

Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Архітектури, містобудування та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Архітектури будівель і споруд

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему: **Архітектурні прийоми та принципи формування наукових центрів**

Виконав: студент 2 курсу,

групи Мн АБіС 2024-1

напряму підготовки (спеціальності)

19 Архітектура та будівництво

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

191 Архітектура та містобудування

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Архітектура будівель та споруд

(назва і шифр напряму підготовки, спеціальності)

Белхаж Яхья

(прізвище та ініціали)

Керівник канд. техн. наук, доцент

Чепурна С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.арх., доц. Мартишова Л.С.

ст. викл. Сільвестрова Н.П.

(прізвище та ініціали)

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

ННІ Архітектури, містобудування та дизайну

Кафедра Архітектури будівель і споруд

Освітній рівень Магістр

Освітньо-наукова програма Архітектура будівель і споруд

Спеціальність 191 – Архітектура та містобудування



ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. АБіС

Смірнова О.В.

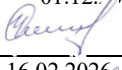
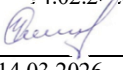
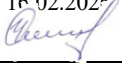
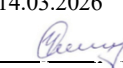
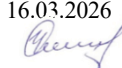
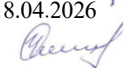
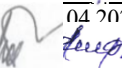
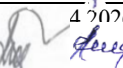
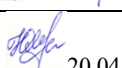
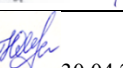
« 16 » травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Белхаж Яхья

1. «Архітектурні прийоми та принципи формування наукових центрів»
керівник проєкту (роботи): Чепурна С.М. канд. техн. наук, доцент каф. АБіС
затверджені наказом вищого навчального закладу від «26» листопада 2025 №1116-03
2. Строк подання студентом проєкту (роботи): 21 травня 2026 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): завдання на дипломне проєктування, результати переддипломної практики, теоретичні дослідження, графоаналітичні матеріали.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
«Розділ 1. Аналіз теоретичного та практичного досвіду проєктування наукових центрів», «Розділ 2. Сучасні архітектурні прийоми і принципи організації простору наукових центрів», «Розділ 3. Апробація дослідження, сучасний науковий центр у м. Харків», «Розрахунково-конструктивна частина», «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях».
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема розміщення території в структурі міста, схема розміщення території в структурі району, схема існуючої функціональної і транспортно-пішохідної організації, схема проєктної функціональної і транспортно-пішохідної організації, опорний план, генплан, фотофіксація, плани, фасади, розрізи, перспективні проєкції головних ракурсів будівлі.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Чепурна С.М. к.т.н., доц. каф. АБіС	01.12.2025 	14.02.2026 
2	Чепурна С.М. к.т.н., доц. каф. АБіС	16.02.2026 	14.03.2026 
3	Чепурна С.М. к.т.н., доц. каф. АБіС	16.03.2026 	18.04.2026 
4	Лугченко О. І., к.т.н., доц. каф. Будівельних конструкцій; Набока А. В., к.т.н., доц. каф. Будівельних конструкцій	04.03.2026 	04.03.2026 
5	Левашова Ю. С., к.т.н., доц. каф. ОП та БЖД	20.04.2026 	30.04.2026 

7. Дата видачі завдання 1 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Уточнення завдання на проєктування	Грудень 2025	Виконано
2	Розробка постановочної частини (актуальність, проблеми, задачі, об'єкт, предмет, методи дослідження)	Грудень 2025	Виконано
3	Затвердження плану проведення наукового дослідження (змісту кваліфікаційної роботи)	Лютий 2026	Виконано
4	Аналіз наукових літературних джерел за темою магістерської кваліфікаційної роботи (написання «Вступ», «Розділ 1» підрозділ 1.1, 1.2)	Лютий 2026	Виконано
5	Аналіз прототипів (написання «Розділ 1» підрозділ 1.3, «Висновки до розділу 1»). Гіпотетична модель архітектурного проєкту	Лютий 2026	Виконано
6	Методологія та методика наукового дослідження архітектурного об'єкта (написання «Розділ 2» підрозділ 2.1, 2.2)	Лютий-Березень 2026	Виконано
7	Опрацювання і графічне оформлення аналітичних схем (моделей) за науковим дослідженням (написання «Розділ 2» підрозділ 2.3 та «Висновки до розділу 2»)	Березень 2026	Виконано
8	Узагальнення висновків проведеної науково-дослідної роботи та оформлення графічної моделі об'єкта проєктування (написання «Розділ 3» підрозділ 3.1, 3.2, 3.3, «Висновки до розділу 3»)	Березень, Квітень 2026	Виконано
9	Написання суміжних розділів («Розділ 4» та «Розділ 5»)	Квітень 2026	Виконано
10	Оформлення магістерської кваліфікаційної роботи	Квітень 2026	Виконано
11	Захист магістерської кваліфікаційної роботи перед екзаменаційною комісією	Травень 2026	Виконано

Студент  Белхаж Яхья

Керівник кваліфікаційної роботи  Чепурна С.М.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО ТА ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ ПРОЄКТУВАННЯ НАУКОВИХ ЦЕНТРІВ	8
1.1 Еволюція формування наукових центрів у світовій архітектурній практиці.....	8
1.2 Аналіз теоретичного досвіду проєктування наукових центрів.....	18
1.3 Аналіз практичного досвіду проєктування наукових центрів.....	25
Висновок до розділу 1.....	41
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ АРХІТЕКТУРНІ ПРИЙОМИ І ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ НАУКОВИХ ЦЕНТРІВ.....	43
2.1 Основні фактори, що впливають на формування наукових центрів (містобудівні, соціальні, економічні, технологічні, екологічні).....	43
2.2 Основні типологічні особливості сучасних наукових центрів.....	51
2.3. Вплив інноваційних технологій і сталого розвитку на архітектуру наукових центрів.....	56
2.4. Сучасні архітектурні прийоми організації простору наукових центрів. Принципи функціонально-планувальної організації та зонування.....	62
Висновок за розділом 2.....	71
РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ, СУЧАСНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР У М. ХАРКІВ.....	72
3.1 Містобудівний аналіз існуючої ситуації.....	72
3.2 Концепція формування наукового центру.....	80
3.3 Архітектурно-планувальне рішення наукового центру.....	83
Загальні висновки.....	86
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	87
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	112

ВСТУП

У сучасних умовах переходу до посилення ролі інновацій наукові центри стають одними з основних елементів просторового розвитку міст і регіонів, та виступають не лише осередками генерації нових знань, а й платформами для міждисциплінарної взаємодії, трансферу технологій та інтеграції науки, освіти й бізнесу. Відповідно, зростає значення архітектурно-просторових рішень, які здатні забезпечити ефективне функціонування наукових центрів, створити сприятливе середовище для дослідницької діяльності та стимулювати інноваційну активність.

Сучасні наукові центри дедалі частіше формуються як складні багатофункціональні утворення, що поєднують дослідницькі лабораторії, освітні простори, коворкінги, публічні зони, інноваційні хаби та об'єкти соціальної інфраструктури. Тому, інтеграція функцій вимагає нових підходів до архітектурного проектування, орієнтованих на гнучкість, адаптивність і відкритість простору. Особливого значення набуває створення середовища, яке сприяє неформальній комунікації, обміну ідеями та колаборації між представниками різних галузей знань.

Крім того, формування наукових центрів відбувається в умовах глобальних викликів, серед яких – цифровізація, зміни клімату, обмеженість ресурсів та необхідність забезпечення сталого розвитку. Проте, архітектурні рішення мають відповідати принципам енергоефективності, екологічної збалансованості, раціонального використання територій та інтеграції з природним середовищем. Важливим також є врахування соціального аспекту, а саме створення доступного, інклюзивного та комфортного простору для різних груп користувачів.

Не менш значущим є містобудівний контекст розміщення наукових центрів. Їх інтеграція у структуру міста, зв'язок із транспортною інфраструктурою, наявність громадських просторів та взаємодія з навколишньою забудовою визначають рівень їх функціональної ефективності та вплив на розвиток території. Наукові центри можуть виступати

каталізаторами трансформації міського середовища, сприяти формуванню інноваційних кластерів і підвищенню конкурентоспроможності міст.

Проблема дослідження. Невідповідність існуючих архітектурно-планувальних рішень наукових центрів сучасним вимогам інноваційної діяльності, міждисциплінарної комунікації, гнучкості простору та сталого розвитку.

Тому, актуальність дослідження обумовлено стрімким розвитком науки, технологій та інновацій, де особливого значення набуває створення ефективного архітектурного середовища для наукової діяльності, що підвищить ефективність їх функціонування та адаптацію до викликів сьогодення. Водночас традиційні підходи до їх проєктування часто не відповідають сучасним вимогам гнучкості, сталості, інтеграції в міське середовище та комфорту користувачів.

Актуальність теми дослідження зумовлює цілі і завдання, вибір об'єкта і предмета дослідження.

Мета дослідження: виявити та систематизувати сучасні архітектурні прийоми і принципи формування наукових центрів з метою підвищення їх функціональної ефективності, адаптивності та інтеграції у міське середовище.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати еволюцію формування наукових центрів у світовій практиці.
2. Проаналізувати теоретичний та практичний досвід проєктування наукових центрів
3. Визначити основні фактори, що впливають на формування наукових центрів (містобудівні, соціальні, економічні, технологічні, екологічні).
4. Визначити основні типологічні особливості сучасних наукових центрів.
5. Проаналізувати вплив інноваційних технологій і сталого розвитку на архітектуру наукових центрів.
6. Дослідити сучасні архітектурні прийоми організації простору наукових центрів.

7. Виявити принципи функціонально-планувальної організації та зонування.

8. Сформулювати рекомендації щодо формування сучасних наукових центрів.

Об'єкт дослідження: наукові центри як архітектурні та містобудівні утворення.

Предмет дослідження: архітектурні прийоми, планувальні структури та принципи формування сучасних наукових центрів.

Методи дослідження: для досягнення поставленої мети і вирішення завдань використані наступні методи:

1. Історико-генетичний підхід до аналізу, який дає змогу простежити закономірності становлення та розвитку архітектури наукових центрів.

2. Системно-факторний підхід, що забезпечує комплексний розгляд взаємопов'язаних чинників формування та розвитку наукових центрів.

3. Факторний аналіз, який складається з дослідження науково-теоретичних і практичних робіт.

Таким чином, необхідність дослідження архітектурних прийомів і принципів формування наукових центрів з урахуванням сучасних тенденцій і вимог дозволить створювати якісні, функціонально насичені та стійкі до змін просторові структури, що відповідатимуть потребам сучасного суспільства та сприятимуть інноваційному розвитку.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО ТА ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ ПРОЄКТУВАННЯ НАУКОВИХ ЦЕНТРІВ

1.1 Еволюція формування наукових центрів у світовій архітектурній практиці

Формування наукових центрів має тривалу еволюцію, що відображає розвиток науки, технологій та суспільних потреб. Зміна підходів до їх архітектурного вирішення зумовлена трансформацією наукової діяльності – від індивідуальних досліджень до міждисциплінарної колективної роботи.

Можна виділити декілька періодів еволюції наукових центрів [1].

1. Донауковий та ранній етап (до XIX ст.).

Донауковий та ранній етап формування передумов виникнення наукових центрів охоплює період від античності до початку XIX століття і характеризується відсутністю спеціалізованих науково-дослідних установ у сучасному розумінні. На цьому етапі наукова діяльність мала переважно фрагментарний, індивідуальний або ремісничий характер і здійснювалася в межах освітніх, релігійних та культурних інституцій [1].

Перші осередки наукової діяльності формувалися при університетах, монастирях та академіях і не мали самостійної архітектурної типології, які поступово інтегрувалися у структуру освітніх або релігійних комплексів.

Осередками накопичення та передачі знань виступали античні школи, бібліотеки та філософські центри, середньовічні монастирі, університети та майстерні. Архітектурно ці об'єкти не мали чітко вираженої спеціалізації для проведення наукових досліджень, але поєднували освітні, житлові, сакральні та господарські функції. Просторова організація таких комплексів формувалася відповідно до традицій епохи і функціональних потреб навчання і збереження знань, а не їх активного виробництва [1, 2].

У період Середньовіччя важливу роль відігравали університети як перші осередки знань, де починають формуватися передумови для розвитку наукової діяльності [2].

Водночас у добу Відродження з'являється інтерес до експерименту, спостереження та систематизації знань, що сприяє поступовому переходу від теологічного до наукового світогляду.

Характерною особливістю цього етапу є відсутність чіткої просторової організації наукової діяльності, а також інтегрованість процесів навчання, дослідження і повсякденного життя. Проте, саме у цей період закладаються основи для подальшого розвитку наукових центрів, формуються перші моделі організації освітньо-наукового середовища та накопичується досвід просторового структурування комплексів, що в подальшому трансформується у спеціалізовані науково-дослідні установи [1, 2].

Прикладом є Оксфордський університет, де навчальні й дослідницькі функції поєднувалися в межах єдиного середовища. Простір був замкнутим, ієрархічним та орієнтованим на індивідуальну діяльність (рис. 1) [3].



Рис. 1 – Оксфордський університет

2. Індустріальний етап (XIX – початок XX ст.).

Індустріальний етап становлення наукових центрів пов'язаний із розвитком промисловості, стрімким науково-технічним прогресом та формуванням нових суспільно-економічних відносин у XIX – на початку XX століття. У цей період відбувається швидкий розвиток науки, що проявляється у створенні спеціалізованих науково-дослідних установ, лабораторій,

інститутів та технічних університетів, орієнтованих на прикладні дослідження та потреби промислового виробництва [1, 2].

Наукові центри починають формуватися як окремі функціональні утворення, що мають чітко визначену структуру та організацію. Відбувається відокремлення дослідницької діяльності від суто освітньої, що сприяє появі спеціалізованих лабораторних корпусів, експериментальних майстерень та інженерних баз, які набувають більш раціонального, функціонально обґрунтованого характеру, де пріоритет надається практичності, технологічності та ефективності використання простору [2].

Характерною рисою цього етапу є формування перших науково-виробничих комплексів, які поєднують науку з промисловістю, що дозволяє часто розміщувати такі об'єкти поблизу промислових підприємств або в межах індустріальних зон, забезпечуючи безпосередній зв'язок між дослідженнями та їх практичним застосуванням. Водночас, відбувається розвиток інфраструктури, а саме, транспортної, інженерної та соціальної, необхідної для функціонування наукових установ [1, 2].

Характерним прикладом є Кавендішська лабораторія при Кембриджському університеті (рис. 2) [2].

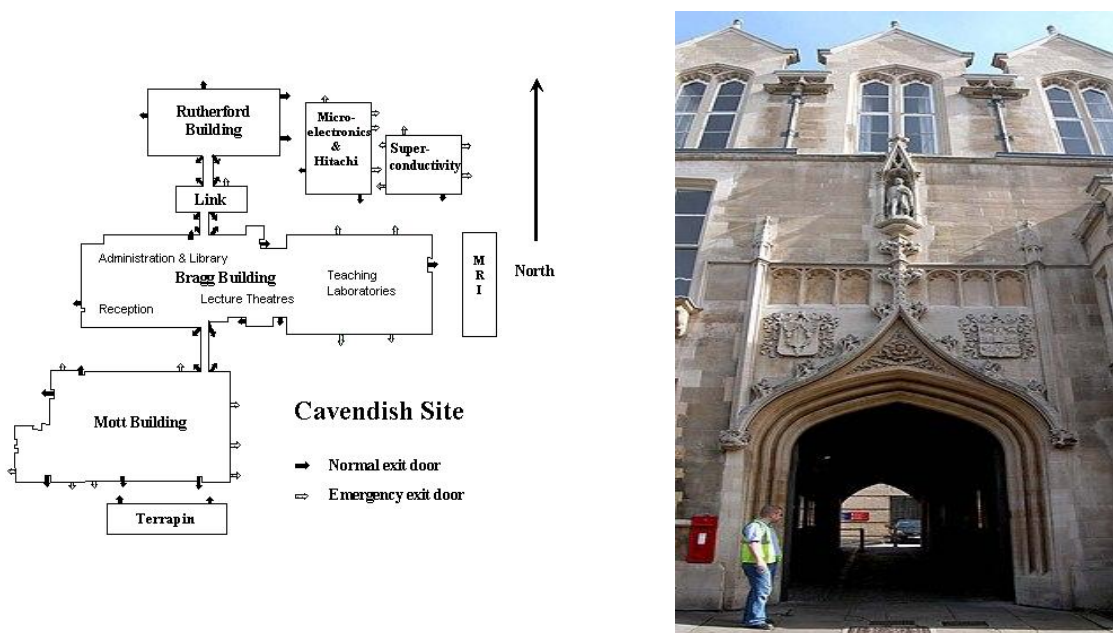


Рис. 2 – Кавендішська лабораторія при Кембриджському університеті

Будівля лабораторії формувалася як компактний комплекс із чітким зонуванням, де основну роль відігравали дослідницькі приміщення. Планування мало раціональний характер із коридорною системою, що забезпечувала зручний доступ до окремих лабораторій і кабінетів [2].

Слід зазначити, що планувальна структура наукових центрів цього періоду характеризується чіткою функціональною ієрархією просторів та зонуванням території. З'являються окремі будівлі для лабораторій, адміністративних приміщень, навчальних аудиторій і допоміжних служб, а прийняті архітектурні рішення часто відображають індустріальну естетику відповідного періоду, використання нових матеріалів (метал, скло, бетон) та інженерних конструкцій [2].

Таким чином, індустріальний етап є головним у становленні сучасних наукових центрів, оскільки саме в цей період формуються основи їх функціональної, просторової та організаційної структури та виникають передумови для подальшого розвитку науково-освітніх і виробничих комплексів та їх трансформації у сучасні інноваційні кластери або наукові парки.

3. Модерністський етап (середина XX ст.).

Модерністський етап розвитку наукових центрів, що припадає на середину XX століття, характеризується якісними змінами у підходах до організації науково-дослідної діяльності та її просторового забезпечення. Цей період починає розвиватися після Другої світової війни, пов'язаний із зростанням ролі фундаментальних досліджень, активним державним фінансуванням наукової сфери, зокрема в контексті післявоєнної відбудови та глобальної науково-технічної конкуренції [1, 2].

У цей період наукові центри формуються як масштабні, комплексні утворення такі як наукові містечка, кампуси, дослідницькі комплекси, що поєднують різні функціональні зони а саме, лабораторії, адміністративні будівлі, навчальні корпуси, житлову інфраструктуру та громадські простори.

Відбувається перехід від окремих будівель до цілісних комплексів, організованих за єдиною містобудівною концепцією.

Проте, архітектура модернізму суттєво вплинула на формування наукових центрів цього періоду. Основними принципами стали функціоналізм, раціональність, простота форм, відмова від надмірного декору та використання нових конструктивних можливостей. Широко застосовуються такі матеріали, як залізобетон, скло та сталь, що дозволяє створювати відкриті, світлі простори та великі за площею лабораторні приміщення [1, 2].

Планувальна організація наукових центрів модерністського періоду характеризується чітким функціональним зонуванням території: виділяються окремі зони для досліджень, навчання, адміністрації та обслуговування; значна увага приділяється транспортній доступності, пішохідним зв'язкам та озелененню територій; формуються відкриті громадські простори, що сприяють комунікації та обміну ідеями між науковцями.

Важливою рисою є стандартизація та уніфікація архітектурно-будівельних рішень, що дозволяє швидко зводити наукові об'єкти та масштабувати їх відповідно до зростаючих потреб науки. Водночас, з'являються перші ознаки гнучкості просторових рішень – можливість трансформації внутрішніх приміщень під різні види досліджень.

Важливим прикладом є *Дослідницький центр NASA Ames*, який представляє науково-дослідний комплекс модерністського та постмодерного періодів, де просторове планування підпорядковане вимогам високотехнологічних досліджень, експериментальної бази та міждисциплінарної взаємодії (рис. 3) [4].



Рис. 3 – Дослідницький центр NASA Ames

Центр сформований як розгалужений комплекс, що складається з окремих будівель і спеціалізованих комплексів, об'єднаних єдиною транспортною та інженерною інфраструктурою. Територія має низьку щільність забудови з чіткою ієрархією просторів і значними відкритими зонами [4].

Однією з головних особливостей є інтеграція у планувальну структуру унікальних інженерних споруд, а саме великі аеродинамічні труби; випробувальні полігони; спеціалізовані лабораторії з підвищеними вимогами до простору, що обумовлює масштабність забудови, значні прольоти та спеціальні конструктивні рішення. Територія центру має добре розвинену мережу внутрішніх автомобільних доріг, технічних під'їздів до експериментальних об'єктів та пішохідних зв'язків між корпусами [4].

Таким чином, модерністський етап є визначальним у формуванні сучасної моделі наукових центрів, де закладаються принципи комплексності, функціональної диференціації, просторової раціональності та інтеграції науки з міським середовищем, які залишаються актуальними й сьогодні.

4. Постіндустріальний етап (кінець XX – початок XXI ст.).

Постіндустріальний етап розвитку наукових центрів характеризується переходом від індустріальної моделі виробництва до економіки знань, інновацій та інформаційних технологій, де наука стає важливим чинником конкурентоспроможності територій, а наукові центри трансформуються у

складні інтегровані системи, що поєднують дослідження, освіту, підприємництво та комерціалізацію знань [2, 3].

Основною рисою цього етапу є формування інноваційних кластерів, технопарків, наукових парків та дослідницьких центрів, які функціонують як відкриті системи з активними горизонтальними зв'язками між університетами, бізнесом, стартапами та державними структурами. Відбувається інтеграція наукових центрів у міське середовище, що сприяє їх взаємодії з громадськими просторами, житловою забудовою та сервісною інфраструктурою [2,3].

Архітектурно-просторові рішення цього періоду орієнтовані на гнучкість, адаптивність і мультифункціональність. Простори проєктуються таким чином, щоб легко трансформуватися відповідно до змін потреб користувачів і технологій. Значного поширення набувають відкриті планування, коворкінги, міждисциплінарні лабораторії, інноваційні хаби та простори для неформальної комунікації, які стимулюють обмін знаннями та креативність [1-3].

Важливим напрямком є впровадження принципів сталого розвитку, що передбачає енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічні матеріали, інтеграцію зелених зон та формування комфортного мікроклімату. Крім того, особлива увага приділяється створенню людиноцентричного середовища, орієнтованого на комфорт, безбар'єрність, доступність та якість публічних просторів [1-3].

Прикладом є *Силіконова долина*, що сформувала нову модель інноваційного середовища (рис. 4) [5].

Силіконова долина є унікальним прикладом постіндустріального інноваційного регіону, який сформувався як просторово-розосереджена система науково-технологічних центрів, університетів, технопарків та штаб-квартир провідних ІТ-компаній. Її планувальна структура не має класичної ієрархічної моделі, а базується на мережевому принципі організації простору.

Силіконова долина сформована як кластер розосереджених міст і кампусів, серед яких Сан-Хосе, Пало-Альто, Маунтін-В'ю та інші, де простір

характеризується низькою щільністю забудови, значними відстанями між об'єктами та домінуванням передміської структури [5].



Рис. 4 – Силіконова долина

Більшість технологічних компаній розміщуються у вигляді автономних центрів, які включають офісні будівлі відкритого типу, дослідницькі центри, простори для співпраці та інновацій, рекреаційні зони для працівників. Такі наукові центри проєктуються як самодостатні середовища, що поєднують роботу, відпочинок і соціальну взаємодію [5].

