів дуже високі.

6. Птахи й біорізноманіття: аеропорти зобов'язані контролювати популяції птахів, і це інколи конфліктує з озелененням чи створенням водних об'єктів.

III. Загальні заходи для підвищення енергоефективності:

Наразі в світі винайдено багато заходів і технологій, які роблять не тільки територію аеропорту енергоефективнішою, а й знижують шум, покращують екологічність і комфорт навколишніх зон.

Енергоефективність у проектуванні аеропортів досягається шляхом інтеграції «зелених» технологій та матеріалів, оптимізації дизайну для мінімізації споживання енергії, використання відновлюваних джерел енергії та впровадження систем управління енергоспоживанням. Це включає такі аспекти, як ефективне освітлення, теплоізоляція, розумні системи керування будівлею та інтеграція сонячної енергії.

Системний підхід (masterplan) — дивитися на територію як на єдину екосистему: енергія, вода, транспорт, ландшафт, акустика і біорізноманіття повинні проектуватись разом.

Підхід «найменшого життєвого циклу викидів» — вибір матеріалів і рішень з урахуванням embodied carbon і експлуатаційних витрат.

Гнучкість і масштабованість — почати з пілотних зон (паркінг, під'їзди) і масштабувати успішні рішення.

Моніторинг та управління — встановити системи вимірювання енергії, шуму, якості води/повітря для коригування рішень в реальному часі.

Запропоновані заходи з підвищення терморегуляції та шумопоглинання:

Озеленені шумозахисні коридори: з півдня, де злітна смуга межує з житловими

кварталами; з північного заходу, де щільна промзона і житлові масиви; з північного сходу, біля музею авіації.

У районі авіа музею й уздовж дороги — багато напівпорожніх зон.

Рекомендується застосувати смуги озеленення.

Широкі зелені бар'єри: 50–120 м шириною, переважно з хвойних порід + листяних.

Використання безпечних видів дерев, які не дають плодів та не є привабливими для популяцій птахів, щоб зменшити ризик зіткнення літаків з птахами.

Хвойні: сосна чорна, ялина сербська, модрина європейська, туя західна, ялівець скельний.

Листяні: клен ясинолистий, клен гостролистий, липа дрібнолиста безнасіннева, дуб червоний, граб звичайний, береза повисла, тополя пірамідальна.

Газони низької кормової цінності, низькі чагарникові смуги.

Пропозиції з застосування штучних водойм

Пропонується ввести штучні водойми на південь від злітної смуги з метою відокремлення ділянки з високою концентрацією шуму від населених приватних територій.

1. Центр злітних смуг — природне охолодження
2. Південно-східна частина — великі вільні площі без забудови
3. Південно-західна зона — природні низини

Переваги: створення природного протипожежного резервуару, охолодження мікроклімату, зменшення ефекту теплової інверсії, яка збільшує смугу туману, затримання стоків й зменшення забруднення

Пропозиції з розмежування території аеропорту від житлової забудови

Земляні насипи навколо житлової території: на півдні, де злітна смуга межує з житловими кварталами, пропонується утворити земляні насипи заввишки 4-8м, засаджені зеленими насадженнями для більшого шумопоглинання та розмежування.

На вершини валів рекомендовано встановлення сонячних панелей.

Прозорі шумопоглинаючі екрани: введення бар'єру вздовж вулиці, що розмежовує злітні смуги від приватного сектору.

Енергоефективні технології та рішення для термінального комплексу

Сонячні електростанції забезпечать до 60% енергетичних потреб терміналу. Пропозиції з розташування – на покрівлях терміналу та ангарів, а також південні та східні території, де відсутня щільна забудова.

Небезпека відблисків: існує ризик засліплення пілотів літаків відбитим світлом.

Протизасліпні міри:

- Зміна орієнтації та нахилу панелей в протилежну сторону від траєкторій польоту літаків
- звільнення зон навколо злітно-посадкових смуг від встановлення панелей
- спеціальне протиблікове покриття
- встановлення фізичних бар'єрів між панелями та зоною операцій



Енергоефективні технології та рішення для термінального комплексу

Встановлення п'єзоелектричних плиток у місцях з високою інтенсивністю руху для вироблення електроенергії з людських кроків.

Ці плитки вловлюють кінетичну енергію кожного кроку, перетворюючи тиск на невелику кількість електроенергії, яку можна використовувати для освітлення, дисплеїв або інших сусідніх систем. Ця технологія, яку часто встановлюють у таких місцях, як залізничні станції, є формою відновлюваної енергії, яка перетворює повсякденний рух на корисну електроенергію.