Таким чином, постіндустріальний етап визначає сучасний напрямок розвитку наукових центрів як відкритих, гнучких і інтегрованих структур, що забезпечують ефективну взаємодію науки, бізнесу та суспільства та стають основою для подальшого формування високотехнологічних і стійких міських середовищ [6].

5. Сучасний етап (XXI ст.).

Сучасний етап розвитку наукових центрів характеризується поглибленням процесів глобалізації, цифровізації та інноваційної трансформації суспільства. У XXI столітті наукові центри перестають бути виключно місцями проведення досліджень і перетворюються на складні

багатофункціональні екосистеми, що поєднують науку, освіту, бізнес, креативні індустрії та громадський простір. Вони відіграють роль каталізаторів економічного зростання, генераторів інновацій та центрів формування людського капіталу [2, 3].

Архітектурно-просторова організація сучасних наукових центрів базується на принципах гнучкості, адаптивності та відкритості та орієнтацією на сталий розвиток. Простори проєктуються з урахуванням швидких змін технологій і форматів роботи, що передбачає використання модульних рішень, трансформованих інтер'єрів, відкритих планувань та універсальних функціональних зон. Значна увага приділяється створенню середовища, яке стимулює міждисциплінарну взаємодію, неформальну комунікацію та креативність [2, 3].

Важливою тенденцією є інтеграція наукових центрів у міську тканину на засадах змішаного використання територій. Поєднання дослідницьких, освітніх, житлових, комерційних та рекреаційних функцій сприяє формуванню активного, життєздатного середовища, що функціонує протягом усього дня. При цьому значна роль відводиться розвитку громадських просторів, пішохідної та велосипедної інфраструктури, а також забезпеченню доступності та безбар'єрності [2, 3].

Сучасні наукові центри також орієнтовані на принципи сталого розвитку, що передбачає впровадження енергоефективних технологій, використання відновлюваних джерел енергії, раціональне використання ресурсів, інтеграцію зелених насаджень та формування комфортного мікроклімату. Екологічний аспект стає невід'ємною складовою архітектурних рішень і впливає на планувальну структуру об'єктів [2, 3].

Особливого значення набуває цифрова інфраструктура, яка забезпечує функціонування «розумних» будівель і територій. Використання інформаційно-комунікаційних технологій, систем автоматизації та управління дозволяє підвищити ефективність експлуатації, безпеку та комфорт користувачів [1- 3].

Серед показових прикладів є:

- *Університет науки і технологій короля Абдалли* є одним із найбільш показових прикладів сучасного науково-освітнього кампусу XXI століття, спроектованого з урахуванням принципів сталого розвитку, кліматичної адаптації та інтеграції інноваційних технологій (рис. 5) [7].



Рис. 5 – Університет науки і технологій короля Абдалли

Його планувальна структура поєднує компактність, функціональну ефективність і високий рівень комфорту середовища. Науковий центр сформований як цілісний просторовий комплекс із чітко вираженим композиційним ядром. Основні функції зосереджені в межах компактної території, що забезпечує зручні пішохідні зв'язки та ефективну взаємодію між підрозділами. Планувальна структура передбачає чіткий поділ на академічно-дослідницьку зону (лабораторії, навчальні корпуси), житлову зону (резиденції студентів і персоналу), громадсько-сервісну інфраструктуру (центри обслуговування, культурні об'єкти), рекреаційні простори (набережна, зелені зони) [7].

Крім того, особлива увага приділяється організації пішохідного руху, що обумовлено короткими відстанями між будівлями, критими пішохідними галереями та мінімальним використанням автомобілів у центральній частині наукового центру – усі ці компоненти сприяють активній комунікації та комфортному пересуванню [7].

Таким чином, еволюція наукових центрів демонструє перехід від ізольованих навчально-дослідних просторів до складних інноваційних екосистем. Сучасні наукові центри формуються як відкриті, інтегровані та високотехнологічні комплекси, що забезпечують ефективну наукову діяльність, комунікацію та взаємодію з суспільством.

1.2 Аналіз теоретичного досвіду проєктування наукових центрів

Теоретичні основи формування наукових центрів базуються на дослідженнях у сфері архітектурної типології, урбаністики, інноваційної інфраструктури та просторової організації науки.

Так, у своїй праці Мануель Кастельс [9] розглядає формування мережевого суспільства як нового етапу розвитку цивілізації, в основі якого лежать інформаційні технології, глобальні комунікації та економіка знань. Автор наголошує, що сучасний розвиток міст, економіки та науки визначається не лише матеріальними ресурсами, а насамперед інформаційними потоками та мережевими зв'язками між різними суб'єктами. У цьому контексті особливого значення набувають наукові центри, технопарки та інноваційні кластери, які стають осередками генерації знань, технологій та інновацій [9].

Кастельс підкреслює, що нова просторова модель суспільства базується на так званому «просторі потоків», де ключову роль відіграють швидкість комунікацій, мобільність та інтеграція глобальних мереж. Це впливає на формування сучасних наукових середовищ, які повинні бути відкритими, гнучкими та орієнтованими на міждисциплінарну взаємодію. Відповідно, архітектурно-планувальні рішення наукових центрів мають сприяти комунікації, обміну знаннями та інтеграції науки, освіти й бізнесу. Таким чином, ідеї мережевого суспільства формують теоретичне підґрунтя для розвитку сучасних наукових центрів як ключових елементів інноваційної та просторової структури міст [9].

Джейн Джейкобс [10] розглядає принципи формування життєздатного та комфортного міського середовища, критикуючи підходи модерністського містобудування, засновані на функціональному зонуванні та ізоляції міських функцій. Авторка наголошує, що ефективне місто формується завдяки різноманітності функцій, активному громадському життю та постійній взаємодії між людьми.

Однією з головних ідей [10] є важливість змішаного використання територій, коли житлові, громадські, комерційні та робочі функції поєднуються в межах одного міського простору. На думку Джейкобс, це забезпечує безперервну активність середовища, підвищує безпеку та сприяє соціальній взаємодії. Значна увага приділяється ролі пішохідного середовища, компактності забудови, коротких кварталів та доступності громадських просторів [10]

Авторка також підкреслює значення людського масштабу архітектури, різноманітності забудови та збереження історичного середовища як чинників формування ідентичності міста. Міський простір, на її думку, повинен бути гнучким, відкритим і орієнтованим на потреби людини [10].

Дослідженням впливу креативного класу на розвиток сучасних міст, економіки та інноваційних процесів займався Річард Флорида, який визначає креативний клас як соціальну групу, до якої належать науковці, інженери, архітектори, дизайнери, викладачі, ІТ-фахівці, митці та інші представники професій, діяльність яких пов'язана зі створенням нових знань, ідей та технологій [11].

Згідно з Річардом Флорида, конкурентоспроможність міст у сучасних умовах залежить не стільки від промислових ресурсів, скільки від здатності залучати та утримувати творчих і висококваліфікованих спеціалістів. Для цього міське середовище повинно бути відкритим, різноманітним, комфортним і орієнтованим на високу якість життя. Значну роль відіграють розвиток громадських просторів, культурної інфраструктури, безбар'єрності, екологічності та можливостей для соціальної взаємодії [11].

Річард Флорида підкреслює важливість взаємозв'язку між університетами, науковими центрами, технологічними компаніями та міським середовищем. Саме концентрація інноваційної діяльності, талантів і технологій формує так звані креативні та інноваційні кластери, які стають рушійною силою економічного розвитку [11].

Інший дослідник Борис Гройсберг досліджує особливості функціонування аналітичного середовища, процеси створення знань та роль професійного середовища у формуванні ефективних команд і конкурентних переваг. Основна увага приділяється взаємозв'язку між інтелектуальним капіталом, організаційною структурою та умовами професійної взаємодії

Розвиток наукових та інноваційних центрів акцентується увага на оточуюче середовища, яке сприяє обміну знаннями, колективній роботі та комунікації між фахівцями. Автор підкреслює, що ефективність інноваційної діяльності значною мірою залежить не лише від індивідуальних здібностей спеціалістів, а й від якості організаційної та просторової структури, у якій вони працюють [12].

Важливою ідеєю є необхідність створення умов для постійної взаємодії між дослідниками, аналітиками та іншими учасниками професійного середовища, що формує передумови для виникнення нових ідей, міждисциплінарної співпраці та підвищення інноваційного потенціалу організацій [12].

У містобудівній та архітектурній практиці ці підходи можуть бути застосовані до формування сучасних наукових центрів і кампусів, де просторові рішення мають стимулювати комунікацію, командну роботу та обмін інформацією. Відкриті громадські простори, гнучкі робочі середовища та інтеграція різних функцій сприяють створенню ефективної інноваційної екосистеми, орієнтованої на розвиток науки та технологій [12].

Крістофер Александер [13] розглядає архітектуру та містобудування як систему взаємопов'язаних просторових рішень, що формують комфортне та гармонійне середовище для людини. Автор пропонує концепцію «мови

шаблонів» (pattern language), яка складається з набору універсальних принципів і просторових моделей, здатних забезпечити якість життєвого середовища на різних масштабних рівнях — від регіону і міста до будівлі та окремого приміщення [13].

Основна ідея Крістофер Александер полягає в тому, що якісне середовище формується через поєднання просторових елементів, які відповідають реальним потребам людини та сприяють соціальній взаємодії, комфорту й адаптивності. Александер підкреслює важливість людського масштабу, пішохідної доступності, змішаного використання територій, наявності громадських просторів, внутрішніх дворів, зелених зон та візуальних зв'язків між просторами [13].

Автор також наголошує на необхідності створення гнучких і відкритих структур, здатних змінюватися відповідно до потреб користувачів. Значна увага приділяється ролі комунікаційних просторів, природного освітлення, взаємозв'язку внутрішнього та зовнішнього середовища, а також формуванню середовища, яке стимулює відчуття спільноти та комфортного перебування [13].

Крім того, Петер Кук розглядає концепції «гнучкої архітектури», що сформували нове бачення розвитку міського середовища та архітектурних об'єктів у другій половині XX століття. Основна ідея цих концепцій полягає у створенні адаптивних, мобільних і технологічно орієнтованих просторів, здатних змінюватися відповідно до потреб суспільства, розвитку технологій та способу життя людини [14].

Петер Кук критикував традиційні статичні моделі архітектури та пропонував розглядати місто як динамічну систему, що постійно трансформується. У своїх проєктах він акцентує увагу на модульності, змінності функцій, мобільних конструкціях та інтеграції новітніх технологій у просторову структуру. Значна роль відводилася створенню відкритих і трансформованих середовищ, які можуть адаптуватися до швидких соціальних та технологічних змін [14].

Концепція «гнучкої архітектури» передбачає можливість модернізації, розширення та зміни функціонального призначення будівель без втрати їх ефективності. Важливими принципами є мобільність, універсальність простору, інтеграція інженерних систем та використання модульних елементів. Такі підходи стали основою для розвитку сучасної високотехнологічної архітектури та інноваційних наукових центрів [14].

Для формування сучасних наукових центрів і дослідницьких комплексів ідеї Пітера Кука є актуальними у створенні адаптивного середовища, здатного швидко реагувати на зміни наукових процесів і технологій. Гнучкі планувальні структури, трансформовані простори та інтеграція цифрових технологій сприяють ефективній організації дослідницької діяльності, міждисциплінарній взаємодії та довготривалому функціонуванню наукових об'єктів [14].

З містобудівної точки зору, Саскія Сассен [15] досліджує процеси глобалізації та їх вплив на розвиток сучасних міст та вводить поняття «глобального міста», яке розглядається як ключовий центр управління світовою економікою, концентрації фінансових потоків, інформаційних ресурсів, інновацій та висококваліфікованих кадрів. На думку Сассен, саме великі міста стають основними вузлами глобальних мереж, де зосереджуються управлінські, наукові, технологічні та комунікаційні функції [15].

Саскія Сассен [15] підкреслює, що розвиток глобальних міст безпосередньо пов'язаний із формуванням нових просторових структур, орієнтованих на інновації, цифрові технології та економіку знань. Значну роль у цьому процесі відіграють університети, наукові центри, технологічні парки та інноваційні кластери, які стають осередками виробництва знань і розвитку високотехнологічних галузей [15].

Саскія Сассен акцентує увагу на зростанні ролі інформаційної інфраструктури, міжнародної мобільності та міждисциплінарної взаємодії, що формують нові вимоги до міського середовища. Крім того, сучасні наукові

центри повинні бути інтегрованими в міську структуру, забезпечувати високий рівень комунікації, доступності та гнучкості простору [15].

Саскія Сассен також підкреслює, що глобальні міста характеризуються високою концентрацією людського капіталу, креативних індустрій та інноваційної діяльності, що вимагає створення якісного урбанізованого середовища з розвиненою громадською інфраструктурою, комфортними публічними просторами та ефективними транспортними зв'язками [15].

Проте, Томас Аллен досліджує вплив просторової організації робочого середовища на ефективність наукової та інноваційної діяльності. Основна увага приділяється процесам комунікації між дослідниками, обміну знаннями та ролі фізичної близькості у формуванні продуктивного наукового середовища [16].

Однією з головних його ідей є так званий «ефект Аллена», відповідно до якого інтенсивність професійної взаємодії між працівниками суттєво зменшується зі збільшенням фізичної відстані між ними. Автор доводить, що просторове розташування лабораторій, робочих місць і комунікаційних зон безпосередньо впливає на частоту неформальних контактів, передачу знань та виникнення інноваційних ідей [16].

Томас Аллен підкреслює важливість створення відкритого та інтегрованого середовища, яке стимулює випадкові зустрічі, міждисциплінарну взаємодію та колективну роботу. Значна увага приділяється організації спільних просторів — коридорів, атріумів, зон відпочинку, кафе та комунікаційних вузлів, які виконують роль соціальних каталізаторів у наукових установах [16].

Білл Хіллєр розглядається вплив просторової організації середовища на поведінку людей, інтенсивність комунікації та соціальну взаємодію. Основна ідея концепції полягає в тому, що конфігурація простору безпосередньо визначає характер переміщення користувачів, доступність окремих зон та рівень інтеграції між функціональними елементами середовища установах [16].

Метод «Синтаксис пробілу» базується на аналізі просторових зв'язків між приміщеннями, будівлями та відкритими просторами, що дозволяє оцінити рівень їх доступності, взаємозв'язку та потенціалу для соціальної взаємодії, тому цей підхід дає можливість визначати найбільш ефективні схеми організації наукових просторів, які сприяють комунікації, міждисциплінарній співпраці та обміну знаннями [16].

Білл Гілліер підкреслює, що просторово інтегровані середовища стимулюють випадкові зустрічі та неформальні контакти між користувачами, що є важливим чинником інноваційної діяльності. Водночас ізольовані або складні за структурою простори можуть знижувати інтенсивність взаємодії та ефективність комунікацій. Тому під час проєктування наукових центрів важливого значення набувають пішохідні зв'язки, відкриті комунікаційні простори, атріуми, внутрішні двори та громадські зони, які формують єдину інтегровану систему [16].

Проте, Рем Кулхас розглядає ідеї концентрації функцій та формування гібридних просторів як головних принципів сучасної архітектури та містобудування, де приділяється увага трансформації традиційних функціонально розділених середовищ у багатофункціональні структури, де різні види діяльності взаємодіють у межах одного простору [17].

Рем Колхас підкреслює, що сучасне місто та архітектура розвиваються в умовах надмірної щільності, інформаційних потоків і швидкої зміни функцій. У цьому контексті виникає необхідність створення «гібридних просторів», які поєднують житлові, освітні, комерційні, дослідницькі та громадські функції. Такі простори не є статичними, а постійно трансформуються відповідно до нових соціальних і технологічних вимог [17].

Концепція концентрації передбачає ущільнення функцій у межах обмеженої території з метою підвищення ефективності використання простору та стимулювання взаємодії між різними групами користувачів. Це сприяє виникненню нових типів міських структур, де межі між приватним і публічним, робочим і рекреаційним простором стають умовними [17].

Проте, Кен Йенг, відомого як одного з провідних теоретиків екологічної архітектури, розглядається підхід «екологічного дизайну» як основа формування стійкого архітектурного та містобудівного середовища. Його ідеї спрямовані на інтеграцію штучного середовища з природними екосистемами та мінімізацію негативного впливу забудови на довкілля [18].

Основна суть екологічного дизайну полягає у створенні архітектури, яка функціонує як частина природної системи, враховуючи кліматичні умови, біорізноманіття, водні та енергетичні цикли. Важливими принципами є енергоефективність, використання відновлюваних ресурсів, природна вентиляція, сонячна орієнтація будівель та інтеграція зелених елементів у структуру забудови [18].

Кен Йенг особливу увагу приділяє вертикальній та горизонтальній інтеграції зелених систем у будівлях і міському середовищі, що дозволяє формувати так звані «екологічні коридори» та забезпечувати природну взаємодію між архітектурою і ландшафтом. Таким чином, будівлі розглядаються не як ізольовані об'єкти, а як елементи ширшої екосистеми [18].

Аналіз теоретичної бази має важливе значення для формування сучасних наукових центрів, оскільки демонструють необхідність інтеграції науки, освіти, бізнесу та міського середовища в єдину інноваційну систему. Відповідно, архітектурно-планувальні рішення повинні сприяти розвитку комунікацій, міждисциплінарної співпраці та включенню наукових комплексів у глобальні мережі знань та інновацій.

1.3 Аналіз практичного досвіду проєктування наукових центрів

Сучасні наукові центри є складними багатофункціональними структурами, що поєднують дослідницьку, освітню, інноваційну та комунікаційну діяльність. Їх формування відбувається в умовах стрімкого розвитку технологій, глобалізації знань та переходу до економіки інновацій, що суттєво впливає на архітектурно-планувальні рішення таких об'єктів.

Аналіз практичного досвіду проектування наукових центрів дозволяє виявити основні тенденції їх просторової організації, функціональної структури та архітектурних підходів у різні історичні періоди.

Вивчення реалізованих прикладів провідних світових наукових і інноваційних комплексів дає можливість визначити ефективні моделі формування дослідницького середовища, що забезпечують високу продуктивність наукової діяльності та комфортні умови для користувачів.

1. ЕТН Цюрих – є показовим прикладом еволюційного формування науково-освітнього середовища, що поєднує історичну забудову з сучасними дослідницькими комплексами [2].

Університет ЕТН Цюрих функціонує як поліцентрична система, що складається з двох основних центрів – центрального (у щільній міській тканині) та периферійного (на околицях міста), які взаємодіють між собою як єдина наукова інфраструктура [2].

Центральний комплекс розташований у сформованому міському середовищі та характеризується високою щільністю забудови, компактністю і інтегрованістю в існуючу вуличну мережу. Планувальна структура тут підпорядкована історичному середовищу, з чітко визначеними периметрами забудови, внутрішніми дворами та обмеженими можливостями для просторового розширення. Крім того, у цій частині зосереджені адміністративні, навчальні та представницькі функції.

Периферійний комплекс наукового центру сформований за принципами сучасного планування і має розосереджену структуру з елементами зонування. Тут домінують дослідницькі корпуси, лабораторії та науково-технічні об'єкти, розміщені в умовах більш вільного просторового планування. Забудова організована у вигляді окремих будівель або груп, об'єднаних пішохідними зв'язками, відкритими просторами та ландшафтними елементами (рис. 6) [2].

Важливим є функціональний розподіл між центрами: центральна частина виконує роль освітнього та адміністративного ядра, тоді як периферійна –

науково-дослідного центру, що дозволяє оптимізувати використання територій та забезпечити відповідні умови для різних видів діяльності.

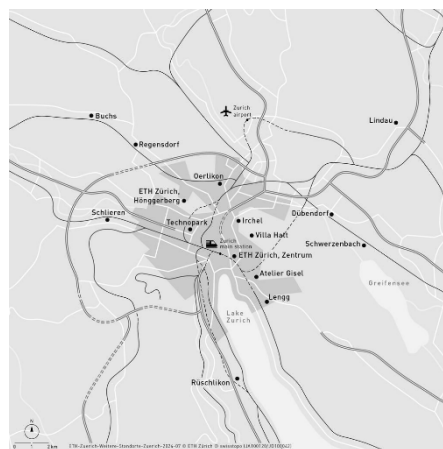


Рис. 6 – ЕТН Цюрих

Планувальна організація ЕТН Zurich передбачає розвинену транспортну систему і розвинені внутрішні зв'язки. Наукові центри пов'язані між собою громадським транспортом, що забезпечує безперервність освітнього і наукового процесів. Усередині центрів головним є пішохідний рух, що сприяє комунікації та інтеграції користувачів [2].

Характерною рисою є поєднання компактності та відкритості: щільна міська забудова центрального комплексу контрастує з більш вільною, озелененою структурою периферійного. При цьому обидві частини об'єднані єдиною функціональною логікою та інфраструктурою.

2. Max Planck Society – є однією з провідних наукових організацій Європи, структура якої відрізняється від класичних університетських центрів, просторово-планувальна модель якого базується не на єдиному центрі, а на мережі автономних інститутів, розташованих у різних містах Німеччини та за її межами, що забезпечує гнучкість, високу спеціалізацію та ефективну інтеграцію в існуючі науково-освітні середовища (рис. 7) [8].

Кожен інститут функціонує як самостійна одиниця з власною планувальною організацією, що адаптується до конкретного наукового профілю, де просторова структура об'єктів характеризується компактністю,

чітким функціональним зонуванням і орієнтацією на забезпечення ефективної дослідницької діяльності. Основними елементами є лабораторні приміщення, робочі кабінети, зони колективної роботи та допоміжна інфраструктура [8].

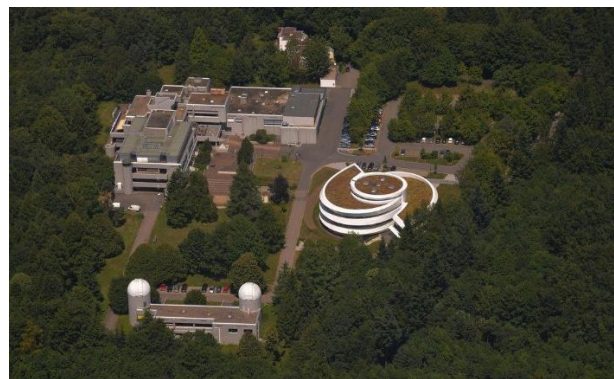


Рис. 7 – Max Planck Society

Особливістю планування є створення умов для інтенсивної наукової комунікації, що досягається завдяки організації відкритих або напіввідкритих просторів, а саме атриумів, лаунж-зон, внутрішніх дворів, які сприяють неформальній взаємодії між дослідниками. Водночас, забезпечується необхідний рівень ізоляції для спеціалізованих лабораторій, що потребують контрольованих умов [8].

Інститути Товариства Макса Планка зазвичай інтегровані у міське або природне середовище, часто розміщуються поблизу університетів або в межах наукових парків, що сприяє міжінституційній співпраці, обміну знаннями та використанню спільної інфраструктури. Ландшафтні рішення відіграють важливу роль у формуванні комфортного середовища, поєднуючи робочі простори з рекреаційними зонами [8].

Планувальні рішення також відзначаються високим рівнем гнучкості та адаптивності. Будівлі проєктуються з урахуванням можливості трансформації внутрішніх просторів відповідно до змін наукових напрямів і технологій. Це дозволяє підтримувати актуальність інфраструктури та ефективно реагувати на нові виклики у сфері науки [8].