Застосування: вироблена електроенергія не є основним джерелом живлення, але може живити локальні малопотужні пристрої, такі як світлодіодні дисплеї, освітлення станцій та інше обладнання в межах об'єкта. Розташування доцільне в коридорах та залах з високою прохідністю всередині терміналу.



Зупинка громадського транспорту з озелененням і сонячними панелями має комплексну користь з точки зору енергоефективності та сталого розвитку, особливо в міському середовищі. Її ефект варто розглядати не лише як пряме виробництво енергії, а як мікроінфраструктурний елемент енергоощадного міста. Сонячні панелі на зупинці дозволяють частково або повністю забезпечувати її енергетичні потреби без підключення до міських мереж. Зупинка слугуватиме не пасивним споживачем електроенергії, а активним енергетичним елементом міської інфраструктури.



Вбудовані місця для сидіння з інтегрованими сонячними панелями є окремим елементом «малої енергетичної інфраструктури» і мають як прямий, так і опосередкований енергоефективний ефект. Їх доцільно розглядати не як альтернативу покрівельним СЕС, а як доповнення до загальної енергетичної концепції зупинки. Вироблена енергія використовується безпосередньо на місці (USB-зарядки, підсвітка, Wi-Fi-модуль, датчики); мінімізуються втрати на перетворення та передачу; Сидіння можуть працювати автономно від основної системи зупинки; Накопичення енергії в малих акумуляторах дозволяє згладжувати пікові навантаження. Навіть невелика потужність (десятки ват) є ефективною завдяки локальному використанню.

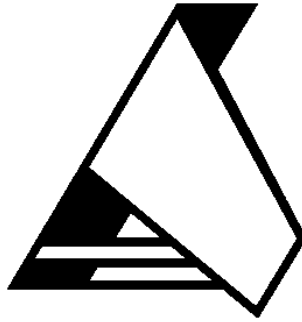


Сонячні та вітрові генератори, а також сонячні ліхтарі працюють за принципом локального перетворення відновлюваної енергії: фотоелектричні панелі перетворюють сонячне випромінювання на електроенергію, а малі вітрогенератори — кінетичну енергію повітряних потоків у механічну й далі в електричну, яка накопичується в акумуляторах і використовується

безпосередньо на місці (для освітлення, навігації, інформаційних систем). З точки зору енергоефективності такі рішення мінімізують втрати на передачу електроенергії, знижують навантаження на централізовані мережі, підвищують автономність міської та транспортної інфраструктури й забезпечують стабільну роботу об'єктів за рахунок поєднання активних (генерація енергії) та пасивних (зменшення споживання) принципів сталого проєктування.



I АРХІТЕКТУРИ



ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ

Кафедра архітектурних конструкцій

РОЗДІЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ З ДИСЦИПЛІНИ:

ТЕПЛОФІЗИКА

**РОЗРАХУНОК АРХІТЕКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ЗИМОВИМИ
УМОВАМИ (НА ПРОМЕРЗАННЯ ТА УТВОРЕННЯ КОНДЕНСАТУ)**

ТЕМА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ:

«ПАСАЖИРСЬКИЙ ТЕРМІНАЛ АЕРОПОРТУ “ЖУЛЯНИ” В М. КИЇВ»

Студентка: Українець П.С.

Керівниця розділу: доц. Роздорожнюк О.Я.

Київ – 2026

Зміст

I. Вихідні дані

II. Розрахунок огорожуючої конструкції за зимовими умовами

III. Розрахунок теплотехнічного опору поверхні підлоги

Вихідні дані

Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій є одним із

визначальних етапів інженерно-архітектурного проектування пасажирського терміналу Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни). Його метою є раціональний підбір товщини теплоізоляційних матеріалів, забезпечення нормативного опору теплопередачі, запобігання утворенню конденсату (точки роси) на внутрішніх поверхнях та оптимізація енергетичного балансу будівлі.

Оскільки термінал відрізняється масштабним трирівневим простором, суцільним панорамним склінням та відсутністю підземного ярусу, огорожувальні структури 0-го та +1-го рівнів несуть підвищене екстремальне навантаження під час зимового періоду. Розрахунок базується на положеннях ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» та ДСТУ Настанова з розрахунку теплоізоляції будівель.

Кліматична валідація та вихідні дані розрахунку

Вихідні метеорологічні та розрахункові параметри обрані відповідно до географічного розташування об'єкта у місті Київ, яке згідно з нормативним районуванням території України належить до І (північно-центральної) кліматичної зони. Ця зона характеризується тривалим опалювальним періодом, суворішими зимовими температурами та значною кількістю градусо-днів опалювального періоду.