3. Крім того, ще одним прикладом є *Кембриджський науковий парк* – один із перших наукових парків, де поєднуються дослідження та

комерціалізація, є одним із перших наукових парків у Великій Британії та прикладом збалансованої постіндустріальної моделі організації інноваційного середовища. Його планувальна структура сформована на основі принципів кампусного розвитку, функціонального зонування та інтеграції з природним середовищем (рис. 8) [6].



Рис. 8 – Кембриджський науковий парк

Територія парку має чітко організовану планувальну структуру з низькою щільністю забудови, де будівлі розміщені в межах озелених ділянок. Забудова формує окремі функціональні блоки, об'єднані внутрішньою дорожньо-пішохідною мережею [6].

Парк розвивається як сукупність автономних, але взаємопов'язаних будівель, які включають: офісно-дослідницькі центри компаній, лабораторії та інноваційні підрозділи, коворкінги та бізнес-інкубатори, сервісні та допоміжні об'єкти. Кожна будівля функціонує як окремий елемент у загальній системі.

4. Планувальна структура Max Planck Society характеризується децентралізованою, мережевою моделлю організації наукової діяльності, що суттєво відрізняється від класичних міських наукових комплексів, яка базується на системі автономних інститутів, розміщених у різних містах Німеччини та інших країнах, які функціонують як окремі, але взаємопов'язані наукові осередки [19].

Кожен інститут Товариства Макса Планка має власну планувальну структуру, що адаптована до конкретного наукового профілю. Зазвичай вона

включає лабораторні корпуси, адміністративні приміщення, офісні простори для дослідників, бібліотеки та спеціалізовану інженерну інфраструктуру. Планування таких об'єктів орієнтоване на забезпечення максимально ефективної наукової роботи та тісної внутрішньої комунікації між дослідниками (рис. 9) [19].

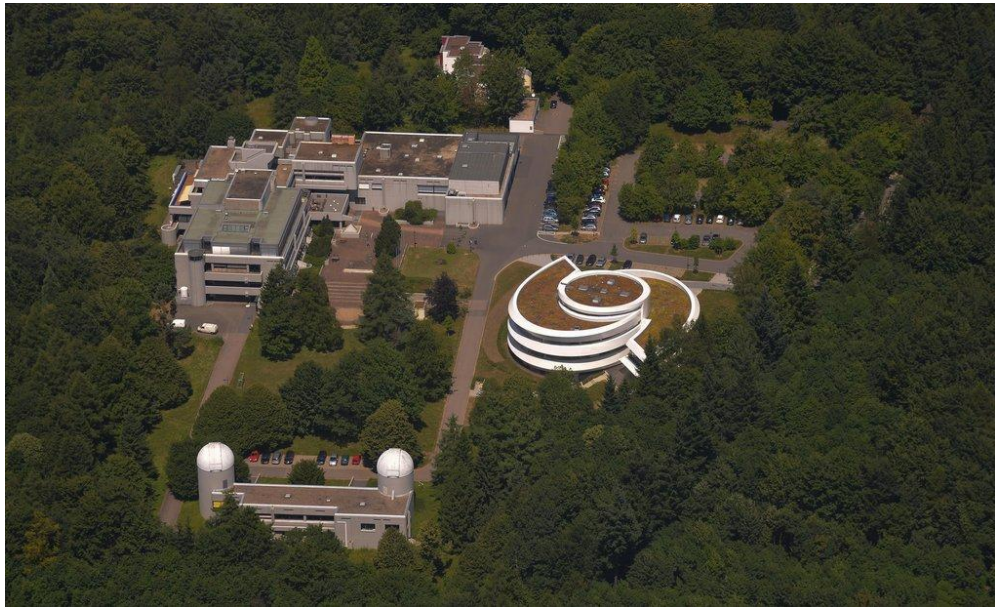


Рис. 9 – Max Planck Society, Німеччина

Просторова організація інститутів відзначається компактністю та функціональною чіткістю. Важливу роль відіграє створення умов для колективної роботи та неформального спілкування, що реалізується через відкриті комунікаційні простори, внутрішні атріуми, спільні зони відпочинку та конференц-простори. Це сприяє міждисциплінарній взаємодії та обміну знаннями [19].

Значна частина інститутів інтегрована у міське або університетське середовище, що забезпечує тісні зв'язки з іншими науковими та освітніми установами. У деяких випадках вони розміщуються у наукових парках або окремих центрах, що дозволяє формувати локальні наукові кластери [19].

Планувальна структура також характеризується високою гнучкістю, що дозволяє адаптувати простори до змін у наукових напрямках і технологіях.

Можливість реконфігурації лабораторій та робочих зон є важливою складовою сучасного підходу до організації дослідницького середовища [19].

5. Планувальна структура **CERN (Швейцарія/Франція)** є унікальним прикладом великого міжнародного науково-дослідного комплексу, сформованого як територіально розосереджена, але функціонально є єдиною системою, яка розташована на прикордонній території двох країн і об'єднує численні лабораторії, прискорювальні комплекси та інженерну інфраструктуру в єдиний дослідницький простір [20].

Планувальна структура представляє собою кільцево-лінійною та кластерною організацією, що визначається розміщенням підземних і наземних лабораторних комплексів. Головний елемент – це Великий адронний колайдер, який формує підземне кільце великого радіусу, навколо якого організовані експериментальні станції, лабораторії та допоміжні технічні зони. Надземна частина представлена адміністративними будівлями, дослідницькими центрами та інженерними корпусами, розосередженими по території комплексу (рис.10) [20].



Рис. 10 – CERN (Швейцарія/Франція)

Просторова структура CERN поєднує лінійні технологічні коридори (для інженерних комунікацій та транспортного обслуговування) і локальні наукові кластери, які об'єднують експериментальні зони з лабораторіями обробки даних, що забезпечує ефективну взаємодію між різними етапами дослідницького процесу – від експерименту до аналізу результатів [20].

Крім того, на території розташовані конференц-центри, навчальні корпуси, житлові зони для науковців і громадські простори, які сприяють міжнародній взаємодії та обміну знаннями, оскільки CERN об'єднує дослідників з усього світу [20].

Планувальна структура враховує високі вимоги до безпеки, технічної складності та ізоляції окремих дослідницьких зон, що зумовлює чітке зонування території на експериментальні, технічні, адміністративні та допоміжні функціональні блоки [20].

Таким чином, CERN є багаторівневою та технічно орієнтованою планувальною структурою, що поєднує підземні технологічні системи з наземними дослідницькими та комунікаційними просторами, забезпечуючи ефективне функціонування міжнародного наукового центру [20].

В Україні також існують відомі наукові центри, що поєднують центральні управлінські органи та розгалужену мережу науково-дослідних інститутів, розташованих у різних містах України, що забезпечує розвиток фундаментальних і прикладних досліджень у різних галузях науки.

6. Центральним елементом структури є **Національна академія наук України**, яка виконує функції стратегічного управління, координації наукової діяльності та визначення пріоритетних напрямів досліджень. До її складу входять відділення за основними науковими напрямками (фізико-технічні, біологічні, суспільні та гуманітарні науки тощо), які координують роботу профільних інститутів (рис. 11) [1].

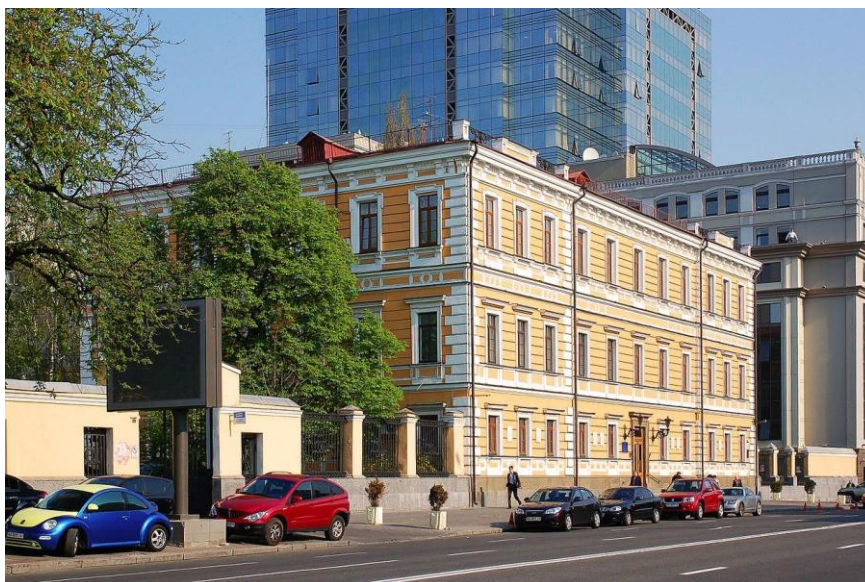


Рис. 11 – Національна академія наук України

Основною функціональною одиницею системи є науково-дослідні інститути, кожен з яких має власну внутрішню структуру та спеціалізацію, до складу яких входять лабораторії, відділи, дослідницькі групи та експериментальні підрозділи. Планувально такі інститути можуть бути розміщені як у компактних міських комплексах, так і в окремих наукових містечках, утворюючи локальні наукові кластери [1].

Просторова організація інститутів Академії Наук характеризується функціональною спеціалізацією, де лабораторні та адміністративні приміщення чітко розділені, але водночас забезпечують ефективну взаємодію між дослідниками. Крім того, формуються спільні простори для конференцій, семінарів та наукових дискусій, які сприяють міждисциплінарній співпраці [1].

Значна частина установ Академії інтегрована в міське середовище, що забезпечує їх взаємодію з університетами, промисловими підприємствами та міжнародними науковими організаціями. У деяких випадках формуються цілі наукові комплекси, де інститути розташовані компактно та об'єднані спільною інфраструктурою [1].

7. Планувальна та організаційна структура **Київський академічний університет** формується як сучасний науково-освітній комплекс, що поєднує

навчальну, дослідницьку та інноваційну діяльність у єдиному середовищі. Його модель базується на інтеграції університетської освіти з науковими дослідженнями, що забезпечує безперервний зв'язок між теорією та практикою (рис. 12) [1].

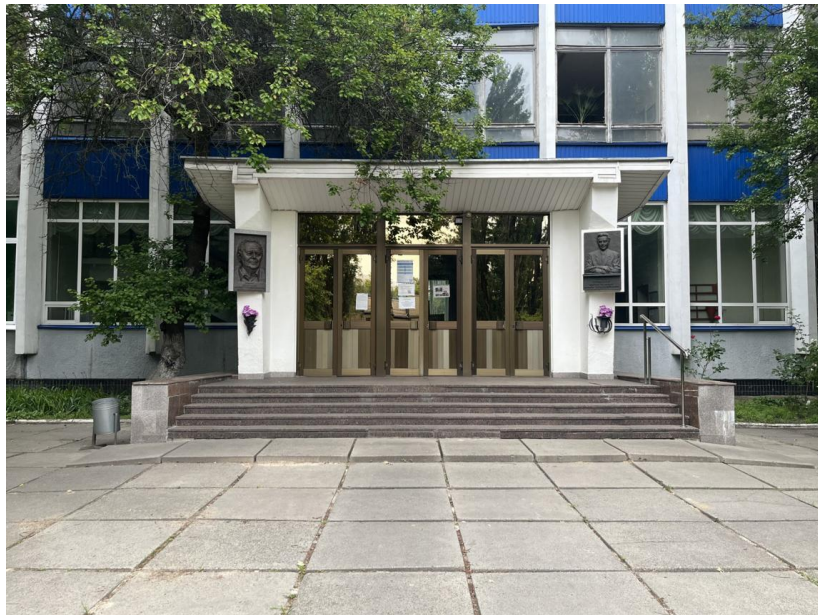


Рис. 12 – Київський академічний університет

Університет має компактну просторову організацію, де основні функціональні блоки розміщені в межах одного або кількох взаємопов'язаних корпусів, до складу яких входять навчальні аудиторії, науково-дослідні лабораторії, адміністративні приміщення та спільні простори для роботи студентів і викладачів, що забезпечує зручну взаємодію між усіма учасниками освітнього процесу [1].

Головною складовою Київський академічний університет є науково-дослідна діяльність, яка реалізується через лабораторії та дослідницькі групи, які тісно інтегровані в освітній процес, що дозволяє студентам долучатися до реальних наукових проєктів і формувати практичні навички. Лабораторні простори обладнані сучасною технікою та орієнтовані на проведення як фундаментальних, так і прикладних досліджень [1].

Просторова організація університету характеризується пішохідною доступністю між функціональними зонами, компактністю забудови та

поєднанням навчальних і дослідницьких просторів. Значну роль відіграють комунікаційні зони – коворкінги, конференц-зали та простори для неформального спілкування, які сприяють міждисциплінарній взаємодії та обміну знаннями [1].

8. Планувальна та організаційна структура **Lviv IT Cluster** є прикладом сучасної мережевої інноваційної екосистеми, що не має єдиного фізичного центру, а функціонує як система взаємопов'язаних просторових і організаційних осередків у межах міста Львова, що об'єднує IT-компанії, освітні заклади, стартапи, коворкінги та міські інноваційні простори в єдине середовище взаємодії (рис. 13) [21].



Рис. 13 – Lviv IT Cluster

Основою структури кластера є децентралізована модель, де кожен учасник зберігає автономність, але водночас включений у спільну мережу співпраці та забезпечує високу гнучкість, швидкий обмін знаннями та ефективну координацію інноваційних процесів. Основу Lviv IT Cluster становлять університети та освітні центри, які формують кадрову та наукову базу для IT-індустрії [21].

Просторова організація кластера характеризується розосередженим розміщенням об'єктів у міському середовищі. Основними елементами є офіси ІТ-компаній, коворкінги, бізнес-інкубатори та інноваційні хаби, які інтегровані в існуючу міську інфраструктуру, що дозволяє формувати локальні точки концентрації інноваційної активності в різних частинах міста [21].

Важливою складовою є розвинена комунікаційна інфраструктура, що включає професійні спільноти, конференції, хакатони, освітні програми та спільні проєкти та сприяють постійній взаємодії між бізнесом, освітою та міським середовищем, формуючи умови для генерації нових ідей і технологічних рішень [21].

9. Планувальна та організаційна структура **UNIT.City** є прикладом сучасного інноваційного парку, сформованого на основі ревіталізації колишньої промислової території та її трансформації у багатофункціональне міське середовище. Комплекс поєднує функції бізнесу, освіти, науки, стартап-екосистеми та громадських просторів, формуючи цілісну інноваційну інфраструктуру (рис. 14) [22].



Рис. 14 – UNIT.City, Київ

Планувальна концепція представляє принцип змішаного використання території та передбачає інтеграцію різних функцій у межах одного просторового середовища. У структурі комплексу поєднуються

реконструйовані індустріальні будівлі та нова сучасна забудова, що створює контрастне, але функціонально цілісне міське середовище. Важливу роль відіграють відкриті громадські простори, внутрішні бульвари та зелені зони, які формують комфортне середовище для взаємодії [22].

Функціональна структура UNIT.City представлена системою взаємопов'язаних кластерів, до яких входять офісні простори ІТ-компаній, стартап-інкубатори, освітні заклади, креативні простори та лабораторії, яка забезпечує тісну взаємодію між бізнесом, освітою та науково-дослідною діяльністю, сприяючи розвитку інноваційних процесів [22].

Просторова організація комплексу орієнтована на пішохідну доступність та комфортне пересування територією. Система внутрішніх маршрутів, громадських площ і відкритих зон сприяє активній комунікації між користувачами та формуванню середовища нетворкінгу, де створюються місця для неформального спілкування та спільної роботи [22].

10. King Abdullah University of Science and Technology (Саудівська Аравія) є прикладом цілісно спроектованого науково-освітнього центру нового покоління, сформованого як автономне «місто науки» на узбережжі Червоного моря. Комплекс побудований за принципом інтегрованого центру, де поєднані дослідницькі, освітні, житлові та рекреаційні функції [23].

Основою генерального плану є чітко організована композиція з центральною планувальною віссю, яка структурує територію та забезпечує зручні функціональні зв'язки між основними зонами. Уздовж цієї осі розміщені наукові корпуси, лабораторії, освітні будівлі та громадські простори, що формує логічну і зручну систему переміщення в межах наукового центру (рис. 15) [23].



Рис. 15 – King Abdullah University of Science and Technology (Саудівська Аравія)

Функціональна структура KAUST включає науково-дослідні інститути, сучасні лабораторні комплекси, освітні аудиторії, адміністративні приміщення та житлові квартали для студентів і викладачів, що забезпечує безпосередню інтеграцію науки й освіти, створюючи умови для постійної взаємодії між учасниками освітнього процесу та дослідниками [23].

Особливістю є ландшафтно-кліматична адаптація території. Науковий центр враховує суворі природні умови пустельного регіону, тому значна увага приділена озелененню, затіненню пішохідних маршрутів, що дозволяє сформувати сприятливе середовище для життя і роботи [23].

Просторова організація наукового центру орієнтована на пішохідну доступність і мінімізацію автомобільного руху у внутрішній структурі. Система затінених алей і пішохідних зв'язків забезпечує зручну комунікацію між усіма функціональними зонами [23].

11. Tsinghua University (Китай) є класичним прикладом університетського наукового центру, сформованого як цілісне науково-освітнє середовище з високим рівнем інтеграції природного ландшафту та архітектури. Науковий центр розташований у Пекіні та поєднує історично

сформовану планувальну основу з сучасним розвитком навчальних і дослідницьких функцій (рис. 16) [24, 25].



Рис. 16 – Tsinghua University, Китай

Просторова організація представляє кластерну структуру, де функціональні зони розміщені у взаємозв'язку та інтегровані в єдину систему. Науковий центр включає навчальні корпуси, науково-дослідні інститути, адміністративні будівлі, студентські гуртожитки та громадські простори, що формує повноцінне середовище для життя, навчання і наукової діяльності [24].

Особливістю наукового центру є виражена ландшафтна домінанта: центральні водні простори, озера та зелені зони визначають просторову композицію всього центру. Будівлі органічно вписані в природне середовище, утворюючи гармонійне поєднання архітектури та ландшафту, що створює комфортні умови перебування та формує унікальну академічну атмосферу [24, 25].

Пішохідна структура є одним із головних елементів планування, оскільки науковий центр орієнтований на пішохідний рух, а система алей, мостів і зелених коридорів забезпечує зручні зв'язки між усіма функціональними

зонами. Проте, автомобільний рух обмежений і не порушує цілісність простору [24].

Науково-освітня структура наукового центру характеризується тісною інтеграцією навчального процесу та досліджень. Студенти активно залучаються до наукової роботи, а між факультетами та інститутами підтримується міждисциплінарна взаємодія, що сприяє розвитку інноваційного середовища [24, 25].

12. AIMS South Africa (Південно-Африканська Республіка) є компактний спеціалізований науково-освітній центр, орієнтований на інтенсивну підготовку дослідників у сфері математичних наук та формування середовища колективного навчання і досліджень. Інститут функціонує як частина мережі AIMS в Африці, але має автономну просторову організацію в межах власного наукового центру (рис. 17) [26].



Рис. 17 – AIMS South Africa (Південно-Африканська Республіка)

Планувальна структура сформована за принципом компактності, де усі головні функції зосереджені у межах одного невеликого комплексу будівель, до яких належать навчальні аудиторії, семінарські та дослідницькі простори,

адміністративні приміщення, а також житлові блоки для студентів і викладачів, що забезпечує максимальну інтеграцію навчального процесу та повсякденного життя [26].

Функціональна структура інституту орієнтована на групову роботу, інтенсивні семінари та спільне вирішення дослідницьких завдань. Просторові рішення підтримують активну взаємодію між студентами, що сприяє обміну знаннями та розвитку аналітичного мислення. Значна увага приділяється створенню відкритих навчальних просторів і зон для неформального спілкування [26].

Просторова організація характеризується пішохідною доступністю всіх функціональних зон, що дозволяє ефективно поєднувати навчання, проживання та дослідницьку діяльність у межах одного середовища. Науковий центр побудований таким чином, щоб стимулювати постійну комунікацію між учасниками освітнього процесу [26].

Проведений аналіз практичного досвіду проектування наукових центрів у різних країнах світу дозволяє виявити спільні закономірності формування їхньої просторово-планувальної організації та визначити основні сучасні підходи до створення ефективного дослідницького середовища.

Висновок до розділу 1

У результаті аналізу еволюції формування наукових центрів у світовій практиці встановлено, що їх розвиток відбувався від ізольованих наукових установ до комплексних міждисциплінарних утворень, інтегрованих у міське середовище. Сучасні наукові центри дедалі більше орієнтуються на відкритість, комунікацію та взаємодію між різними галузями знань.

Дослідження теоретичного і практичного досвіду проектування показало, що ефективність функціонування наукових центрів значною мірою залежить від гнучкості планувальних рішень, можливості трансформації просторі, а також врахування потреб різних груп користувачів. Важливу роль відіграють

принципи сталого розвитку, впровадження інноваційних технологій та формування комфортного середовища для роботи і співпраці.

Аналіз прикладів, таких як міжнародні наукові лабораторії, університетські наукові центри та інноваційні парки, демонструє, що найбільш ефективними є моделі, які забезпечують тісний зв'язок між наукою, освітою та інноваційною діяльністю, створюючи умови для безперервного обміну знаннями.

Таким чином, сучасні тенденції проектування наукових центрів характеризуються переходом до інтегрованих, адаптивних та людиноорієнтованих архітектурних рішень, що відповідають вимогам інноваційної економіки.

РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ АРХІТЕКТУРНІ ПРИЙОМИ І ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ НАУКОВИХ ЦЕНТРІВ

2.1 Основні фактори, що впливають на формування наукових центрів (містобудівні, соціальні, економічні, технологічні, екологічні)

Формування сучасних наукових центрів є складним багатофакторним процесом, що визначається взаємодією містобудівних, соціальних, економічних, технологічних та екологічних чинників. Умови розвитку науки та інновацій сьогодні виходять за межі суто функціонального забезпечення дослідницької діяльності, формуючи цілісні просторові системи, інтегровані в міське та регіональне середовище.

Основними факторами, які впливають на розвиток наукових центрів відносяться:

1. Містобудівельні - відіграють визначальну роль у формуванні наукових центрів, оскільки вони задають принципи просторової організації та характер взаємодії дослідницьких комплексів із міським середовищем і ландшафтом. Саме ці фактори визначають, наскільки ефективно науковий центр інтегрується в структуру міста, забезпечуючи при цьому комфортні умови для роботи, розвитку та розширення [27].

Одним із важливих факторів є *розташування наукових центрів*. Наукові комплекси часто розміщувалися на периферії міста, що забезпечувало наявність вільних територій для майбутнього розвитку, низький рівень шумового та антропогенного навантаження, а також можливість формування автономної інфраструктури. Водночас сучасні тенденції демонструють зростаючу інтеграцію наукових центрів у міську тканину, зокрема в межах університетських районів або інноваційних кластерів, де забезпечується тісний зв'язок між наукою, освітою та бізнесом [27].

Важливим фактором є *транспортна доступність*. Сучасні наукові центри потребують ефективного сполучення з міжнародними аеропортами,

залізничними вузлами та центральними районами міст. Це зумовлено високим рівнем міжнародної кооперації, мобільністю дослідників та постійним обміном знаннями. Відтак транспортна інфраструктура стає критично важливою умовою функціонування наукових установ (рис. 18) [27].

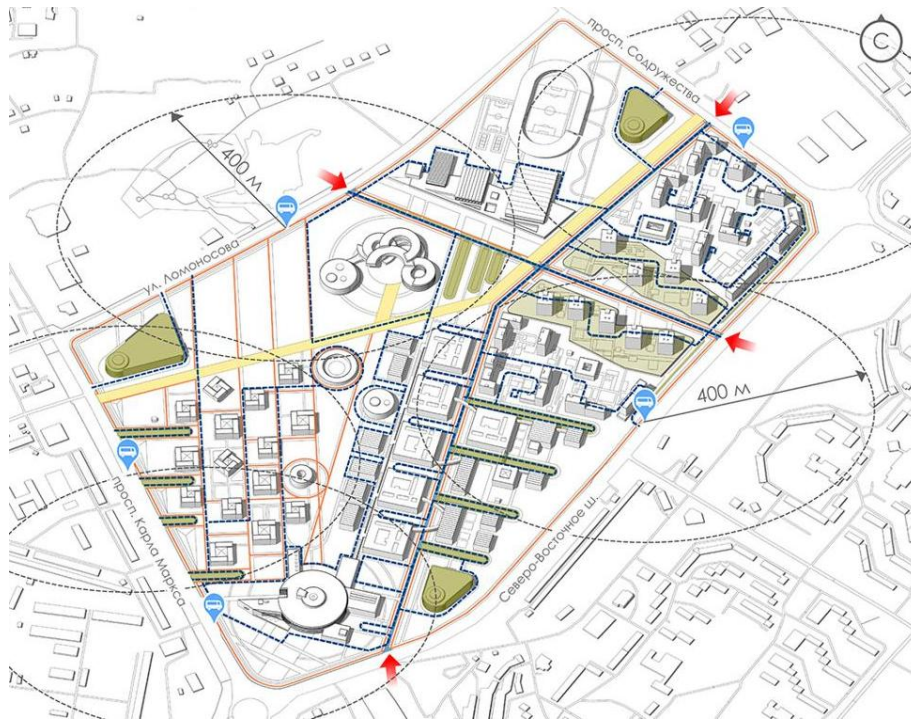


Рис. 18 – Транспортна доступність наукових центрів

Не менш значущим є **фактор функціонального зонування**. У структурі наукових центрів чітко розмежовуються «тихі» зони, призначені для аналітичної, теоретичної та лабораторної роботи, і «шумні» зони, де розташовуються експериментальні майданчики, прототипні виробництва або випробувальні полігони. Такий поділ забезпечує оптимальні умови для різних типів дослідницької діяльності та мінімізує взаємні перешкоди [27].

Окремо слід виділити **масштабну організацію території**, яка в багатьох сучасних проєктах набуває характеру «міста в місті». Оскільки такі комплекси мають власну вуличну мережу, систему громадських просторів, сервісну інфраструктуру та рекреаційні зони, що дозволяє забезпечити автономність функціонування наукового центру, формуючи повноцінне середовище для роботи, навчання та соціальної взаємодії [27].

Таким чином, містобудівні фактори формують базову просторову модель наукових центрів, визначаючи їхню структуру, взаємозв'язок із міським середовищем та потенціал подальшого розвитку.

2. Соціальні фактори розглядаються не лише як місце проведення досліджень, а і як багатофункціональне середовище для комунікації, взаємодії та розвитку людського потенціалу. Оскільки раніше наукові установи часто були ізольованими та закритими структурами, орієнтованими виключно на дослідницьку діяльність, то сучасні тенденції передбачають створення відкритих, інтегрованих і соціально активних просторів, у центрі яких перебуває людина та її потреби [22, 27].

Одним із найважливіших соціальних аспектів є забезпечення умов для міждисциплінарної *колаборації*. Архітектура наукових центрів дедалі частіше спрямована на стимулювання неформального спілкування між дослідниками різних галузей. Для цього у структурі комплексів передбачаються спеціальні «простори для випадкових зустрічей» – атріуми, відкриті лаунж-зони, внутрішні дворики, кав'ярні, тераси та рекреаційні зони, де виникає можливість спонтанного обміну ідеями, формування нових наукових зв'язків та започаткування спільних дослідницьких проєктів. Подібні просторові рішення сприяють розвитку інноваційної атмосфери та підвищують ефективність наукової діяльності [1, 22, 27].

До соціальних факторів відноситься *відкритість до суспільства*. Наука дедалі більше інтегрується у повсякденне життя міста, а тому наукові комплекси перестають бути закритими територіями лише для вузького кола фахівців. У структурі центрів передбачаються виставкові простори, інтерактивні музеї науки, конференц-зали, лекторії та освітні майданчики, доступні для мешканців міста, студентів і школярів, що сприяє популяризації науки, підвищенню рівня наукової грамотності населення та формуванню позитивного іміджу наукової діяльності у суспільстві. Крім того, проведення публічних лекцій, виставок та наукових фестивалів активізує культурне життя міста та сприяє розвитку громадської взаємодії [22, 27].

Наступною складовою соціального фактора є *створення комфортного та безпечного середовища* для працівників наукового центру. Сучасні наукові комплекси дедалі частіше функціонують за принципом «місто в місті», поєднуючи наукову, житлову, освітню та рекреаційну функції. Для забезпечення комфортних умов праці та життя на території наукових центрів можуть розміщуватися житлові комплекси для молодих вчених і запрошених дослідників, гуртожитки, дитячі садки, спортивні споруди, медичні пункти, кафе та зони відпочинку. Наявність такої інфраструктури сприяє підвищенню якості життя користувачів комплексу, зменшує витрати часу на переміщення містом та формує сприятливе соціальне середовище для довготривалого перебування і професійного розвитку [1, 22, 27].

Таким чином, соціальні фактори визначають сучасний підхід до проєктування наукових центрів як відкритих, комфортних та інтегрованих у міський простір комплексів, орієнтованих не лише на наукові досягнення, а й на формування якісного середовища для комунікації, освіти та суспільного розвитку.

3. Економічні фактори, які впливають на ефективність функціонування наукового центру, його конкурентоспроможність та здатність адаптуватися до постійних змін у сфері науки, технологій і ринку праці. У сучасних умовах наукові центри повинні не лише забезпечувати якісний простір для досліджень, а й відповідати принципам економічної доцільності, енергоефективності та довгострокової рентабельності [28, 29].

Одним із найважливіших економічних факторів є *гнучкість та можливість трансформації* внутрішнього простору. Сучасна наукова діяльність характеризується швидкою зміною напрямів досліджень, появою нових технологій та залежністю від грантового фінансування й інвестиційних програм. У зв'язку з цим архітектура наукових центрів повинна забезпечувати можливість швидкого перепланування приміщень без значних фінансових витрат. Для цього використовуються модульні конструктивні системи, мобільні перегородки, універсальні інженерні мережі та відкриті планувальні

рішення, що дозволяє оперативно адаптувати лабораторії під нові дослідницькі завдання, трансформувати наукові приміщення в офісні простори для стартапів або створювати коворкінги та конференц-зони відповідно до потреб користувачів. Гнучкість середовища підвищує економічну стійкість об'єкта та дозволяє ефективніше реагувати на зміни ринку [28, 29].

Важливим економічним аспектом є *ефективність використання площ*. Проектування наукових центрів передбачає раціональну організацію простору з метою максимізації корисної площі при одночасному зниженні витрат на експлуатацію та обслуговування будівлі, що досягається шляхом оптимізації функціональних зв'язків між приміщеннями, компактного розташування інженерних систем, використання багатофункціональних просторів та впровадження енергоефективних технологій. Раціональне використання площ дозволяє скоротити витрати на опалення, вентиляцію, освітлення та технічне обслуговування комплексу. Крім того, застосування сучасних систем автоматизації управління будівлею сприяє зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню загальної економічної ефективності об'єкта [28, 29].

Крім того, важливим фактором є *інвестиційна привабливість* наукового центру. У сучасних умовах архітектура виступає не лише функціональною оболонкою для наукової діяльності, а й важливим інструментом формування іміджу установи. Виразний архітектурний образ, високотехнологічний дизайн та якісно організоване середовище сприяють залученню приватних інвесторів, міжнародних партнерів, наукових фондів та інноваційних компаній. Науковий центр дедалі частіше розглядається як платформа для розвитку стартапів, технологічних парків та бізнес-інкубаторів, тому його архітектурна привабливість безпосередньо впливає на економічний потенціал об'єкта. Сучасні інвестори приділяють увагу не лише технічним характеристикам будівлі, а й її репрезентативності, екологічності та здатності формувати престижне інноваційне середовище [28, 29].

Таким чином, економічні фактори визначають необхідність створення гнучких, ефективних та інвестиційно привабливих наукових центрів, здатних адаптуватися до змін у сфері науки й економіки, забезпечуючи при цьому раціональне використання ресурсів та довготривалу ефективність функціонування комплексу.

4. Технологічні фактори визначають функціональну структуру будівлі, її конструктивні рішення та організацію внутрішнього простору. Наукові центри належать до категорії високотехнологічних об'єктів, у яких архітектура безпосередньо залежить від специфіки дослідницького обладнання, інженерних систем та технологічних процесів. У багатьох випадках саме технологічні вимоги формують зовнішній вигляд і просторову композицію будівлі, а проектування здійснюється за принципом «зсередини назовні» [30].

Важливим технологічним фактором є висока *інженерна насиченість* наукових центрів. На відміну від звичайних громадських чи адміністративних будівель, наукові центри потребують складної системи інженерного забезпечення. У структурі будівлі передбачаються спеціалізовані системи вентиляції та кондиціонування повітря, газопостачання, очищення води, вакуумні мережі, системи пожежної безпеки, а також потужна цифрова та серверна інфраструктура. Для окремих лабораторій необхідне підтримання стабільної температури, вологості та чистоти повітря, що вимагає застосування високотехнологічних кліматичних систем і фільтраційного обладнання. Значну роль відіграють також надпотужні ІТ-мережі та дата-центри, які забезпечують обробку великих масивів наукових даних. Через складність та масштаб інженерних комунікацій їх розміщення може займати до 40% загального об'єму будівлі, що суттєво впливає на архітектурно-планувальні рішення [30].

Крім того, потрібно враховувати *забезпечення захисту від вібрацій, шумів та електромагнітного випромінювання*. Сучасне наукове обладнання, зокрема електронні мікроскопи, лазерні установки, спектрометри

чи прилади для нанотехнологічних досліджень, є надзвичайно чутливим до зовнішніх впливів, навіть незначні коливання ґрунту, вібрації від транспорту або робота інженерних систем можуть негативно впливати на точність досліджень. Для вирішення цих проблем застосовуються спеціальні конструктивні рішення: ізольовані фундаменти, антивібраційні платформи, багатошарові покриття та спеціальні матеріали для шумопоглинання. У деяких випадках лабораторії розміщуються у відокремлених частинах комплексу або навіть нижче рівня землі для мінімізації зовнішніх впливів. Крім того, окремі приміщення потребують спеціального екранування для захисту від електромагнітного чи радіаційного випромінювання, що також впливає на конструкцію та матеріали будівлі [30].

Не менш важливим аспектом є використання *лабораторних модулів* як основи архітектурного планування. Сучасні наукові центри проєктуються відповідно до чітких технологічних параметрів дослідницького обладнання та організації робочих процесів. Розміри лабораторій, висота приміщень, крок колон, ширина коридорів і навіть параметри вікон визначаються вимогами до розташування обладнання та можливістю його модернізації у майбутньому. Модульний принцип дозволяє створювати універсальні лабораторні блоки, які можуть трансформуватися залежно від зміни функцій або наукових напрямів. Завдяки цьому забезпечується гнучкість простору та можливість адаптації будівлі до нових технологій без необхідності масштабної реконструкції [30].

Таким чином, технологічні фактори впливають на формування архітектури наукових центрів, оскільки саме вони обумовлюють конструктивні рішення, інженерне оснащення та просторову організацію будівлі. Сучасний науковий центр являє собою складний високотехнологічний комплекс, у якому архітектура тісно взаємодіє з інженерією та науковими процесами, забезпечуючи ефективне, безпечне та гнучке середовище для проведення досліджень.

5. Екологічні фактори наукових центрів орієнтується не лише на функціональність і технологічність, а й на принципи сталого розвитку та

екологічної відповідальності. Наукові центри дедалі частіше стають прикладом впровадження інноваційних «зелених» технологій, демонструючи сучасні підходи до енергоефективності, раціонального використання природних ресурсів та гармонійної взаємодії з навколишнім середовищем [31].

Важливим екологічним фактором є забезпечення енергоефективності будівлі, де особлива увага приділяється використанню альтернативних джерел енергії та технологій зменшення енергоспоживання. У сучасних наукових центрах широко застосовуються сонячні панелі, геотермальні системи опалення та охолодження, теплові насоси, а також системи рекуперації тепла, що не лише знижує експлуатаційні витрати, а й мінімізує негативний вплив будівлі на навколишнє середовище [31].

Крім того, при формуванні наукових центрів застосовують принципи біокліматичного дизайну. Для цього будівлі проєктуються з урахуванням кліматичних особливостей місцевості та оптимальної орієнтації за сторонами світу. Раціональне розташування фасадів і систем скління дозволяє забезпечити достатній рівень природного освітлення робочих місць, що позитивно впливає на комфорт та продуктивність працівників. Використання сонцезахисних елементів, подвійних фасадів і систем природного провітрювання допомагає зменшити витрати на кондиціонування та штучне освітлення. Біокліматичний підхід сприяє створенню здорового та комфортного внутрішнього середовища при одночасному скороченні споживання енергії [31].

Особливо важливою складовою екологічних факторів є ***інтеграція наукового центру в природний ландшафт***. Під час будівництва намагаються зберігати наявні зелені насадження, природний рельєф та водні об'єкти. Значного поширення набуває створення «живих» або експлуатованих дахів із зеленими насадженнями, які покращують мікроклімат будівлі, зменшують перегрів покриття та сприяють очищенню повітря. Крім того, у наукових центрах активно впроваджуються системи збору та повторного використання дощової води для технічних потреб і поливу території. Озеленення внутрішніх

дворів, терас та рекреаційних зон не лише покращує екологічні характеристики комплексу, а й створює комфортне середовище для відпочинку та комунікації користувачів [31].

Таким чином, екологічні фактори визначають сучасний підхід до проєктування наукових центрів як енергоефективних, екологічно безпечних та гармонійно інтегрованих у природне середовище об'єктів. Використання «зелених» технологій, принципів біокліматичного дизайну та раціонального природокористування сприяє формуванню сталого архітектурного середовища, що відповідає сучасним вимогам екології та енергозбереження.

Слід зазначити, що, сучасний науковий центр є не лише місце проведення досліджень, а багатофункціональний інноваційний комплекс, що поєднує наукову, освітню, соціальну та громадську функції. Комплексне врахування основних факторів формування дозволяє створювати гнучкі, технологічно сучасні, екологічно безпечні та комфортні простори, здатні адаптуватися до змін у науковій, економічній та суспільній сферах.

2.2 Основні типологічні особливості сучасних наукових центрів

Типологія сучасних наукових центрів формується під впливом функціональних, технологічних, соціальних та економічних вимог. Залежно від напрямку діяльності, масштабу та організації роботи наукові комплекси можуть поєднувати лабораторні, освітні, адміністративні, виставкові, житлові та рекреаційні функції. Водночас розвиток новітніх технологій та міждисциплінарних досліджень зумовлює необхідність створення гнучких просторів, здатних адаптуватися до змін у наукових процесах та потребах користувачів.

1. Функціональна гнучкість є однією з головних типологічних особливостей сучасних наукових центрів. Стрімкий розвиток науки і технологій, постійна зміна напрямів досліджень, а також потреба у швидкій адаптації до нових наукових і економічних умов вимагають створення просторів, здатних легко трансформуватися відповідно до актуальних потреб

користувачів. У зв'язку з цим сучасні наукові комплекси проєктуються не як статичні структури з жорстко визначеними функціями, а як динамічні та адаптивні середовища (рис. 19) [1, 29, 30].



Рис. 19 – Функціональна гнучкість (адаптивність)

Одним із основних принципів забезпечення функціональної гнучкості є використання модульної організації лабораторій. Простір формується за допомогою універсальних модулів, які можуть комбінуватися та змінюватися залежно від специфіки дослідницьких процесів, що дозволяє швидко переобладнувати приміщення під нові типи обладнання або змінювати їх функціональне призначення без масштабної реконструкції будівлі. Модульність також забезпечує можливість поетапного розвитку наукового центру та його подальшого розширення [29, 30].

Важливу роль у створенні адаптивного середовища відіграє використання змінних або мобільних перегородок. Завдяки таким рішенням простір може оперативно трансформуватися відповідно до кількості працівників, типу досліджень або формату роботи. Наприклад, окремі лабораторії можуть об'єднуватися у великі дослідницькі простори або, навпаки, поділятися на ізольовані приміщення для проведення спеціалізованих експериментів. Це сприяє більш ефективному використанню площ та підвищує універсальність будівлі [29, 30].

Характерною особливістю сучасних наукових центрів є також поєднання відкритих просторів типу open-space із закритими лабораторіями. Відкриті робочі зони створюють сприятливі умови для комунікації, командної роботи та міждисциплінарної взаємодії між науковцями, тоді як спеціалізовані лабораторії забезпечують необхідний рівень ізоляції, безпеки та контролю середовища для проведення точних досліджень, що дозволяє забезпечити баланс між відкритістю наукового процесу та технологічними вимогами окремих дослідницьких напрямів [29, 30].

Однією з найважливіших переваг адаптивної архітектури є можливість швидкої зміни функціонального призначення приміщень. У сучасних наукових центрах один і той самий простір може трансформуватися з лабораторії в офіс, коворкінг або зону прототипування залежно від потреб проєкту, грантового фінансування чи розвитку стартапів, що є особливо актуально в умовах швидких змін наукового середовища, коли будівля повинна оперативно реагувати на нові виклики та технологічні тенденції [30].

2. Модульно-секційна структура ґрунтується на принципі формування будівлі з окремих повторюваних елементів або модулів, які можуть комбінуватися, доповнюватися та розширюватися залежно від потреб наукового комплексу. Так структура будівлі сприймається не як статична монолітна споруда, а як своєрідний конструктор, здатний змінюватися та розвиватися разом із науковими процесами [28-30].

До складу входять лабораторії, офісні приміщення, чисті зони, технічні простори, конференц-зали або рекреаційні ділянки. Кожен модуль проєктується як універсальний елемент із можливістю адаптації під різні функціональні потреби, що дозволяє окремій секції змінювати своє призначення або поєднуватися між собою без порушення загальної структури комплексу [1, 28-30].

Крім того, при модульно-секційній структурі використовують уніфіковані конструктивні кроки. Єдина система колон, перекриттів та інженерних мереж створює стандартизовану основу для розміщення різних

функціональних зон. Уніфікація конструктивної схеми спрощує процес будівництва, знижує витрати на проєктування та експлуатацію, а також полегшує подальшу модернізацію об'єкта. Крім того, стандартизовані модулі дозволяють ефективніше інтегрувати нове обладнання та інженерні системи без необхідності кардинальної перебудови будівлі (рис. 20) [1, 28-30].



Рис. 20 – Модульно-секційна структура

Перевагою модульно-секційної структури є можливість поетапного розвитку наукового центру. Комплекс може поступово розширюватися шляхом добудови нових секцій або корпусів відповідно до зростання потреб установи, збільшення кількості дослідницьких програм чи появи нових напрямів діяльності. Тому, такий підхід є особливо актуальним для великих наукових центрів, розвиток яких відбувається протягом тривалого часу. Поетапне будівництво дозволяє більш раціонально використовувати фінансові ресурси та уникати надмірних витрат на створення великих площ, які на початкових етапах можуть залишатися незадіяними [1, 28-30].

Модульно-секційна структура також позитивно впливає на організацію внутрішніх функціональних зв'язків. Завдяки чіткій системі блоків забезпечується логічне зонування приміщень, зручна навігація та ефективна

взаємодія між різними підрозділами наукового центру. При цьому архітектура зберігає здатність до трансформації та адаптації, що є важливою вимогою для сучасних дослідницьких комплексів [1, 28-30].

3. Горизонтальне розширення передбачає поступове додавання нових корпусів або секцій, які можуть бути організовані за принципом анфілади або «гребінця». Уніфікована конструктивна система дозволяє легко стикувати нові блоки з уже існуючими, зберігаючи при цьому єдину архітектурну логіку та інженерну сумісність, що забезпечує безперервність функціонування комплексу та дозволяє формувати великі наукові кластери без порушення роботи вже діючих підрозділів.

4. Вертикальне розширення використовується коли конструктивні рішення передбачають достатній запас міцності фундаментів та відповідний крок колон, будівля може надбудовуватися додатковими поверхами., що особливо актуально для наукових центрів, розташованих у щільній міській забудові, де горизонтальне розширення є обмеженим. Вертикальний розвиток дозволяє ефективно використовувати земельну ділянку та збільшувати корисну площу без розширення території комплексу.

5. Масштабованість наукового центру, що дозволяє здійснювати поетапне розширення – від окремих лабораторних блоків до цілих нових крил або функціональних зон – без необхідності зупиняти роботу існуючих лабораторій та забезпечує безперервність дослідницьких процесів, мінімізує організаційні ризики та дозволяє ефективно планувати розвиток комплексу відповідно до фінансування та наукових потреб.

Таким чином, модульно-секційна структура забезпечує високий рівень гнучкості та адаптивності наукових центрів, дозволяючи їм органічно «рости» разом із розвитком науки, технологій і дослідницької діяльності.

Сучасні наукові комплекси перестають бути вузькоспеціалізованими об'єктами і трансформуються у складні інтегровані середовища, які поєднують дослідницькі, освітні, адміністративні та комунікаційні функції.

Важливу роль відіграє також інтеграція відкритих і закритих функціональних просторів, що сприяє поєднанню колабораційних процесів із високоспеціалізованими дослідженнями, що підсилює міждисциплінарну взаємодію та підвищує ефективність наукової діяльності.

Отже, сучасний науковий центр є не лише архітектурною спорудою, а складною адаптивною системою, яка формується під впливом технологічних, соціальних, економічних та містобудівних вимог, а його типологічні особливості відображають перехід до нової моделі наукового середовища, а саме, відкритого, гнучкого та орієнтованого на постійний розвиток.

2.3. Вплив інноваційних технологій і сталого розвитку на архітектуру наукових центрів

Інноваційні технології та концепція сталого розвитку (sustainability) сьогодні є головними драйверами, що змінюють вигляд наукових центрів. Вони перетворюють будівлю з пасивного контейнера для обладнання на активну екосистему.

Основними напрямками цього впливу є:

1. Цифровізація та «Розумна» архітектура (BIM та AI).

Технології проєктування дозволяють створювати будівлі з безпрецедентною точністю.