У Таблиці 1 зведено вихідні параметри, необхідні для проведення математичного моделювання теплопередачі за зимових умов.

Таблиця 1. Вихідні кліматичні та розрахункові параметри для теплотехнічного аналізу (І кліматична зона, м. Київ)

Середня температура найбільш холодної доби з 0,98 (t min) °C	-26
Середня температура найбільш холодної доби з 0,92 (t) °C	-22
Середня температура найбільш холодної доби 5-ти діб із забезпеченням 0,92 (t 5) °C	-20
Температура внутрішнього повітря, (tв) °C	20
Відносна вологість внутрішнього повітря %	50
Температура, при якій повітря досягає стану насиченості (tтр) °C	9,3
Товщина конструктивного шару огорожувальної конструкції, (m)	σ
Щільність матеріалу в сухому стані кожного конструктивного шару огорожувальної конструкції, (кг/м³)	ρ
Розрахункове значення коефіцієнту теплопровідності матеріалу (Вт/м × °C)	λ
Розрахункове значення коефіцієнту теплопровідності матеріалу кожного конструктивного шару стіни (Вт/м × °C)	S
Коефіцієнт паропроникності (Вт/м × °C)	μ
Нормативний температурний перепад (Δt, n) °C	4
Коефіцієнт, прийнятий у залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, (n)	1
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції(ав) (Вт/м × °C)	8,7
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції(ан) (Вт/м × °C)	23
Термічний опір замкнутої поверхні прошарку (Rв. п) м² × °C/Вт	4,0
Показник теплосвоєння поверхні підлоги (Y0 n) м² × °C/Вт	5,5

Фізико-технічні характеристики шарів проєктованих конструкцій

Для забезпечення жорсткості параметричного каркаса та створення енергоефективної оболонки в проєкті розроблено дві основні багатошарові системи:

Зовнішня стіна: Навісний вентильований фасад із великоформатного керамограніту по монолітному залізобетонному каркасу (або зонах архітектурного бетону).

Міжнівельне перекриття (Позначка +7.000): Монолітна безбалочна залізобетонна плита, що розділяє технологічний 0-й поверх (багажне відділення) та пасажирський +1 рівень, із інтегрованою системою теплої підлоги та акустичного демпфування.

У Таблиці 2 наведено теплотехнічні коефіцієнти та розрахункову товщину кожного шару.

Таблиця 2. Матеріально-структурні та теплотехнічні характеристики шарів конструкцій стін і перекриття

Структурний елемент / Опис шару (напрямок: зсередини → назовні)	Товщина шару, σ (м)	Щільність сухого матеріалу, ρ (кг/м ³)	Коефіцієнт теплопровідності, λ (Вт/м·°C)	Розрахункове теплоспоживання, S (Вт/м ² ·°C)	Коефіцієнт паропроникності, μ (мг/м·год·Па)
КОНСТРУКЦІЯ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ (Вентфасад)					
1. Внутрішнє оздоблення: вогнестійкі акустичні панелі	0,02	800	0,15	3,34	0,075
2. Пароізоляційна мембрана (плівка високощільна)	0,0002	960	0,35	—	0,00002
3. Конструктивне ядро: монолітний залізобетон / архбетон	0,3	2500	2,04	18,9	0,03
4. Основний теплоізоляційний шар: базальтова мінеральна вата	0,15	135	0,042	0,65	0,48
5. Вітрозахисна супердифузійна гідроізоляційна мембрана	0,0005	450	—	—	0,55
6. Замкнутий вентиляований повітряний прошарок	0,04	1,2	—	—	—
7. Екстер'єрний екран: великоформатний керамограніт	0,012	2400	1,3	14,2	0,01
КОНСТРУКЦІЯ МІЖНІВЕЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ (на позначці +7.000)					
1. Фінішне покриття: полірований бетон (керамограніт ТЕРАЦЦО)	0,02	2400	1,3	14,2	0,01
2. Електрична плівкова тепла підлога (інфрачервона система)	0,005	1100	0,22	—	0,00001
3. Розподільча цементно-піщана стяжка	0,05	1800	0,93	11,09	0,09
4. Гідро-пароізоляційний роздільний шар (полімерна плівка)	0,0002	960	0,35	—	0,00002
5. Звукоізоляційний та тепловий демпфер (екструдований пінополістирол)	0,05	35	0,032	0,34	0,015
6. Несуча плита перекриття: монолітний залізобетон каркаса	0,3	2500	2,04	18,9	0,03
7. Оздоблення стелі 0-го рівня: підвісна система металевих рейок	0,01	7850	58	—	0