- *концепція цифрових двійників (Digital Twins)*, при якій науковий центр створюється паралельно у вигляді точної цифрової моделі, яка відображає всі конструктивні, інженерні та функціональні процеси будівлі в реальному часі, що дозволяє відстежувати стан інженерних мереж, прогнозувати можливі несправності, оптимізувати енергоспоживання та підвищувати загальну ефективність експлуатації. При цьому управління будівлею стає більш передбачуваним і економічно обґрунтованим (рис. 21) [33];



Рис. 20 – Концепція цифрових двійників (Digital Twins)

- інтелектуальні системи управління будівлею (BMS — Building Management Systems), які базуються на мережі сенсорів, які безперервно збирають дані про стан внутрішнього середовища. У лабораторіях такі системи автоматично регулюють рівень освітлення, температуру, вологість та вентиляцію залежно від присутності людей, характеру досліджень та вимог до конкретних експериментів, що дозволяє не лише підвищити комфорт і безпеку роботи, а й значно зменшити енергоспоживання та експлуатаційні витрати (рис. 21) [24];



Рис. 21 – Інтелектуальні системи управління будівлею

- *роботизація будівельних процесів*. Сучасні технології, зокрема 3D-друк будівельних конструкцій та використання роботизованих систем для монтажу складних елементів, поступово змінюють підхід до зведення наукових центрів. Такі методи дозволяють підвищити точність виконання робіт, скоротити терміни будівництва та реалізовувати архітектурно складні рішення, які раніше були технічно обмеженими. Прикладом є дослідження та експериментальні проекти, зокрема в ETH Zurich, де активно впроваджуються роботизовані технології у будівництві.

2 Енергетична автономність та «Зелені» технології.

Сучасні наукові центри споживають колосальну кількість енергії, тому сталий розвиток фокусується на її компенсації, а саме:

- *активні фасади*, які поєднують архітектурну функцію огорожувальних конструкцій із генерацією енергії. Зокрема, широко застосовуються фотоелектричні панелі, інтегровані безпосередньо у скління (BIPV — Building Integrated Photovoltaics), що дозволяють фасаду не лише пропускати природне світло, але й виробляти електроенергію, яка може використовуватися для живлення лабораторного обладнання, систем освітлення та інженерних мереж і робить будівлю частково енергетично автономною та зменшує залежність від зовнішніх джерел енергії [34];

- *системи рекуперації тепла*. У наукових центрах значна кількість теплової енергії виділяється серверними приміщеннями, дата-центрами та потужним лабораторним обладнанням (рис. 22) [34].



Рис. 22 – Системи рекуперації тепла

Замість втрати цього тепла в навколишнє середовище воно збирається та повторно використовується. За допомогою спеціальних теплообмінних систем це тепло спрямовується на обігрів приміщень або нагрів води, що суттєво знижує загальні витрати на опалення будівлі, що дозволяє підвищити енергоефективність комплексу та зменшити його екологічний вплив;

- **геотермальні системи енергозабезпечення.** Використання стабільної температури ґрунту дозволяє забезпечувати ефективне опалення взимку та охолодження влітку без значних витрат енергії. Геотермальні насоси передають тепло з землі до будівлі або навпаки, підтримуючи комфортний мікроклімат у приміщеннях протягом усього року, що особливо важливо для наукових центрів, де стабільність температурних умов є критичною для роботи чутливого лабораторного обладнання та проведення точних експериментів [35].

3. Біокліматичне проєктування.

Архітектура використовує природні фактори для зменшення вуглецевого сліду, а саме:

- **використання природного освітлення через атріуми** (рис. 23) [36].



Рис. 23 –Атріум

Для цього архітектори застосовують атріуми та глибокі світлові колодязі, які забезпечують проникнення денного світла у внутрішні простори будівлі,

що дозволяють значно зменшити потребу у штучному освітленні навіть у підземних або глибоко розташованих лабораторіях і не лише знижує енергоспоживання, а й створює більш комфортні умови для роботи дослідників, покращуючи загальний мікроклімат внутрішнього середовища;

- вертикальне озеленення та використання «живих» дахів.

Рослинність, інтегрована в архітектуру будівлі, виконує одразу кілька функцій. По-перше, вона сприяє покращенню мікроклімату, знижуючи температуру поверхонь у літній період і утримуючи тепло взимку. По-друге, зелені насадження діють як природні фільтри, очищаючи дощові стоки та зменшуючи навантаження на міську каналізаційну систему. Крім того, рослинні покриття забезпечують додаткову теплоізоляцію будівлі та сприяють зниженню енергетичних витрат на опалення й охолодження (рис. 24) [37];



Рис. 24 – Вертикальне озеленення

- оптимізація архітектурної форми будівель за допомогою сучасних методів аеродинамічного моделювання, що дозволяє створювати об'ємно-просторові рішення, які сприяють природному руху повітряних потоків навколо та всередині будівлі та забезпечується ефективно природне провітрювання без надмірного використання механічних систем вентиляції.

Крім того, правильно сформована форма будівлі зменшує вітрові навантаження та підвищує енергоефективність комплексу в цілому [30].

4. Використання інноваційних матеріалів.

Сталий розвиток диктує перехід від «брудних» матеріалів до відновлюваних:

- *cross-laminated timber (CLT)* – поперечно-клеєної деревини, що дозволяє зводити багатоповерхові наукові корпуси з дерева. Цей матеріал характеризується високою міцністю, стійкістю та значно меншим вуглецевим слідом порівняно з традиційними бетонними або сталевими конструкціями. Використання CLT сприяє зниженню викидів CO₂ під час будівництва та відповідає принципам сталого розвитку. Прикладом застосування подібних технологій є Arch_Tec_Lab в ETH Zurich, де дерево використовується як основний конструктивний матеріал сучасної дослідницької будівлі;

- *застосування ETFE-мембран* – легких і прозорих полімерних покриттів, які поступово замінюють традиційне скло у великих архітектурних об'ємах. ETFE відрізняється малою вагою, високою світлопроникністю та відмінними теплоізоляційними властивостями, що дозволяють створювати великі світлові простори з мінімальним навантаженням на конструкції будівлі, що особливо важливо для атріумів, оранжерей та громадських зон наукових центрів. Відомим прикладом використання цієї технології є проєкт Eden Project, розроблений бюро Grimshaw, де мембранні конструкції формують легкі та ефективні купольні простори;

- *використання самоочищувальних фасадних матеріалів*, зокрема покриттів на основі діоксиду титану. Під впливом сонячного світла такі поверхні здатні розщеплювати органічні забруднювачі повітря та зменшувати рівень забруднення навколо будівлі. Крім того, під час дощу фасади частково очищуються самостійно, що знижує витрати на обслуговування та підтримання зовнішнього вигляду будівлі. Подібні технології сприяють покращенню екологічної ситуації та підвищують довговічність архітектурних об'єктів.

5. Рециклінг та кругова економіка (Circular Economy).

Будівлі проєктуються з розрахунком на їхній демонтаж та повторне використання матеріалів у майбутньому:

- *Design for Disassembly* – принцип проєктування, орієнтований на можливість розбирання конструкцій. У цьому випадку будівля створюється з урахуванням модульних та легко роз'ємних з'єднань, що дозволяє демонтувати окремі частини споруди без її повного руйнування, що дає змогу замінювати або модернізувати окремі функціональні блоки, адаптуючи будівлю до нових наукових вимог, технологій чи планувальних рішень. Проте, такий підхід значно подовжує життєвий цикл будівлі та зменшує обсяг будівельних відходів;

- *Greywater systems*, що передбачають збір і очищення технічної або «сірої» води, яка утворюється в процесі експлуатації будівлі, наприклад після миття рук, душових або побутових процесів. Після мінімальної обробки така вода може повторно використовуватися для технічних потреб, наприклад, поливу зелених насаджень, охолодження інженерних систем або промивання сантехнічного обладнання, що дозволяє суттєво зменшити споживання чистої води та підвищити загальну екологічну ефективність наукового центру.

Отже, інноваційні технології та сталий розвиток визначають сучасний напрям еволюції наукових центрів, перетворюючи їх на адаптивні, екологічно збалансовані та технологічно досконалі простори, здатні відповідати викликам майбутнього.

2.4. Сучасні архітектурні прийоми організації простору наукових центрів.

Принципи функціонально-планувальної організації та зонування

Сучасна архітектура наукових центрів відійшла від концепції «коридорної системи» на користь складних, багаторівневих структур, де простір сам по собі є інструментом дослідження.

Ось головні прийоми та принципи, які визначають структуру таких об'єктів:

1. Архітектурні прийоми організації простору

- прийом «Просторового перетікання» (*Continuous Space*) - сутність якого, полягає у відмові від жорсткого поділу приміщень на ізольовані кімнати на користь плавного переходу між різними функціональними зонами. Завдяки цьому формується відкрите середовище, де простір сприймається як єдина система, що логічно розгортається у часі та русі користувача.

При проектуванні наукових центрів цей прийом реалізується через використання відкритих планувальних структур, скляних перегородок, атриумів, галерей та багаторівневих просторів. Межі між лабораторіями, офісними зонами, рекреаційними просторами та комунікаційними ядрами стають умовними або частково прозорими, що забезпечує візуальну взаємодію між дослідниками, сприяє відкритості наукового процесу та стимулює міждисциплінарну комунікацію;

- прийом «Вертикальної комунікації» (*Social Voids*), який полягає у формуванні вертикальних «порожнин» — атриумів, світлових шахт або багатоповерхових відкритих просторів, які забезпечують візуальний і соціальний зв'язок між поверхами, де простори виконують не лише архітектурну, а й соціальну функцію, стаючи місцями випадкових зустрічей, неформального спілкування та обміну ідеями між дослідниками різних напрямів. Вертикальні комунікаційні простори сприяють формуванню міждисциплінарної взаємодії, що є особливо важливим для інноваційних досліджень;

- прийом «*Science on Display*» (*Прозорість*), який полягає у створенні прозорих, візуально проникних просторів, де наука стає «видимою» не лише для фахівців, а й для відвідувачів, студентів та міського середовища. Таким чином, архітектура виконує не тільки функціональну, а й комунікаційну та освітню роль.

У наукових центрах цей прийом реалізується через використання скляних фасадів, внутрішніх вітринних лабораторій, відкритих дослідницьких зон та прозорих перегородок між функціональними просторами. Лабораторії

частково або повністю відкриваються для візуального спостереження, що дозволяє демонструвати процеси наукової роботи в реальному часі, що формує новий тип взаємодії між наукою та суспільством, підвищує рівень довіри до наукових інституцій та сприяє популяризації досліджень;

- прийом *«Штучного ландшафту»*, який полягає у створенні штучно організованого рельєфу, який продовжує архітектуру будівлі, формуючи плавні переходи між інтер'єром і екстер'єром. Таким чином, науковий центр не просто розміщується в ландшафті, а активно формує його, створюючи нову просторову реальність.

При проектуванні наукових центрів цей прийом реалізується через використання терасованих площин, зелених насипів, експлуатованих дахів, підземних об'ємів та плавних архітектурних форм, що імітують природні геологічні структури. Будівля може частково «занурюватися» у землю або, навпаки, підніматися у вигляді штучних пагорбів, створюючи багаторівневу систему простору, що дозволяє ефективно поєднувати природний ландшафт із функціональними зонами наукового центру.

2. Принципи функціонально-планувальної організації

А) принцип «Ядра та Периферії» (*Core & Shell*) полягає у чіткому функціональному поділі будівлі на центральну технічно-комунікаційну частину та гнучкі робочі зони, розташовані навколо неї, що дозволяє забезпечити ефективне функціонування складних дослідницьких комплексів, створюючи водночас адаптивне та комфортне середовище для наукової діяльності (рис. 25) [38].

- **ядро (*Core*)** - центральний елемент будівлі, зона, у якій концентруються всі жорстко фіксовані функції та основні інженерні системи. До складу ядра зазвичай входять ліфти, сходові клітки, вертикальні інженерні шахти, санітарно-технічні вузли, вентиляційні стояки та технічні комунікації. Централізація цих елементів дозволяє компактно організувати інженерну інфраструктуру будівлі та звільнити основний простір від великої кількості конструктивних обмежень. Використання такого підходу у наукових центрах

є важливим, оскільки постійно змінюються вимоги до лабораторного обладнання та організації робочих процесів, що спрощує обслуговування комунікацій, модернізація обладнання та адаптація внутрішніх просторів до нових функцій у центральній частині будівлі [38].

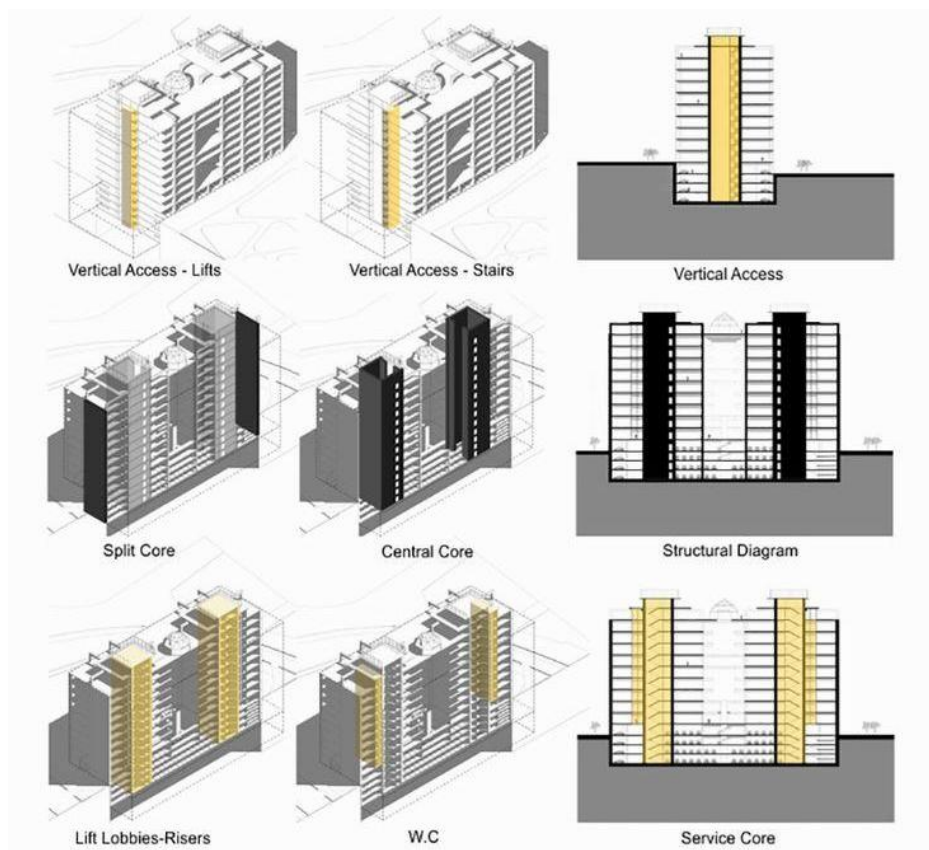


Рис. 25 – Принцип «Ядра та Периферії» (Core & Shell)

- *гнучка зона (flexible zone)*, яка формується навколо ядра – це простір вільного планування, який може змінювати свою конфігурацію залежно від потреб досліджень. Саме тут зазвичай розміщуються лабораторії, дослідницькі модулі, коворкінги або зони прототипування. Відсутність жорстких конструктивних перешкод дозволяє використовувати мобільні перегородки, модульні системи та універсальні інженерні підключення та забезпечує можливість швидкого перепланування приміщень, встановлення нового обладнання або зміни функціонального призначення окремих зон без масштабної реконструкції будівлі. Гнучка зона є важливим елементом адаптивної архітектури наукових центрів, оскільки сучасна наука потребує

постійної трансформації простору відповідно до розвитку технологій та міждисциплінарних досліджень [38].

- *периферія (periphery)*, яка формується уздовж фасадів будівлі, де зазвичай розміщуються офісні робочі місця, простори для аналітичної роботи (write-up spaces), кімнати відпочинку, лаунж-зони та рекреаційні простори. Саме таке розташування забезпечує максимальний доступ до природного освітлення, краєвидів і вентиляції, що позитивно впливає на комфорт, продуктивність та психологічний стан працівників. Периферійна зона також виконує роль буферного простору між внутрішніми лабораторіями та зовнішнім середовищем, що створює більш комфортний мікроклімат і покращуються умови перебування користувачів у будівлі [38].

Важливо, що така організація простору відповідає сучасним тенденціям гуманізації наукового середовища, де значна увага приділяється не лише функціональності лабораторій, а й якості повсякденного робочого середовища для дослідників [38].

Принцип «Ядра та Периферії» дозволяє створювати високоефективні, гнучкі та технологічно адаптивні наукові центри, оскільки чітке зонування функцій забезпечує раціональну організацію інженерної інфраструктури, ефективне використання площ та можливість довготривалої модернізації будівлі [38].

Таким чином, архітектура наукового центру стає не статичною конструкцією, а динамічною системою, здатною адаптуватися до постійних змін у сфері науки, технологій та організації дослідницької діяльності.

Б) Принцип «Подвійного доступу» (Dual Circulation) полягає у створенні двох незалежних систем переміщення всередині будівлі, а саме основної – для персоналу, студентів і відвідувачів, та технічної – для транспортування обладнання, хімічних речовин, відходів і обслуговування інженерних систем (рис. 26) [39].

- *поділ потоків* - є чітке розмежування «чистих» і «технічних» маршрутів. «Чисті» шляхи використовуються науковими працівниками,

студентами, адміністрацією та гостями центру. Вони включають основні коридори, громадські простори, відкриті комунікаційні зони та маршрути евакуації. Паралельно функціонує окрема система технічного руху, призначена для транспортування лабораторних матеріалів, хімічних реагентів, великогабаритного обладнання, біологічних зразків або відходів. Такий поділ потоків є особливо важливим у високотехнологічних лабораторіях, де навіть незначне порушення умов стерильності чи безпеки може негативно вплинути на результати досліджень [39].

Розмежування маршрутів дозволяє уникнути перехресного забруднення, мінімізує ризики аварійних ситуацій та створює більш контрольоване середовище для наукової діяльності [39].

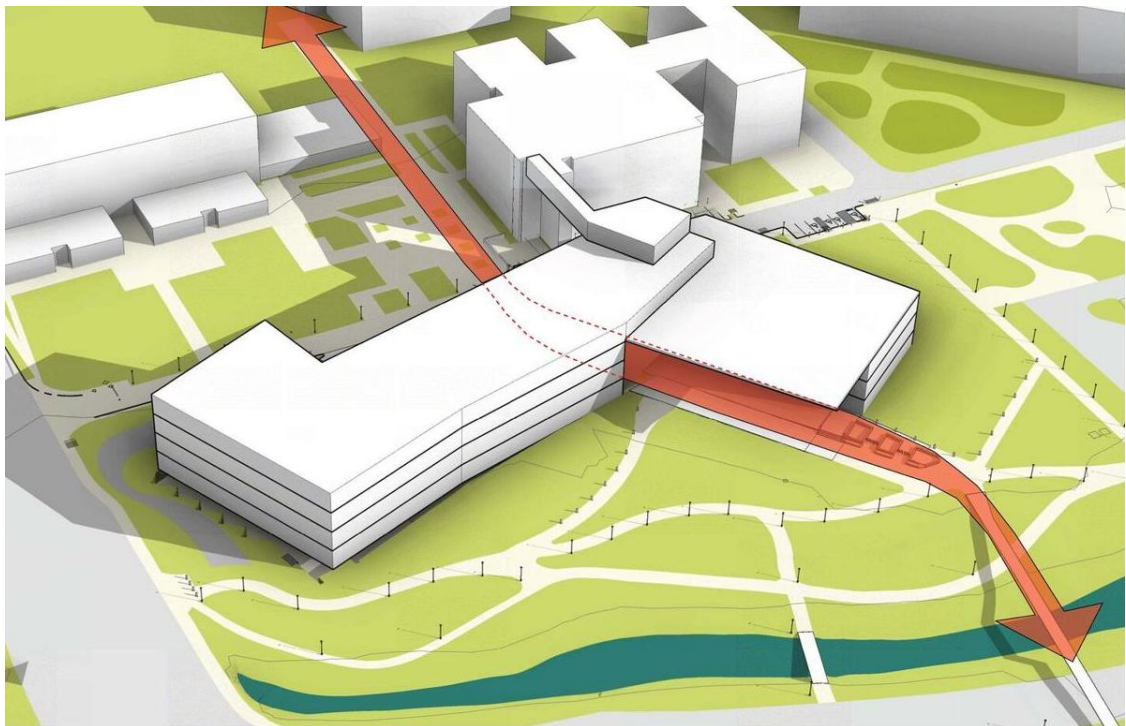


Рис. 26 – Принцип «Подвійного доступу» (Dual Circulation)

- *інженерні коридори та сервісні зони* – є використання прихованих інженерних коридорів і сервісних зон, які забезпечують доступ до інженерних мереж, вентиляційних систем, кабельних трас, трубопроводів та технічного обладнання без втручання у роботу лабораторій, що забезпечує технічне

обслуговування, ремонт або модернізацію інженерних систем без зупинки дослідницьких процесів і без порушення стерильних або контрольованих умов у лабораторіях. У сучасних наукових центрах такі сервісні коридори часто розташовуються між лабораторними модулями, у технічних поверхах або спеціальних міжпросторових зонах, що підвищує гнучкість будівлі та дозволяє легше адаптувати інженерну інфраструктуру до нових технологічних потреб (рис. 27) [39].



Рис. 27 – Інженерні коридори та сервісні зони

- **безпека та внутрішня логістика.** Для транспортування матеріалів і обладнання використовуються окремі вантажні ліфти, дебаркадери, технічні шлюзи та спеціалізовані маршрути доставки, що дозволяє оптимізувати рух усередині будівлі та уникати конфлікту між пішохідними потоками та технічними операціями. Особливого значення цей принцип набуває у наукових центрах із біологічними, хімічними або медичними лабораторіями, де питання безпеки та контролю середовища є критично важливими. Правильна організація логістики допомагає забезпечити відповідність міжнародним стандартам безпеки та підвищує загальну ефективність функціонування комплексу [39].

Таким чином, принцип «подвійного доступу» формує складну, але ефективну систему організації внутрішнього простору наукових центрів та дозволяє поєднати безпечне функціонування лабораторій, ефективну технічну логістику та комфортне середовище для користувачів будівлі.

В) Принцип Модульності (Grid Layout) полягає у формуванні будівлі на основі уніфікованої конструктивної сітки, де всі приміщення та функціональні елементи підпорядковуються єдиному модулю, що дозволяє створювати адаптивне середовище, здатне швидко реагувати на зміни в науковій діяльності, технологіях та організації дослідницьких процесів.

- уніфікована сітка – це використання єдиного конструктивного модуля, який визначає крок колон, розміри приміщень, розташування інженерних систем та меблів. У наукових центрах найчастіше застосовуються модулі, кратні стандартним параметрам лабораторного обладнання, наприклад 3,3 м або 6,6 м. Така система створює чітку структурну логіку будівлі та забезпечує сумісність усіх її елементів. Лабораторії, офіси, технічні приміщення та комунікаційні зони можуть легко комбінуватися між собою без порушення загальної планувальної структури. Уніфікована сітка також спрощує інтеграцію нових технологій та обладнання, що є особливо важливим для сучасних дослідницьких комплексів.