Науково-технічне обґрунтування та логіка структурування шарів

Проектована структура шарів відповідає фундаментальним законам будівельної фізики та термодинаміки багатошарових систем, адаптованих до кліматичних умов Києва:

Захист від промерзання та теплоаккумуляція: Масивне залізобетонне ядро стіни має високу теплоємність і розташоване з внутрішньої сторони теплоізоляційного бар'єра. Ефективний утеплювач (мінеральна вата товщиною, що розрахована спеціально під Нормативний опір винесений на зовнішню сторону бетону. Це дозволяє залізобетонному каркасу акумулювати внутрішнє тепло терміналу, стабілізувати температуру в операційних залах при відчиненні вхідних порталів та згладжувати різкі добові амплітуди температур зовнішнього повітря.

Дифузійний баланс та запобігання зволоженню: Розташування матеріалів за показником коефіцієнта паропроникності виконано за принципом його збільшення від внутрішнього простору до зовнішнього. Високощільна пароізоляція на внутрішній грані залізобетону відсікає вологу, що генерується пасажиропотоком всередині Front of House. Натомість супердифузійна мембрана із зовнішнього боку мінеральної вати вільно випускає залишковий

пар у вентиляований прошарок фасадного екрана з керамограніту, повністю виключаючи ризик накопичення вологи всередині утеплювача та падіння його теплоізоляційних властивостей під час затяжних осінньо-зимових дощів та снігопадів у Києві.

Акустична та теплова автономія рівнів: Конструкція міжповерхового перекриття на позначці +7.000м враховує специфіку відсутності підземного поверху. Шар екструдованого пінополістиролу виконує подвійну функцію: він є потужним теплоізоляційним екраном, що спрямовує тепловий потік від плівкової теплої підлоги виключно вгору (в пасажирську зону), і одночасно працює як високоефективний демпфер ударного та повітряного шуму. Це повністю ізолює зали вильоту від звукових коливань та вібрацій важкого обладнання для сортування багажу, що працює безпосередньо під ними на 0-му рівні.

Таким чином, розроблений та обґрунтований теплотехнічний піріг огорожувальних конструкцій є збалансованим інженерним рішенням, яке гарантує довговічність параметричного каркаса термінального комплексу, надійний захист від суворого клімату київського регіону та високі показники енергозбереження класу «А».

1. Розрахунок необхідного (мінімального) опору теплопередачі за санітарно-гігієнічними вимогами

Необхідний опір теплопередачі R_{tr} розраховується з умов забезпечення нормативного температурного перепаду між температурою внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни:

$$R_{tr} = (n * (t_v - t_n)) / (D_{t_n} * a_v)$$

Де:

- $n = 1.0$ — коефіцієнт положення зовнішньої поверхні конструкції;
- $t_{в} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ — розрахункова температура внутрішнього повітря пасажирських залів;
- $t_{н} = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$ — середня температура найбільш холодної доби для м. Київ (із забезпеченням 0.98);
- $D_{tн} = 4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ — нормативний температурний перепад для громадських споруд;
- $a_{в} = 8.7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні.

$$R_{тр} = (1.0 * (20 - (-26))) / (4.0 * 8.7) = 46 / 34.8 = 1.32\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Отримане значення за санітарно-гігієнічними вимогами ($1.32\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$) є базовим мінімумом. Проте, згідно з сучасними вимогами ДБН В.2.6-31:2021 для першої кліматичної зони України, нормативне значення з умов енергозбереження становить $R_{req} = 4.0\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Проектована конструкція розраховується з орієнтацією на вищий енергоефективний показник.

2. Розрахунок фактичного опору теплопередачі проектованої конструкції вентфасаду

Загальний опір теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції R_L визначається за формулою:

$$R_L = R_{в} + R_{к} + R_{н}$$

Де:

- $R_{в} = 1 / a_{в} = 1 / 8.7 = 0.115\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ — опір тепловіддачі внутрішньої поверхні;
- $R_{н} = 1 / a_{н} = 1 / 23.0 = 0.043\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ — опір тепловіддачі зовнішньої поверхні;

- R_k — сумарний термічний опір конвективних та конструктивних шарів стіни.

Примітка: Відповідно до норм проектування вентиляованих фасадів, шари, розташовані за повітряним прошарком (зовнішній екран з керамограніту), у розрахунку термічного опору конструкції не враховуються через прямий зв'язок прошарку з атмосферним повітрям.