- взаємозамінність простору.. Кожен модуль плану має однаковий доступ до основних інженерних мереж, а саме вентиляції, електропостачання, водопостачання, каналізації та цифрової інфраструктури. Завдяки цьому приміщення можуть швидко змінювати своє функціональне призначення. Наприклад, звичайний офіс або кабінет може бути переобладнаний у хімічну чи біотехнологічну лабораторію без значних конструктивних втручань, що дозволяє науковим центрам оперативно адаптуватися до нових дослідницьких програм, грантів або змін у структурі наукової діяльності. Взаємозамінність також сприяє більш ефективному використанню площ і зменшує ризик морального старіння будівлі.

- економічна ефективність – стандартизація конструктивних елементів, інженерних систем і планувальних рішень дозволяє значно знизити витрати на проєктування та будівництво. Використання повторюваних модулів спрощує виробництво конструкцій, монтаж інженерних мереж та подальше технічне обслуговування комплексу. Крім того, модульна структура суттєво полегшує реконструкцію та модернізацію будівлі у майбутньому, оскільки нові елементи можуть інтегруватися у вже існуючу систему без масштабної перебудови. Для наукових центрів, які постійно розвиваються та змінюють свої функції, така адаптивність є особливо важливою з економічної та експлуатаційної точки зору.

Таким чином, принцип модульності формує основу сучасної архітектури наукових центрів, забезпечуючи їх гнучкість, масштабованість та довготривалу ефективність. Уніфікована сітка дозволяє створювати адаптивні простори, які легко трансформуються відповідно до потреб науки та технологій, а стандартизація конструктивних рішень сприяє економічній ефективності й сталому розвитку дослідницьких комплексів.

Аналіз сучасних архітектурних прийомів організації простору наукових центрів та принципів їх функціонально-планувальної організації дозволяє зробити висновок, що сучасна наукова архітектура орієнтується насамперед на гнучкість, інтегрованість і адаптивність просторового середовища. Наукові центри більше не розглядаються як ізольовані лабораторні комплекси з жорсткою структурою, а формуються як динамічні багатофункціональні системи, здатні швидко реагувати на зміни технологій, дослідницьких процесів та суспільних потреб.

Використання прийомів «просторового перетікання», «вертикальної комунікації» та «Science on Display» сприяє створенню відкритого наукового середовища, у якому архітектура стимулює міждисциплінарну взаємодію, неформальне спілкування та популяризацію науки. Простір стає не лише функціональним середовищем для досліджень, а й активним інструментом комунікації між наукою, суспільством і міським контекстом.

Висновки за розділом 2

У ході дослідження встановлено, що формування сучасних наукових центрів визначається комплексом взаємопов'язаних факторів, серед яких провідними є містобудівні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні. Їх урахування забезпечує ефективну інтеграцію об'єктів у міське середовище та сприяє сталому розвитку територій.

Визначено, що сучасні наукові центри мають чітко виражені типологічні особливості, зокрема багатофункціональність, модульність, гнучкість просторової організації та орієнтацію на міждисциплінарну взаємодію. Вони поєднують дослідницькі, освітні, адміністративні та громадські функції.

Аналіз впливу інноваційних технологій і принципів сталого розвитку показав, що вони є головними чинниками формування архітектури наукових центрів. Використання енергоефективних рішень, екологічних матеріалів, цифрових технологій та «розумних» систем управління підвищує ефективність їх функціонування.

Дослідження сучасних архітектурних прийомів організації простору дозволило визначити пріоритетність відкритих планувальних структур, гнучкого зонування, створення комунікаційних просторів та середовищ для неформальної взаємодії. Принципи функціонально-планувальної організації базуються на забезпеченні адаптивності, зручності користування та ефективної взаємодії між різними функціональними зонами.

Отже, формування сучасних наукових центрів має ґрунтуватися на комплексному підході, що поєднує інноваційність, сталий розвиток, гнучкість простору та інтеграцію в міський контекст.

РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ, СУЧАСНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР У М. ХАРКІВ

3.1 Містобудівний аналіз існуючої ситуації

Ділянка проєктування розміщується в Шевченківському районі міста Харкова та відноситься до центральної частини міста, що характеризується сформованою містобудівною структурою, високим рівнем транспортної доступності та значною концентрацією громадських, житлових і науково-освітніх об'єктів. Розташування у центральній зоні міста визначає важливе містобудівне значення території та формує підвищені вимоги до архітектурно-просторового вирішення майбутнього об'єкта.

З південного боку ділянка обмежена вулицею Леся Курбаса (колишня вулиця Ромена Роллана). Забудова цієї вулиці представлена переважно житловими п'ятиповерховими будинками різних періодів будівництва — від 1920-х до 1960-х років. Така різночасова забудова формує характерне історичне середовище центральної частини Харкова, у якому поєднуються об'єкти фонові житлової забудови та архітектурні пам'ятки конструктивістського періоду 1920-х років. Наявність цінної історичної забудови створює важливий контекст для проєктування та потребує врахування масштабності, силуету й композиційних особливостей навколишнього середовища.

Із західної сторони ділянка межує з вулицею Шатилова Дача, яка виконує роль важливої транспортної та функціональної осі, що поєднує квартал із головною магістраллю міста — проспектом Науки.

Характер забудови цієї вулиці представлений переважно багатоповерховими будівлями науково-дослідного та громадського призначення, зокрема корпусами наукових інститутів, адміністративними об'єктами, а також територіями гаражних кооперативів і технічної інфраструктури, що підсилює науково-освітню функцію району та створює

передумови для інтеграції нового об'єкта у сформований науковий кластер міста. (рис. 28)

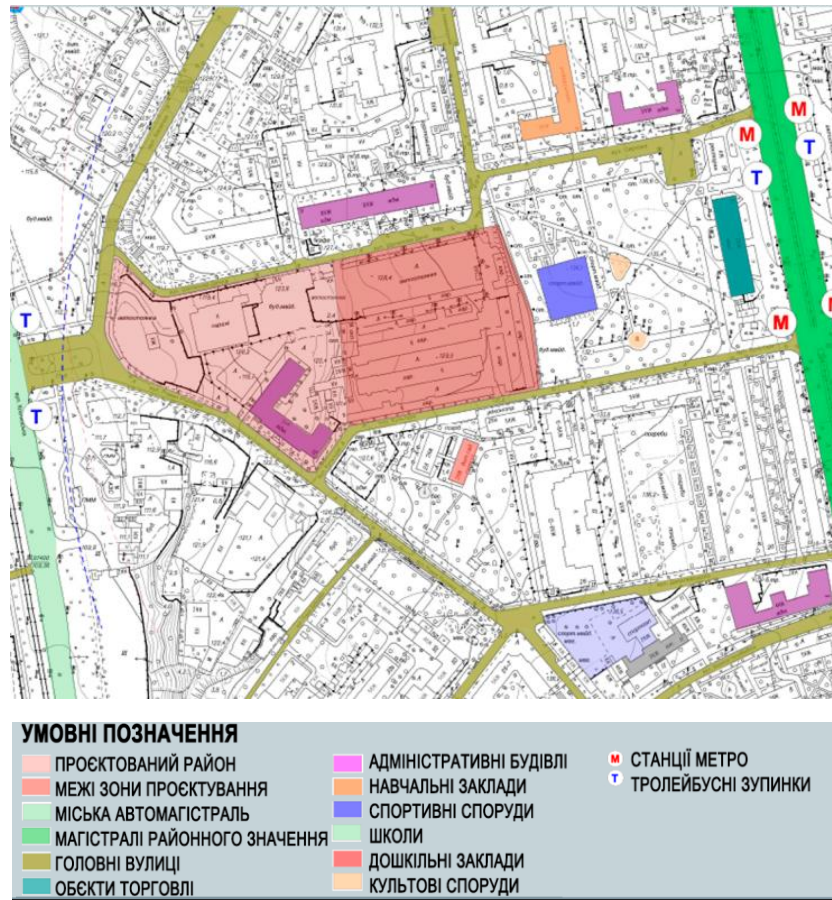
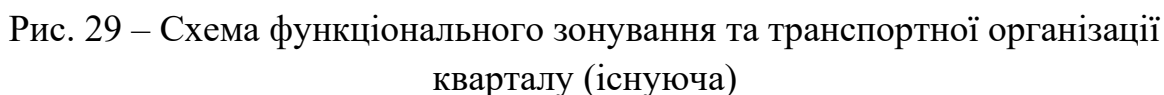


Рис. 28 – Розміщення ділянки в структурі району

Зі східної сторони територія проєктування обмежена вулицею Культури – однією з важливих вулиць центральної частини міста, яка характеризується поєднанням житлової, громадської та адміністративної забудови. Вулиця має активний міський фронт і виконує важливу роль у формуванні пішохідних та транспортних зв'язків району.

З північного боку ділянка межує зі сквером Воїнів-Інтернаціоналістів, який виступає важливим елементом озелененої структури району та формує сприятливе рекреаційне середовище. Наявність скверу позитивно впливає на мікроклімат території, забезпечує візуальне розкриття простору та створює комфортні умови для пішохідного руху й громадської активності. Водночас зелена зона виконує роль композиційного та екологічного буфера між міською забудовою та проєктованим об'єктом.

Гаражні кооперативи займають значні площі та формують малоефективне використання території у центральній частині міста. Водночас вони створюють фрагментарну структуру забудови, обмежують розвиток громадських просторів і знижують якість міського середовища (рис. 29).



Подібні об'єкти не відповідають сучасним тенденціям розвитку центральних міських територій, де пріоритет надається багатофункціональній громадській забудові, пішохідній доступності та інтеграції рекреаційних просторів.

Крім господарської функції, у структурі кварталу присутні адміністративно-ділові об'єкти. Зокрема, на перетині вулиць Леся Курбаса та Культури розташована адміністративна будівля банку, яка формує локальний громадсько-діловий вузол та підсилює суспільну активність цієї частини території. Наявність подібних об'єктів свідчить про поступове формування змішаного функціонального середовища, характерного для центральних районів міста.

Також аналіз показує, що територія має потенціал для подальшої функціональної трансформації. Враховуючи центральне розташування, близькість до науково-освітніх установ, транспортних магістралей та рекреаційних зон, існуючі господарські території можуть розглядатися як резерв для розвитку сучасної громадської, наукової або багатофункціональної забудови.

Таким чином, сучасна функціональна структура кварталу характеризується домінуванням економічно-господарської функції з елементами адміністративно-ділової забудови, однак має значний потенціал для містобудівної реорганізації та підвищення ефективності використання території відповідно до сучасних потреб розвитку центральної частини міста.

Після проведеного аналізу транспортної організації території (рис 29) було виявлено, що найбільш завантаженою вулицею є Леся Курбаса, вулиці Культури та Шатилова Дача мають малу інтенсивність руху транспорту. Пішохідний рух по території кварталу обмежений із-за розміщення гаражного кооперативу та відкритих вільних ділянок. Громадський транспорт по вулицям Культури, Шатилова Дача та Леся Курбаса не рухається. Зупинки громадського транспорту знаходяться в зоні доступності, а саме трамвая по вулиці Ключківській, становить 500 м; метрополітену Олексіївської лінії

(станція метро Наукова) в радіусі 1000 м, що повністю відповідає вимогам ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій».

Проведене обстеження відкритих просторів показало, що рівень озеленення території є низьким і становить приблизно 8%. Система зелених насаджень має хаотичний характер, що пояснюється особливостями історичного формування забудови кварталу та розміщення комунальних закладів, а саме гаражного кооперативу.

Комплексний композиційний аналіз території виявив низку суттєвих проблем її просторової організації та благоустрою. Насамперед, внутрішньоквартальний простір є невпорядкованим через стихійне розміщення гаражних кооперативів і складських споруд, які зосереджені переважно у північній, центральній та північно-західній частинах ділянки. Така структура формує візуально і функціонально роздроблене середовище, що не відповідає вимогам сучасного міського планування.

Додатковою проблемою є відсутність цілісної системи внутрішньоквартальних пішохідних і транспортних зв'язків, включаючи транзитні маршрути, що призводить до обмеженої доступності території, ускладнює переміщення мешканців та знижує загальний рівень функціональності міського простору. Крім того, на території повністю відсутні елементи рекреаційної інфраструктури, що негативно впливає на якість життєвого середовища.

На основі проведеного аналізу визначено основні напрями подальшого проєктного рішення:

1. Формування комплексної системи заходів, спрямованих на підвищення якості міського середовища та умов перебування на території кварталу, а саме знесення будівель гаражного кооперативу.

- 2 Створення впорядкованої мережі внутрішньоквартальних пішохідних і транспортних зв'язків для забезпечення зручної та безпечної мобільності.

3. Поліпшення екологічних умов території через застосування сучасних рішень з озеленення, що обумовить зменшення техногенного навантаження на територію кварталу.

4. Розробка цілісної концепції благоустрою та озеленення наукового центру для формування комфортного, безпечного та естетично привабливого міського простору.

При розробці генерального плану ділянки проєктування були враховані основні нормативні вимоги щодо пожежної безпеки, інсоляції, аерації. Враховуючи, що Харків є прифронтовим містом, то особлива увага приділяється створенню безпечного середовища для працівників, тому при проєктуванні наукового центру передбачаються конструктивні рішення щодо підвищення рівня цивільного захисту працюючих, зокрема організацію укриттів, безпечних шляхів евакуації з верхніх поверхів і формування споруди подвійного використання, а саме підземного паркінгу, що відповідає вимогам ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту».

Відповідно до проведеного аналізу головний вхід наукового центру розміщується з боку вулиці Шатилова Дача, який представляє організований пішохідний простір шириною 3 м, вздовж, якого розміщуються зелені чагарники і дерева третьої величини, а саме шаровидні кльони та стрижена огорожа. Перед головним входом розміщується зона відпочинку з фонтаном, з доріжками і елементами озеленення.

В'їзд до підземного паркінгу відбувається з боку вулиці Культури та скверу Інтернаціоналістів, в'їзди розосереджені і знаходяться з південного і із східного боку будівлі, що відповідає вимогам ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів».

Кількість машино-місць у підземному паркінгу виконане відповідно до вимог до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова населених місць» табл. 10.7. Науковий центр – це громадська будівля, і згідно з ДБН 100 працюючих потрібно 15 машино-місць, тому відповідно до розрахунків кількість місць у

підземному паркінгу становить – 165 місць, розмір одного машино-місця становить 25 м².

Перед головним входом розміщується відкритий паркувальний майданчик, який розрахований на 35 машино-місць. Крім того, із західного боку ділянки з вулиці Шатилова Дача запроєктований паркувальний майданчик на 65 машино-місць, з південного боку з вулиці Культури запроєктований паркувальний майданчик, який можна використовувати і мешканцям житлового будинку, і відвідувачам, співробітникам наукового центру. Паркувальні майданчики на території наукового центру розміщені таким чином, щоб забезпечити зручний і швидкий доступ співробітників і відвідувачів до основного входу, підземний паркінг обладнаний ескалаторами, що також забезпечують швидкий доступ у середину будівлі.

Під'їзди до будівлі запроєктовані таким чином, щоб забезпечити безперешкодний доступ спеціального транспорту, а саме пожежних машин, швидкої допомоги, поліції, до будівлі наукового центру.

З боку вулиці Шатилова Дача розташований господарський майданчик, що забезпечити під'їзд сміттєвозів запроєктований майданчик має відповідний розмір для заїзду машин і їх розвороту (рис. 30).

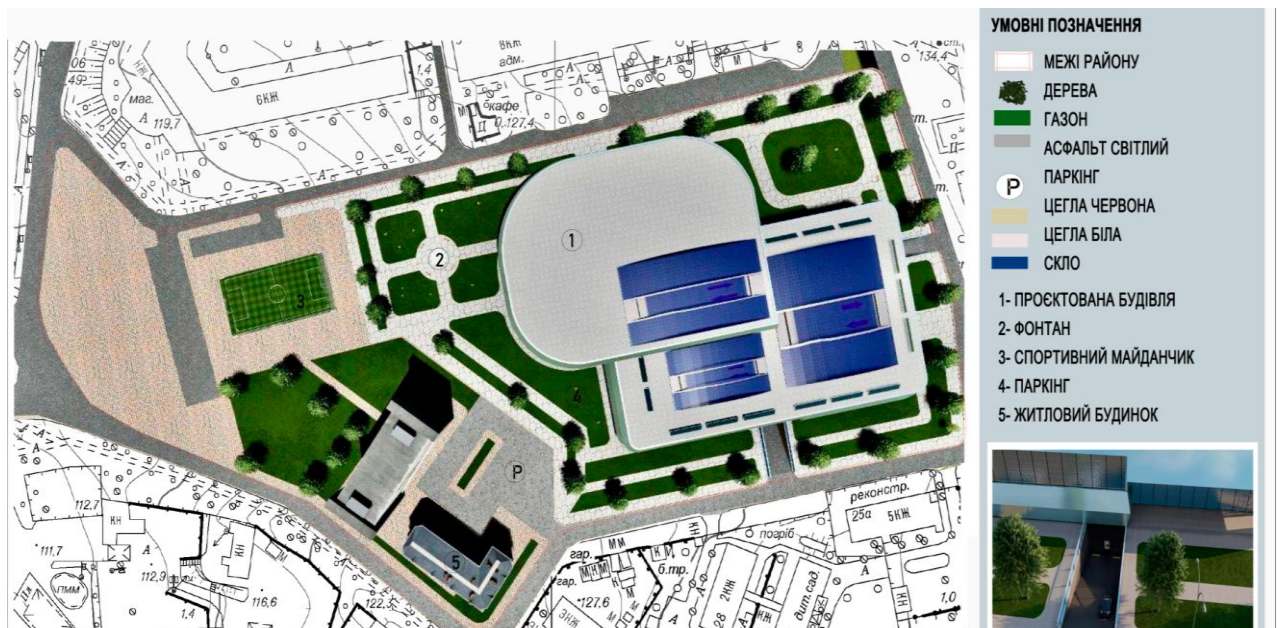


Рис. 30 – Генеральний план території

На паркувальних майданчиках розміщуються місця для людей з інвалідністю, такі місця розміщуються близько до входу на відстані не менше ніж 50 м, що забезпечує безпечний і швидкий доступ людей з обмеженими можливостями до будівлі наукового центру. Відповідно до ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» повинні мати розміри 6*4,8 м та відповідне маркування.

Для забезпечення комфортного пересування людей із порушеннями зору територія обладнана елементами тактильної та візуальної навігації. На основних пішохідних маршрутах передбачено контрастні направляючі лінії, попереджувальні тактильні покриття та спеціальні сигнальні елементи у місцях зміни напрямку руху, перетину маршрутів і перед потенційно небезпечними зонами, ці рішення спрямовані на формування доступного, інклюзивного та безпечного середовища для людей з обмеженими можливостями.

Сформована система пішохідних комунікацій забезпечує зручний зв'язок по території ділянки, по периметру і забезпечити основні зв'язки з оточуючим середовищем. Дорожнє покриття тротуарів виконане із застосування керамічної плитки, що є екологічно чистим матеріалом.

Для відпочинку на території ділянки розміщується спортивний майданчик, майданчик для відпочинку, які розміщені із західного боку будівлі. Застосування елементів благоустрою, тротуарів, майданчиків відпочинку сприяє створення комфортного середовища на території наукового центру.

Комплексний благоустрій території наукового центру виконаний із застосування малих архітектурних форм, таких як лав для відпочинку, садових меблів, а також дерев і чагарників, які відповідають кліматичним умовам міста Харків. Для забезпечення безпечного і комфортного пересування по території ділянки у вечірній і нічний час передбачена система зовнішнього освітлення. Загальна площа території, що підлягає благоустрою, становить 18,5 га.

3.2 Концепція формування наукового центру

Науковий центр має площу 9024 м² і складається з двох об'єднаних частин: перша частина прямокутна, а друга частина напівкругла.

Будівля має три входи: головний вхід із західної сторони, і два другорядних входу, які використовуються як евакуаційні.

Науковий центр має три поверхи, які поєднуються між собою за допомогою ліфтів та ескалаторів, які розосереджені в різних частинах будівлі для забезпечення і шляхів евакуації, і комфортності пересування відвідувачів і працюючих.

На плані підземного поверху на відмітці -6.000 розміщують підземний паркінг площею 6000 м², має прямокутну форму і розрахований на 165 автомобілей.

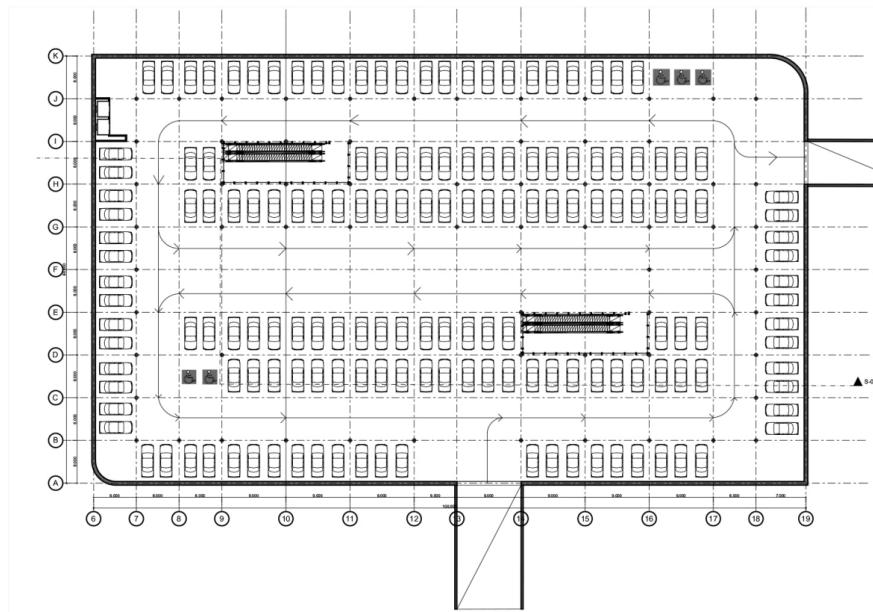


Рис. 31 – План підземного паркінгу на відм. -6.00

Для поліпшення процесу підйому і спуску до підземного паркінгу використовують ескалатори, які розміщуються в осях 9-10 і Н-І і 14-16.

В підземному паркінгу передбачені місця для людей з інвалідністю, що показано відповідним маркуванням, які розміщуються в межах осей С-Д та J-К.

Крім того, в осях І- J розміщуються приміщення охорони.

Поверхи наукового центру поділені на декілька основних зон: на другому і третьому поверхах розміщується науково-дослідна і виставкова частини, основне місце займають лабораторії. Крім того, лекційні зали сформовані за принципом модульності, що дозволяє трансформувати приміщення відповідно до цілей їх використання. Лабораторні блоки об'єднані з допоміжними приміщеннями, зонами колективної роботи, конференц-просторами та приміщеннями для аналізу й обробки результатів досліджень.

На плані першого поверху, на відмітці 0,00 розміщуються вхідна зона, вестибюль, атриум, санвузли, класні кімнати, лекційні зали, виставкова зона, адміністративний блок, ресепшен (приймальня), офіси для зустрічей, кабінети, галерея, кафе, кухня кафе, зали для переговорів, бар, кімната для зустрічей, адміністративний секретар, зона відпочинку, кімната відпочинку, дитяча зона.