Розрахунок термічного опору кожного конструктивного шару за формулою $R = b / l$:

- R_1 (акустичні панелі): $0.020 / 0.15 = 0.133 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
- R_2 (пароізоляція): через малу товщину (0.0002 м) термічний опір прямує до нуля і не враховується;
- R_3 (монолітний залізобетон): $0.300 / 2.04 = 0.147 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
- R_4 (базальтовий утеплювач): $0.150 / 0.042 = 3.571 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Визначаємо сумарний опір конструктивних шарів (R_k): $R_k = R_1 + R_3 + R_4 = 0.133 + 0.147 + 3.571 = 3.851 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Визначаємо загальний опір теплопередачі конструкції (R_L): $R_L = R_v + R_k + R_n = 0.115 + 3.851 + 0.043 = 4.009 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Перевірка нормативної умови: $R_L (4.009) > R_{req} (4.0)$ Конструкція повністю відповідає жорстким сучасним вимогам енергоефективності для м. Київ.

3. Перевірка конструкції на відсутність конденсату на внутрішній поверхні

Температура внутрішньої поверхні огороження $t_{вн}$ не повинна бути нижчою за температуру точки роси ($t_{тр} = 9.3 \text{ °C}$):

$$t_{вн} = t_v - ((t_v - t_n) / (R_L * a_v))$$

$$t_{\text{вн}} = 20 - ((20 - (-26)) / (4.009 * 8.7)) = 20 - (46 / 34.878) = 20 - 1.319 = 18.68 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Перевірка умови випадання конденсату: $t_{\text{вн}}$ (18.68 °C) > $t_{\text{тр}}$ (9.3 °C) Умова виконується із значним запасом. Температура внутрішньої поверхні стіни близька до температури повітря в залі (20 °C), що виключає появу вологи, плісняви та забезпечує тепловий комфорт пасажирів.

4. Розрахунок розподілу температур по шарах огорожувальної конструкції

Температура на межі кожного i -го шару конструкції розраховується за формулою:

$$t_i = t_{\text{в}} - ((t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / R_{\text{L}}) * (R_{\text{в}} + L_{\text{Ri}})$$

Температурний градієнт стіни визначається падінням температури від внутрішньої грані до зовнішньої крізь конструктивні шари (при коефіцієнті теплопередачі $D_{\text{t}} / R_{\text{L}} = 46 / 4.009 = 11.474$):

- $T_{\text{вн}}$ (температура на внутрішній поверхні стіни): $T_{\text{вн}} = 20 - 11.474 * 0.115 = 18.68 \text{ } ^\circ\text{C}$
- t_1 (на межі між акустичною панеллю та пароізоляцією/бетоном): $t_1 = 20 - 11.474 * (0.115 + 0.133) = 20 - 11.474 * 0.248 = 17.15 \text{ } ^\circ\text{C}$
- t_2 (на межі між монолітним залізобетоном та мінераловатним утеплювачем): $t_2 = 20 - 11.474 * (0.115 + 0.133 + 0.147) = 20 - 11.474 * 0.395 = 15.47 \text{ } ^\circ\text{C}$
- t_3 (на зовнішній межі мінеральної вати перед вентиляльованим прошарком): $t_3 = 20 - 11.474 * (0.115 + 0.133 + 0.147 + 3.571) = 20 - 11.474 * 3.966 = -25.51 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{\text{зн}}$ (температура на зовнішній поверхні огороження з урахуванням зовнішнього опору): $T_{\text{зн}} = 20 - 11.474 * (0.115 + 3.851 + 0.043) = 20 - 11.474 * 4.009 = -26.00 \text{ } ^\circ\text{C}$

Висновок до теплотехнічного розрахунку

Аналіз температурного градієнта по товщині стінової огорожувальної конструкції показав, що ізотерма точки роси (+9.3 °C) локалізується всередині масивного конструктивного шару — монолітного залізобетону ($t_1 = 17.15$ °C, $t_2 = 15.47$ °C), де температура залишається стабільно вищою за критичну відмітку.

Проте, враховуючи високу вологість пасажирського середовища аеровокзалу через постійні експлуатаційні навантаження, впровадження високощільної пароізоляційної мембрани на внутрішній грані залізобетонного ядра є обов'язковим інженерним заходом. Вона запобігає дифузійному проникненню водяної пари з інтер'єру в зону низьких температур зовнішнього шару мінеральної вати ($t_3 = -25.51$ °C), що повністю виключає ризик конденсації вологи на межі матеріалів, зберігає стабільність теплоізоляційних параметрів системи вентильованого фасаду та гарантує довговічність біоморфної будівлі терміналу у кліматичних умовах міста Києва.