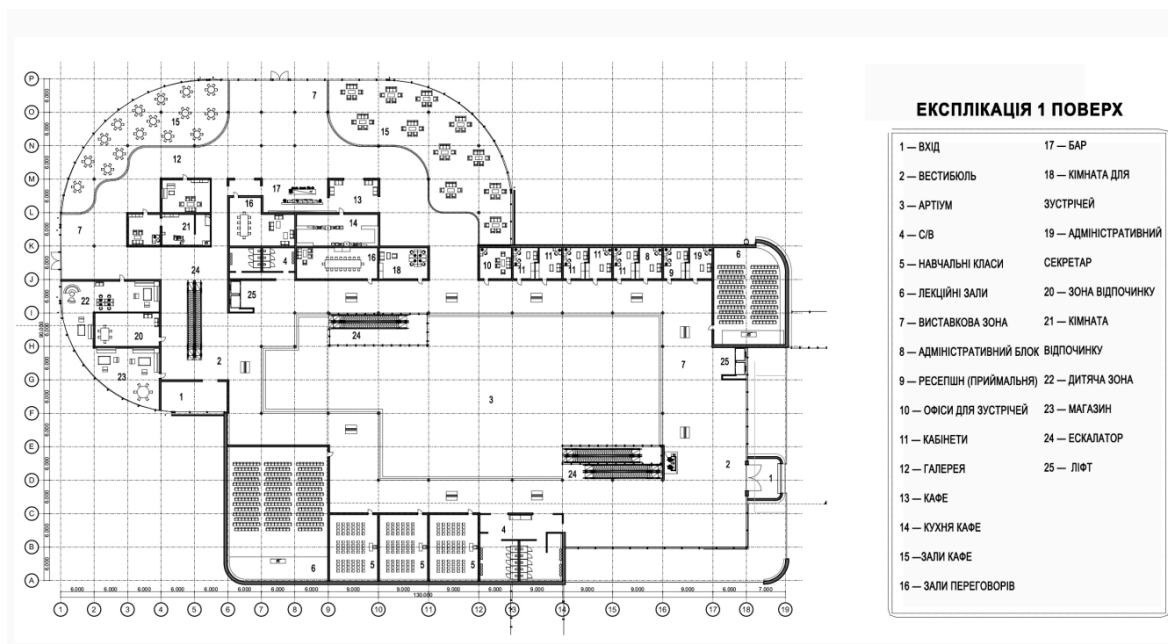


Рис. 32 – План першого поверху на від. 0.00

На планах другого і третього поверхів розміщуються навчальні класи, лекційні зали, виставкова зона (зона відпочинку), атриум, санвузли, комп'ютерні лабораторії, вільний простір для роботи і навчання, лабораторно-дослідницькі класи, зал для обговорення проєктів, кабінети, зона відпочинку, інвентарна, приміщення персоналу, тераси.

Висота поверху становить 6 м, кожен з поверхів має площу 9024 м².

Другий і третій поверхи мають вільні простори, що полегшує процес демонстрації проєктів, особливо великогабаритних.

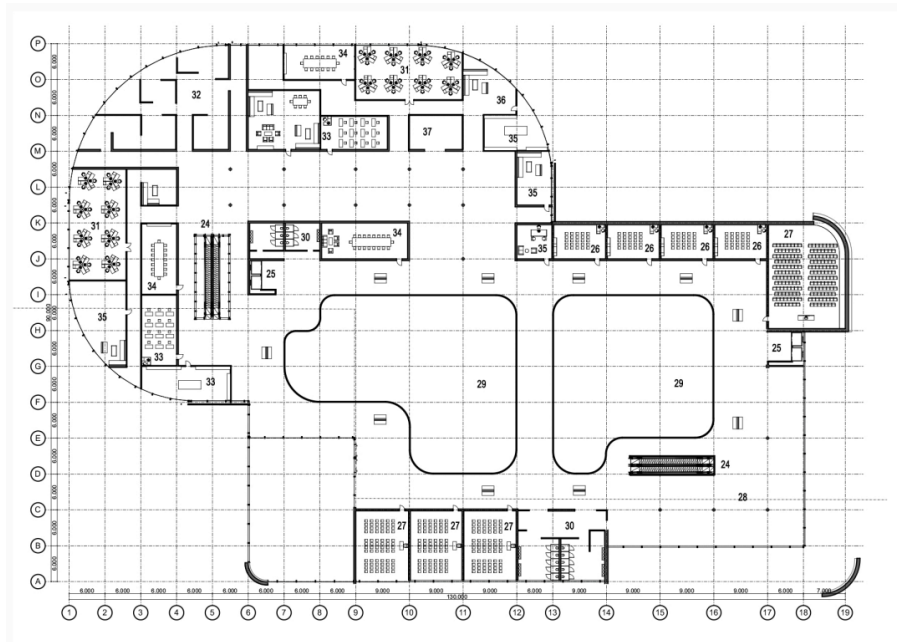


Рис. 33 – План другого і третього поверхів

Вздовж фасадів будівлі передбачено розміщення навчальних класів, просторів для індивідуальної роботи, зон відпочинку та комунікаційних просторів, що забезпечує максимальне використання природного освітлення, створює комфортні умови праці та сприяє формуванню відкритого робочого середовища.

У планувальній структурі можна окремо виділити є систему вертикальних і горизонтальних комунікацій, що обумовлює розмежування основних потоків відвідувачів і технічних маршрутів працівників, що забезпечує безпечне функціонування лабораторій, ефективну логістику та можливість технічного обслуговування без порушення наукових процесів.

У науковому центрі запроєктовані рекреаційні простори, які сприяють проведенню публічних заходів і формуванню відкритого наукового середовища.

Вертикальні комунікації наукового сформовані як цілісна система переміщення між поверхами, що забезпечує зручність користування будівлею, ефективну організацію потоків людей та дотримання сучасних вимог безпеки.

Планувальне рішення передбачає раціональне розташування основних вузлів вертикального сполучення з урахуванням функціонального зонування та інтенсивності використання окремих частин будівлі.

Основними елементами вертикальних комунікацій є пасажирські ліфти та ескалатори, які забезпечують швидкий і безпечний доступ до всіх рівнів центру. Ліфти запроєктовані відповідно до принципів інклюзивності та забезпечують комфортне користування будівлею для маломобільних груп населення. Ескалатори виконують не лише комунікаційну, а й евакуаційну функцію, забезпечуючи нормативні умови пожежної безпеки та організовану евакуацію людей у разі надзвичайних ситуацій.

Проект наукового центру виконано з урахуванням сучасних вимог інклюзивності та доступності середовища для осіб з інвалідністю. Планувальні та конструктивні рішення відповідають чинним нормативам України, зокрема ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» і базуються на принципах універсального дизайну, що забезпечують рівні умови користування будівлею для усіх як відвідувачів, так і працюючих незалежно від їх фізичних можливостей.

До будівлі виконаний безбар'єрний доступ із застосуванням пандусів нормативного ухилу та достатньої ширини для комфортного пересування людей на кріслах колісних. Конструкція пандусів передбачає встановлення поручнів з обох боків для додаткової безпеки та підтримки і використання тактильних елементів навігації, що допомагають орієнтуванню осіб із порушеннями зору. Поверхня пандусів виконується з матеріалів із протиковзкими властивостями, що знижує ризик травмування та забезпечує безпечну експлуатацію в різних погодних умовах.

Вхідні групи будівлі забезпечені автоматичними розсувними дверима або дверима з мінімальним порогом, що забезпечують безперешкодний прохід для користувачів інвалідних візків та інших відвідувачів. Ширина дверних прорізів відповідає нормативним вимогам і становить не менше 900 мм, що гарантує зручність та безпечне користування. Внутрішній простір вхідної

групи та фойє організовано з урахуванням необхідності вільного маневрування. Передбачено достатні зони розвороту, відсутність фізичних перешкод та логічну систему просторової орієнтації.

Прийняті архітектурно-планувальні рішення забезпечують безперешкодний доступ до всіх функціональних зон наукового центру.

3.3 Архітектурно-планувальне рішення наукового центру

Будівля розташована в мальовничому районі Харкова, враховуючи її географічне розташування, тому архітектурно-композиційне рішення наукового центру спрямоване на формування виразного, але водночас збалансованого об'єкта, який органічно вписується в існуюче міське середовище з її різноманітною за часом і стилістикою забудовою. Проектована територія оточена будівлями різних періодів, що формує складний візуальний контекст і потребує делікатного підходу до інтеграції нового об'єкта в навколишнє середовище.

У зв'язку з цим композиційне рішення враховує масштабність існуючої забудови, характер силуету, щільність міського фронту та основні візуальні осі сприйняття. Новий об'єкт розглядається як елемент, що не конфліктує з оточенням, а доповнює його, формуючи сучасний архітектурний акцент у структурі району (рис. 34).

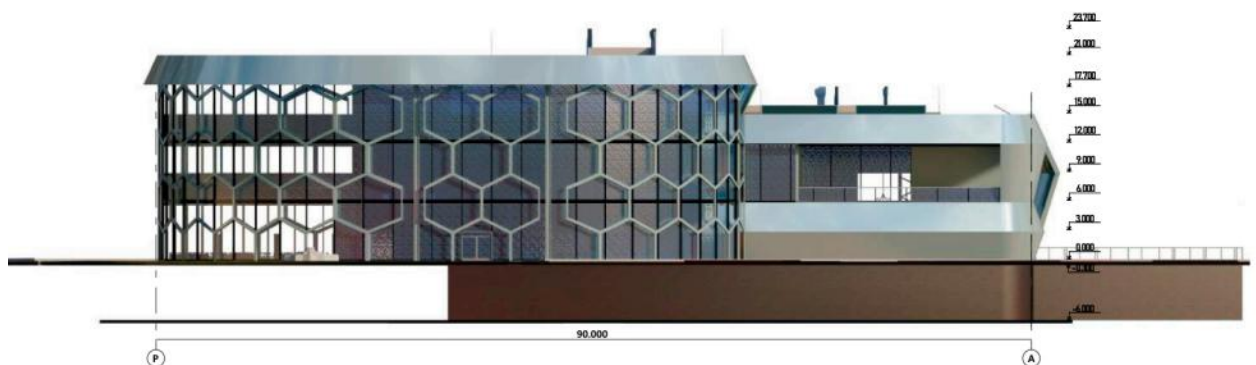


Рис. 34 – Фасад в осях Р-А

Зовнішній фасад будівлі виконаний зі скла, що забезпечує гарне освітлення природне освітлення, крім того, запроєктована скляна стеля, яка розташована в окремих зонах даху, що забезпечує гарний вид будівлі (рис. 35).

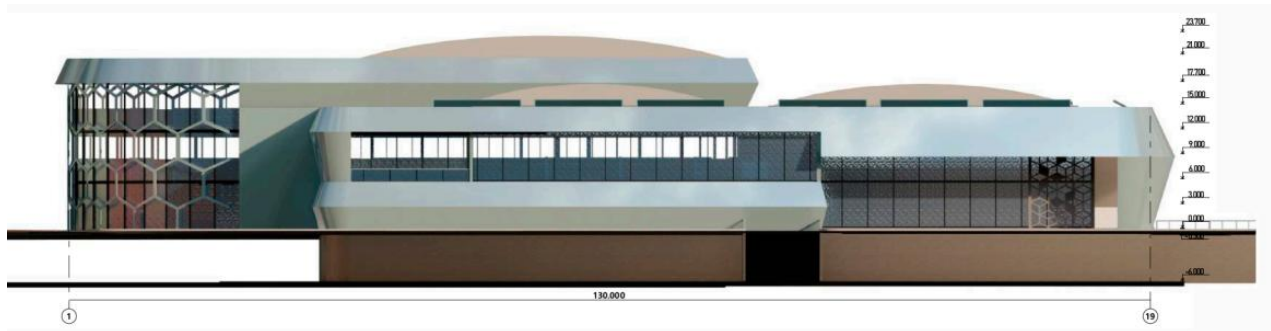


Рис. 35 – Фасад в осях 1-19

Таким чином, архітектурно-композиційне рішення об'єкта забезпечує врахування характеру навколишньої забудови та водночас сприяє формуванню оновленого, більш виразного міського середовища. Проект поєднує сучасні просторові та стилістичні підходи з урахуванням оточуючого історичного середовища, забезпечуючи гармонійне поєднання нової будівлі у структуру міста з навколишніми.

Проектована будівля наукового центру має каркасну конструктивну схему, яка представлена сіткою залізобетонних колон перерізом 500×500 мм, що формує вільне планування не маючи жорсткої прив'язки до несучих стін, що формує гнучкість використання простору і можливість трансформації другого і третього поверхів.

Зовнішні стіни в осях К і 13-19 мають багатошарову конструкцію, яка складається з шлакобетону з подальшим утеплення мінераловатними плитами товщиною 100 мм, що відповідає теплотехнічному розрахунку для м. Харкова, в інших осях – вітражне скло. Внутрішні перегородки виконані з цегли товщиною 120 и 250 мм, що обумовлює зменшення навантаження на монолітне перекриття.

Підземний паркінг має різну сітку колон: в осях 6-9 та 17-19 6×6 м, в осях 9-17 6×9 м, що дає змогу ефективно впорядкувати паркувальні місця та організувати безпечну систему руху транспортних засобів.

Перекриття у будівлі монолітна залізобетонна плита, що надає будівлі жорсткість та дозволяє використовувати підземний парків як споруду подвійного призначення, що обумовлено місцерозташування ділянки у прифронтіву місті. Під час оголошення повітряної тривоги працівники і відвідувачі можуть спуститися у підземний парків та дозволить їм зберегти свої життя.

Загальні висновки

1. Розвиток наукових центрів пройшов шлях від окремих ізольованих наукових установ до складних багатофункціональних міждисциплінарних комплексів, тісно інтегрованих у структуру міського середовища.

2. Сучасні наукові центри орієнтуються на відкритість, комунікацію та активну взаємодію між різними галузями знань.

3. Принципи сталого розвитку, використання інноваційних технологій та формування комфортного, ергономічного середовища для наукової роботи, навчання і співпраці є основою для проектування і формування наукових центрів.

4. Формування наукових центрів спирається деякі чинники, а саме містобудівні, екологічні, соціальні, технологічні.

5. Сучасні наукові центри характеризуються низкою типологічних ознак, зокрема багатофункціональністю, модульною структурою, високим рівнем просторової гнучкості та орієнтацією на міждисциплінарну взаємодію.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

4.1.Конструктивні особливості проєктування та зведення наукових центрів

Наукові центри належать до категорії складних громадських та спеціалізованих будівель, у яких конструктивні рішення повинні забезпечувати не лише міцність і стійкість споруди, але й високий рівень функціональної адаптивності, енергоефективності, технологічності та можливість інтеграції складного інженерного обладнання. Особливості проєктування таких об'єктів визначаються специфікою науково-дослідної діяльності, необхідністю створення контрольованого внутрішнього середовища та підвищеними вимогами до безпеки й надійності конструкцій.

Однією з головних особливостей наукових центрів є висока насиченість інженерними системами.

Конструктивні рішення повинні враховувати:

- великі вентиляційні камери;
- системи кондиціонування;
- лабораторні витяжки;
- технологічні шахти;
- кабельні траси;
- серверні приміщення;
- системи безперебійного живлення.

Для цього у конструкціях передбачаються:

- технічні поверхи;
- міжстельові простори;
- спеціальні отвори та закладні елементи;
- підсилені технічні зони.

Для дослідницьких лабораторій та центрів із високоточним обладнанням критично важливими є:

- мінімальні коливання;

стабільність геометрії конструкцій;

відсутність резонансних явищ.

Тому: збільшують жорсткість перекриттів; зменшують крок колон; використовують деморфуючі елементи; виконують динамічний розрахунок конструкцій.

Наукові центри належать до об'єктів із підвищеними вимогами безпеки, тому конструкції повинні забезпечувати: необхідний клас вогнестійкості; евакуаційну безпеку; локалізацію пожежі; захист технологічного обладнання.

Проектування конструкцій наукових центрів виконується відповідно до:

ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди»;

ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»;

ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції»;

ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції»;

ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;

Eurocode 2, Eurocode 3, Eurocode 8;

ISO 14644 — для чистих приміщень і лабораторій.

4.2 Конструктивна схема будівлі

Конструктивна схема будівлі прийнята каркасного типу із використанням монолітного залізобетонного несучого каркаса, що забезпечує просторову жорсткість, стійкість та можливість формування великих відкритих внутрішніх просторів.

Будівля має складну багаторівневу об'ємно - планувальну структуру із поєднанням громадських, рекреаційних та технічних приміщень. Просторова композиція об'єкта формується декількома функціональними блоками різної висоти, які об'єднані в єдиний архітектурний комплекс.

Несучою основою будівлі є система монолітних залізобетонних колон, ригелів та плит перекриття, що утворюють жорсткий просторовий каркас. Каркасна схема дозволяє рівномірно передавати вертикальні та горизонтальні

навантаження на фундаментну систему та забезпечує високу адаптивність внутрішнього планування.

Основними вертикальними несучими елементами є монолітні залізобетонні колони прямокутного перерізу. Колони розташовуються за координатною сіткою будівлі та сприймають навантаження від перекриттів, покриття, фасадних конструкцій, інженерного обладнання та тимчасових експлуатаційних навантажень. Для нижніх поверхів та зон із підвищеним навантаженням передбачаються колони збільшеного перерізу. Матеріал колон - важкий бетон класу C25/30 із армуванням стрижневою арматурою класу A500C.

Горизонтальні несучі конструкції представлені монолітними залізобетонними плитами перекриття, які працюють спільно з ригелями та колонами каркаса. Перекриття забезпечують передачу навантажень між елементами каркаса та формують жорсткі горизонтальні диски, що сприймають горизонтальні вітрові та можливі сейсмічні впливи. Товщина плит визначається розрахунком залежно від величини прольотів та експлуатаційних навантажень.

Для забезпечення просторової жорсткості будівлі передбачені вертикальні елементи жорсткості - монолітні залізобетонні діафрагми та ядра жорсткості, в яких розташовуються сходово-ліфтові вузли, інженерні шахти та комунікації. Ядра жорсткості сприймають основну частину горизонтальних навантажень і забезпечують стабільність конструктивної системи при вітрових впливах.

Будівля має декілька рівнів надземної частини та підземний рівень, у якому розміщується паркінг. Підземна частина виконується із монолітного залізобетону та працює як жорстка коробчаста система. Стіни підземного паркінгу одночасно виконують функцію підпірних конструкцій, що сприймають тиск ґрунту та гідростатичний тиск підземних вод.

Фундаментна система приймається у вигляді монолітної залізобетонної фундаментної плити. Фундаменти забезпечують рівномірну передачу навантажень на основу та мінімізацію нерівномірних осідань будівлі.

Особливістю конструктивної схеми є наявність великих консольних виносів покриття та значних застелених площ фасадів. Для забезпечення надійності консольних ділянок використовуються підсилені монолітні ригелі та балки із підвищеним армуванням. Конструкції покриття виконуються у вигляді комбінованої системи із монолітних елементів та металевих ферм або аркових конструкцій у зонах великих прольотів. Над окремими об'ємами передбачено криволінійне покриття, що формує виразний архітектурний силует будівлі.

Сходові клітини виконуються із монолітного залізобетону та інтегруються у загальну систему жорсткості будівлі. Для забезпечення вертикальних комунікацій між поверхами також передбачені ескалатори та пасажирські ліфти.

Зовнішні огорожувальні конструкції представлені навісними фасадними системами та світлопрозорими конструкціями. Основне навантаження від фасадів передається на елементи каркаса через систему кронштейнів та закладних деталей.

Конструктивна схема будівлі забезпечує: просторову стійкість і жорсткість; ефективне сприйняття вертикальних та горизонтальних навантажень; можливість перекриття великих прольотів; гнучкість внутрішнього планування; енергоефективність та довговічність; архітектурну виразність об'єкта.

4.3 Фасадна система

Фасад будівлі виконаний у сучасній архітектурній стилістиці з активним використанням суцільного скління, складної геометрії та комбінування глухих і прозорих огорожувальних конструкцій. Архітектурна композиція фасаду

формує виразний динамічний образ громадської будівлі та підкреслює її сучасне функціональне призначення.

Основу фасадної системи становить навісний вентиляований фасад у поєднанні зі світлопрозорими алюмінієвими конструкціями. Значна частина зовнішніх стін виконана у вигляді панорамного скління з використанням стійко-ригельної системи. Скляні поверхні забезпечують високий рівень природного освітлення внутрішніх приміщень, візуальну відкритість будівлі та сучасний архітектурний вигляд. Для скління доцільно застосовувати енергоефективні двокамерні склопакети із загартованого або триплексного скла з мультифункціональним покриттям, що дозволяє знизити тепловтрати та перегрів приміщень у літній період.

Характерною особливістю фасаду є декоративна зовнішня просторово-геометрична оболонка у вигляді шестигранних елементів («hexagon facade system»), яка формує додатковий архітектурний шар перед основним склінням. Дана система виконує одночасно декоративну, сонцезахисну та композиційну функції. Металеві фасадні елементи виготовляються з алюмінієвих та сталевих профілів із порошковим фарбуванням та антикорозійним захистом. Наявність зовнішньої фасадної решітки дозволяє зменшити пряме сонячне опромінення, покращити енергоефективність будівлі та створити виразний сучасний архітектурний стиль.

Горизонтальні об'єми фасаду підкреслені масивними виступаючими карнизами та консольними елементами покриття. Таке рішення створює ефект «плаваючих» поверхів та надає будівлі динамічності. Консольні навіси додатково виконують функцію захисту фасадного скління від атмосферних опадів та надмірної інсоляції.

Глухі ділянки фасаду передбачається виконувати із сендвіч-панелей, композитних алюмінієвих касет та навісних вентиляованих фасадів із утепленням мінераловатними плитами. Теплоізоляційний шар повинен відповідати вимогам енергоефективності згідно з чинними нормами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель». Для забезпечення довговічності

фасадної системи застосовується вентиляований повітряний прошарок, який запобігає накопиченню вологи в огорожувальних конструкціях.

Колористичне рішення фасаду побудоване на поєднанні світлих металевих поверхонь, темного тонованого скла та акцентних декоративних елементів. Таке поєднання створює контрастність композиції та підсилює сучасний високотехнологічний характер будівлі.

Фасадна система проектується з урахуванням вимог:

ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»;

ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією»;

ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

Архітектурне рішення фасаду забезпечує: сучасний естетичний вигляд будівлі; високий рівень природного освітлення; енергоефективність; захист від перегріву; довговічність та корозійну стійкість конструкцій; підвищений комфорт внутрішнього середовища; формування впізнаваного архітектурного образу об'єкта.

4.3.1 Теплотехнічний розрахунок енергоефективності фасаду

для м. Харкова.

Місто будівництва - Харків, який належить до I температурної зони України. Для цієї зони за ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустимий опір теплопередачі становить:

для зовнішніх стін - $R_{q \min} = 4,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$,

для світлопрозорих огорожувальних конструкцій - $R_{q \min} = 0,90 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Для попереднього розрахунку приймаємо:

Елемент фасаду	Частка площі	Прийнятий опір теплопередачі
Світлопрозорий фасад, склопакети	60 %	$R = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Утеплені глухі ділянки фасаду	40 %	$R = 4,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

Прийняте скління відповідає вимогам ДБН, оскільки $0,95 > 0,90 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.
Утеплена частина фасаду також відповідає нормі, оскільки $4,35 > 4,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою: $U = \frac{1}{R}$

Для скління: $U = \frac{1}{0,95} = 1,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Для глухої утепленої частини фасаду:

$$U = \frac{1}{4,35} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Середньозважений коефіцієнт теплопередачі фасаду:

$$U = 0,60 \times 1,05 + 0,40 \times 0,23 = 0,722 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Відповідний приведений опір фасаду:

$$R = \frac{1}{0,722} = 1,38 (\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт})$$

Отже, через велику площу скління загальний середній опір фасадної площини є значно нижчим, ніж у глухої стіни, але окремі елементи фасаду відповідають нормативним вимогам.

Фасад можна вважати умовно енергоефективним, якщо застосувати:
двокамерні енергоефективні склопакети з низькоемісійним покриттям;
терморозрив у алюмінієвих профілях;
мінераловатне утеплення глухих ділянок товщиною не менше 150–180 мм;

герметичні вузли примикання скла, стійок, ригелів і плит перекриття;
зовнішню декоративну решітку як сонцезахисний екран.

Наявність декоративної шестигранної фасадної оболонки є позитивним рішенням, оскільки вона частково зменшує перегрів приміщень у літній період і знижує навантаження на кондиціонування.

Для умов м. Харкова фасад із великою площею скління потребує обов'язкового застосування енергоефективних склопакетів із опором теплопередачі не менше $0,90 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. За прийнятої конструкції середній

коефіцієнт теплопередачі фасаду становить приблизно $0,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а орієнтовні сезонні тепловтрати - близько $65 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ фасаду. Для підвищення енергоефективності доцільно збільшити теплозахист скління до $R = 1,10\text{--}1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що дозволить зменшити тепловтрати фасаду приблизно на 15–20 %.

4.4 Конструкція скляного покриття атриуму

Конструкція скляного покриття атриуму являє собою просторову світлопрозору систему, призначену для перекриття внутрішнього багатосвітлового простору будівлі та забезпечення максимального природного освітлення внутрішніх приміщень. Таке покриття поєднує архітектурну виразність, високу несучу здатність, енергоефективність та стійкість до кліматичних впливів. Скляні покриття атриумів є одним із ключових елементів формування внутрішнього простору будівлі.

Несучою основою скляного покриття є металева просторово-стрижнева система, виконана із сталевих ферм та балок. Основні несучі елементи виготовляються зі сталевих трубчастих профілів із антикорозійним та вогнезахисним захистом.

Світлопрозора частина покриття формується із енергоефективних склопакетів, закріплених у системі алюмінієвих профілів із терморозривом. Для атриумних покриттів застосовуються загартовані або багат шарові триплекс-склопакети підвищеної міцності, які забезпечують безпечну експлуатацію конструкції. Зовнішнє скло виконується загартованим для підвищення ударостійкості та стійкості до температурних перепадів, а внутрішнє - ламінованим, що запобігає осипанню уламків у випадку пошкодження.

Конструкція покриття включає: несучі металеві ферми або балки; систему алюмінієвих стояків та ригелів; склопакети; герметизуючі ущільнювачі; дренажну систему для відведення конденсату та атмосферної вологи; сонцезахисні елементи або автоматичні системи затінення.



Рис. 35 – Конструкція покриття

Для забезпечення енергоефективності застосовуються двокамерні склопакети із Low-E покриттям та заповненням інертним газом. Такі рішення дозволяють знизити тепловтрати взимку та обмежити перегрів приміщень у літній період. У південних або сильно інсоляційних фасадах додатково передбачаються сонцезахисні ламелі, тоноване скло або автоматизовані жалюзі.

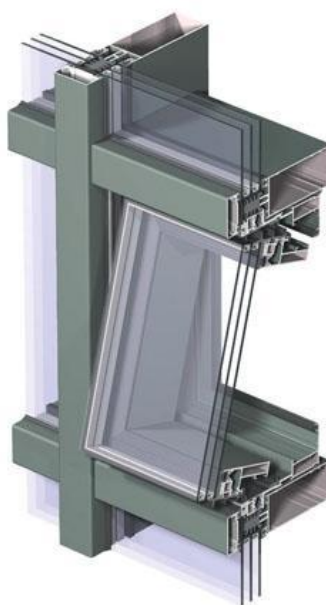


Рис. 36 – Конструкція склопакету

Особлива увага при проектуванні скляного покриття атриуму приділяється: сприйняттю снігових та вітрових навантажень; температурним деформаціям металу та скла; герметичності вузлів; відведенню дощових вод; запобіганню утворенню конденсату; пожежній безпеці; можливості технічного обслуговування та очищення скла.

Таке конструктивне рішення забезпечує високий рівень природного освітлення внутрішніх просторів, формує сучасний архітектурний образ будівлі та створює комфортне середовище для відвідувачів.

4.5 Конструкції підземного паркінгу

Підземний паркінг запроєктований як монолітна залізобетонна просторово-жорстка конструкція, інтегрована в загальну несучу систему будівлі. Конструктивне рішення паркінгу забезпечує сприйняття значних вертикальних та горизонтальних навантажень, довговічність експлуатації, стійкість до впливу ґрунтового середовища та безпечне функціонування транспортної інфраструктури будівлі. Планувальна схема паркінгу передбачає організацію двостороннього руху автомобілів, рядів паркомісць та внутрішніх транспортних проїздів.

Основною несучою системою підземного паркінгу є монолітний залізобетонний каркас, який складається з: колон; фундаментної плити; монолітних плит перекриття; підпірних стін; ригелів; діафрагм жорсткості.

Конструктивна схема прийнята каркасно-стіноюю, що забезпечує високу просторову жорсткість підземної частини та ефективне сприйняття тиску ґрунту і транспортних навантажень.

Фундаменти підземного паркінгу виконуються у вигляді монолітної залізобетонної фундаментної плити значної товщини, яка працює як жорстка просторова платформа.

Для конструкцій фундаменту застосовується бетон класу C30/37 із підвищеною водонепроникністю W6–W10 та морозостійкістю F150–F200.

Вертикальними несучими елементами є монолітні залізобетонні колони прямокутного перерізу. Колони розташовуються за координатною сіткою будівлі та формують систему паркувальних модулів. Крок колон приймається таким чином, щоб забезпечити раціональне розміщення автомобілів і мінімізувати кількість перешкод у зоні руху транспорту.

Для захисту колон від механічних пошкоджень транспортом передбачаються захисні відбійники або металеві обмежувачі.

Перекриття підземного паркінгу виконуються із монолітних залізобетонних плит, які працюють спільно з ригелями та колонами каркаса. Плити перекриття розраховуються на:

- транспортне навантаження;
- вагу інженерного обладнання;
- динамічні впливи від руху автомобілів;
- навантаження від верхньої частини будівлі.

Верхнє перекриття паркінгу одночасно виконує функцію основи для надземної частини будівлі та передає навантаження від усіх поверхів на систему колон і фундаментів.

Зовнішні стіни підземного паркінгу виконуються із монолітного залізобетону та працюють як підпірні конструкції, що сприймають: активний тиск ґрунту; гідростатичний тиск підземних вод; навантаження від прилеглої території.

Товщина стін визначається розрахунком залежно від глибини заглиблення та інженерно-геологічних умов майданчика будівництва.

Для забезпечення довговічності конструкцій передбачається: зовнішня гідроізоляція; захисна профільована мембрана; дренажна система; бетон із підвищеною водонепроникністю.

В'їзд та виїзд до паркінгу здійснюється через монолітні залізобетонні рампи із нормативним позовжнім ухилом. Конструкція рамп розраховується на інтенсивне транспортне навантаження та динамічні впливи. Поверхня рамп виконується із шорстким протиковзким покриттям.

Планувальна структура паркінгу забезпечує: безпечний двосторонній рух; нормативні радіуси поворотів; достатню ширину проїздів; зручне маневрування автомобілів; ефективне використання площі паркінгу.

Для забезпечення просторової жорсткості підземної частини використовуються: ядра жорсткості; діафрагми; жорсткі вузли з'єднання колон і перекриттів.

Сходово-ліфтові вузли, розташовані у межах паркінгу, додатково працюють як елементи просторової стабілізації будівлі.

У підземному паркінгу передбачаються: система припливно-витяжної вентиляції; система димовидалення; автоматичне пожежогасіння; внутрішній пожежний водопровід; аварійне освітлення; система контролю загазованості СО; евакуаційні виходи.

Несучі конструкції паркінгу повинні забезпечувати нормативний клас вогнестійкості відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016.

Конструкції паркінгу проєктуються відповідно до ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів».

Висновки до розділу

У розрахунково-конструктивному розділі було розроблено та обґрунтовано конструктивну схему будівлі наукового центру з підземним паркінгом, виконано аналіз основних несучих елементів та прийнято конструктивні рішення, що забезпечують надійність, просторову жорсткість, довговічність і енергоефективність споруди.

У результаті аналізу функціонального призначення об'єкта та його об'ємно-планувальної структури встановлено доцільність застосування монолітного залізобетонного каркаса як основної несучої системи будівлі. Прийнята конструктивна схема дозволяє забезпечити великі відкриті внутрішні простори, необхідні для організації лабораторних, дослідницьких, громадських та рекреаційних зон, а також створює можливість подальшої

адаптації внутрішнього планування відповідно до змін функціонального призначення приміщень.

Запропоновані конструктивні рішення є технічно обґрунтованими, економічно доцільними та можуть бути рекомендовані для реалізації при будівництві сучасних багатофункціональних наукових центрів із підземним паркінгом.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Завдання охорони праці на об'єкті проєктування

Завдання охорони праці на об'єкті проєктування наукового центру полягає у створенні безпечного, комфортного та функціонально організованого середовища для наукової, дослідницької та адміністративної діяльності. На етапі архітектурного формування об'єкта ці завдання мають інтегруватися у загальну концепцію будівлі, забезпечуючи гармонійне поєднання ергономіки, технічної безпеки та відповідності нормативним вимогам. Особливу увагу слід приділяти врахуванню специфіки наукових процесів, які можуть включати роботу з обладнанням, лабораторними установками, електронною технікою та потенційно небезпечними речовинами [39].

Одним із ключових завдань є забезпечення безпечних умов праці для всіх категорій персоналу шляхом раціонального планування внутрішнього простору, зонування функціональних приміщень та мінімізації впливу шкідливих виробничих факторів. Це передбачає оптимізацію мікроклімату, природного і штучного освітлення, рівня шуму, вібрацій та електромагнітного випромінювання. Архітектурні рішення повинні сприяти зниженню ризиків травматизму та професійних захворювань, зокрема через правильне розміщення обладнання, організацію безпечних шляхів пересування та забезпечення доступності евакуаційних виходів.

Важливим завданням охорони праці є також впровадження інженерно-технічних засобів захисту, що відповідають сучасним вимогам безпеки. До них належать системи вентиляції та кондиціонування повітря, протипожежного захисту, автоматичного контролю небезпечних параметрів середовища, а також системи сигналізації та оповіщення. У контексті проєктування наукових центрів необхідно передбачати адаптивність будівлі до змін функціонального призначення приміщень та модернізації обладнання без зниження рівня безпеки [40].

Крім технічних аспектів, завдання охорони праці включають організаційні заходи, спрямовані на формування культури безпеки серед працівників. Це передбачає створення умов для проведення інструктажів, навчання персоналу правилам безпечної роботи, а також забезпечення інформаційної доступності щодо потенційних ризиків. У результаті реалізації цих завдань формується цілісна система охорони праці, яка забезпечує ефективне функціонування наукового центру та збереження здоров'я його працівників.

5.2 Аналіз умов праці на об'єкті проєктування

Аналіз умов праці на об'єкті проєктування наукового центру передбачає комплексну оцінку факторів виробничого середовища та трудового процесу, які можуть впливати на здоров'я, працездатність і безпеку персоналу. З огляду на специфіку діяльності наукових установ, умови праці формуються під впливом як загальних факторів, характерних для адміністративно-офісних приміщень, так і спеціалізованих – пов'язаних із лабораторними дослідженнями, використанням складного обладнання та інформаційних технологій.

У приміщеннях наукового центру важливу роль відіграють параметри мікроклімату, зокрема температура, вологість і швидкість руху повітря. Недотримання нормативних значень цих показників може призводити до зниження концентрації уваги, перевтоми та погіршення загального самопочуття працівників. Особливо це актуально для лабораторій, де додатково можуть виділятися тепло та шкідливі речовини внаслідок роботи обладнання або проведення експериментів.

Освітлення є ще одним важливим фактором, що визначає якість умов праці. У наукових центрах значна частина роботи пов'язана з обробкою інформації, проведенням точних вимірювань і роботою за комп'ютером, що потребує достатнього рівня природного та штучного освітлення. Невідповідність освітленості нормативам може спричинити зорову втому,

головний біль і зниження продуктивності праці. Архітектурні рішення мають забезпечувати раціональне використання денного світла та рівномірний розподіл штучного освітлення.

До суттєвих факторів належать також шум і вібрація, які можуть виникати внаслідок роботи інженерного обладнання, вентиляційних систем або лабораторних установок. Підвищений рівень шуму негативно впливає на нервову систему людини, знижує ефективність розумової діяльності та може спричиняти хронічну втоми. Тому при проєктуванні важливо передбачати акустичну ізоляцію, раціональне зонування приміщень та використання шумопоглинальних матеріалів.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці та впливу електромагнітних полів, оскільки сучасні наукові центри оснащені великою кількістю електронного обладнання. Неправильна експлуатація або несправність техніки може становити загрозу ураження електричним струмом або пожежної небезпеки. Крім того, у лабораторних приміщеннях можливий вплив хімічних факторів, що потребує організації ефективної вентиляції та застосування засобів індивідуального захисту.

Тривала робота з комп'ютерною технікою, яка є невід'ємною складовою наукової діяльності, суттєво впливає на стан зорового аналізатора працівників. Постійна концентрація погляду на екрані монітора призводить до перенапруження очних м'язів, зниження частоти моргання та пересихання слизової оболонки ока. У результаті цього можуть виникати такі явища, як синдром «сухого ока», затуманення зору, підвищена чутливість до світла та головний біль. Особливо небезпечним є недотримання оптимальної відстані до екрана, неправильне освітлення або надмірна яскравість дисплея, що посилює негативний вплив на зір.

Крім того, значне навантаження припадає на опорно-рухову систему, оскільки наукова робота часто передбачає тривале перебування у статичному сидячому положенні. Неправильна організація робочого місця, зокрема невідповідність висоти столу і крісла, відсутність підтримки для спини або

неправильне розташування клавіатури та монітора, може призводити до розвитку порушень постави, болю в шийно-грудному відділі хребта та попереку. Тривале статичне навантаження також спричиняє погіршення кровообігу, що може викликати відчуття оніміння в кінцівках і загальну втому.

Важливим аспектом є також вплив монотонної роботи за комп'ютером на м'язи кистей і передпліччя. Часте використання клавіатури та миші може викликати перенапруження сухожиль і суглобів, що з часом здатне призвести до розвитку професійних захворювань, таких як тунельний синдром зап'ястя. Це особливо актуально для науковців, які займаються обробкою великих обсягів даних, програмуванням або написанням наукових текстів.

Тривала робота з комп'ютером є важливим фактором ризику, що впливає як на зорову систему, так і на опорно-руховий апарат працівників наукового центру. Це зумовлює необхідність врахування ергономічних вимог при проєктуванні робочих місць, а також організації режиму праці та відпочинку з метою збереження здоров'я персоналу та підтримання високого рівня їхньої працездатності.

Таким чином, аналіз умов праці на об'єкті проєктування дозволяє виявити потенційно небезпечні та шкідливі фактори, оцінити їхній вплив на персонал і сформулювати основу для розробки ефективних заходів щодо їх мінімізації. Це є необхідним етапом забезпечення безпечного та комфортного функціонування наукового центру.

5.3 Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проєктування

Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проєктування наукового центру є комплексним завданням, що поєднує архітектурно-планувальні рішення, інженерно-технічні заходи та організаційні підходи до забезпечення безпеки персоналу. В основі цього процесу лежить принцип пріоритету збереження життя і здоров'я працівників, який реалізується через

створення такого виробничого середовища, що мінімізує або повністю усуває вплив небезпечних і шкідливих факторів [39].

Важливу роль відіграє раціональне функціональне зонування приміщень наукового центру. Лабораторні, адміністративні, технічні та допоміжні приміщення повинні бути організовані таким чином, щоб виключити перехресний вплив небезпечних факторів і забезпечити логічні та безпечні маршрути пересування працівників. Архітектурні рішення мають передбачати достатню площу робочих місць, зручні проходи, а також безперешкодний доступ до евакуаційних виходів відповідно до вимог пожежної безпеки [40, 41].

Одним із ключових аспектів є забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, освітлення та якості повітря. Системи вентиляції та кондиціонування повинні гарантувати ефективне видалення шкідливих речовин, надлишкового тепла та вологи, особливо у лабораторних приміщеннях. Освітлення має відповідати характеру виконуваних робіт, забезпечуючи достатній рівень видимості без створення сліпучих ефектів або різких контрастів. Це сприяє зниженню втомлюваності працівників і підвищенню точності виконання наукових досліджень.

Не менш важливим є впровадження ергономічних рішень при організації робочих місць, особливо тих, що пов'язані з тривалою роботою за комп'ютером. Використання регульованих меблів, правильне розташування моніторів, клавіатури та інших пристроїв дозволяє зменшити навантаження на зорову систему та опорно-руховий апарат. Крім того, необхідно передбачати раціональні режими праці та відпочинку, що включають перерви для зниження статичного навантаження та профілактики перевтоми.

Значна увага приділяється електробезпеці та пожежній безпеці. Усі електротехнічні установки повинні відповідати вимогам нормативних документів, бути заземленими та захищеними від перевантажень і коротких замикань. Система пожежного захисту має включати автоматичну сигналізацію, засоби гасіння пожежі, а також ефективну систему оповіщення

та евакуації людей. При проєктуванні важливо враховувати використання негорючих або важкогорючих матеріалів у внутрішньому оздобленні.

Організаційні заходи також є невід'ємною складовою забезпечення безпечних умов праці. Вони включають проведення інструктажів з охорони праці, навчання персоналу безпечним методам роботи, регулярний контроль стану обладнання та умов праці. Формування культури безпеки серед працівників сприяє відповідальному ставленню до власного здоров'я та дотриманню встановлених правил.

Усі види трудової діяльності людини класифікуються за рівнем енерговитрат, що дозволяє оцінити фізичне навантаження на організм і встановити відповідні вимоги до умов праці. Згідно з санітарними нормами ДСН 3.3.6.042-99 [42], роботи поділяються на три основні категорії: легкі, середньої важкості та важкі. Такий поділ є важливим при проєктуванні робочих місць, оскільки дозволяє обґрунтовано визначити параметри мікроклімату, режим праці та відпочинку, а також ергономічні характеристики робочого середовища.

Діяльність, пов'язана з науковою роботою, зокрема виконання досліджень, аналіз інформації, робота з комп'ютерною технікою та підготовка наукових матеріалів, відноситься до першої категорії – легких фізичних робіт. Для цієї категорії характерні незначні фізичні навантаження та переважання розумової праці, що, однак, не виключає впливу інших несприятливих факторів, таких як нервово-емоційне напруження або тривале статичне положення тіла.

Легкі фізичні роботи, у свою чергу, поділяються на підкатегорії 1а та 1б залежно від характеру діяльності та рівня енерговитрат. До підкатегорії 1а належать роботи, що виконуються переважно у сидячому положенні та не потребують фізичних зусиль. Рівень енерговитрат при цьому не перевищує 120 ккал на годину (або до 139 Вт). Саме до цієї підкатегорії можна віднести більшість видів наукової діяльності, пов'язаних із роботою за комп'ютером, обробкою даних та аналітичною діяльністю [42].

Підкатегорія 1б охоплює роботи, що можуть виконуватися як сидячи, так і стоячи, а також передбачають періодичне переміщення у межах робочого простору. При цьому такі види діяльності не вимагають систематичного фізичного напруження або піднімання і перенесення важких вантажів. Рівень енерговитрат у цьому випадку становить 121–150 ккал на годину (140–174 Вт). До цієї підкатегорії можна віднести, наприклад, роботу в лабораторіях, де працівник періодично переміщується між обладнанням або виконує нескладні маніпуляції [42].

Віднесення наукової діяльності до категорії легких робіт дозволяє визначити оптимальні параметри виробничого середовища та забезпечити належні умови праці, що сприяють збереженню здоров'я працівників і підвищенню ефективності їхньої роботи.

Проведемо розрахунок параметрів мікроклімату відповідно до визначеної категорії робіт. Вихідні дані наведено в таблиці 7.1

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку параметрів мікроклімату

Сезон	Категорія	Барометричний тиск мм.рт.ст	Показання анемометра		Показання термометра психометра	
			v_1	v_2	сухого t_c C ⁰	вологого t_b C ⁰
теплий	легка 1б	750	2040	2160	23	21

Визначити швидкість переміщення повітря[4], V_m/c

$$v = \frac{v_2 - v_1}{T} \quad (5.1)$$

де v - швидкість переміщення повітря, поділок м/с

v_2 - кінцеве показання, поділок;

v_1 - початкове показання, поділок;

T – час замірювання, (буде дорівнювати 100 с).

$$v = \frac{v_2 - v_1}{T} = \frac{2160 - 2040}{100} = 1.2$$

Отримане значення 2.1 поділок/сек переводимо в м/сек – 0,65

$$\varphi = \frac{P_b - a(t_c - t_b) * B}{P_c} * 100 \quad (5.2)$$

де P_b – максимальна вологість повітря при температурі вологого термометра t_b г/м³ ;

P_c – максимальна вологість повітря при температурі сухого термометра t_c г/м³ ;

a – психрометричний коефіцієнт

B – барометричний тиск, мм рт. ст;

t_c – температура сухого термометра, 0С;

t_b – температура вологого термометра, 0С.

$$\varphi = \frac{18.650 - 0.00085(23 - 21) * 750}{21.068} * 100 = \frac{18.650 - 1.275}{21.068} * 100 = 82\%$$

Для встановленої категорії відповідно до розрахунку вологість повітря перевищують допустимі та оптимальні значення. Перевищення допустимих та оптимальних значень вологості повітря у приміщеннях наукового центру може негативно впливати як на самопочуття працівників, так і на роботу обладнання, тому нормалізація параметрів мікроклімату є необхідною умовою забезпечення безпечних і комфортних умов праці.

Основним напрямом вирішення цієї проблеми є впровадження ефективних інженерно-технічних рішень, спрямованих на регулювання вологості повітря. Насамперед доцільно передбачити модернізацію або оптимізацію системи вентиляції.

Використання припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням дозволяє забезпечити контрольований повітрообмін і видалення

надлишкової вологи з приміщень. Особливо ефективним є застосування систем з автоматичним регулюванням, які реагують на зміну параметрів повітря та підтримують їх у заданих межах.

Важливим заходом є встановлення систем кондиціонування повітря з функцією осушення. Такі системи дозволяють не лише підтримувати оптимальну температуру, а й знижувати рівень відносної вологості до нормативних значень. У приміщеннях із підвищеним вологовиділенням, наприклад лабораторіях, доцільно використовувати локальні осушувачі повітря, які забезпечують більш точне регулювання мікроклімату. Додатково слід звернути увагу на архітектурно-планувальні рішення, зокрема забезпечення належної теплоізоляції огорожувальних конструкцій, що запобігає утворенню конденсату на стінах і стелях.

Важливим є також усунення джерел надлишкової вологи, таких як витoki води, неякісна герметизація інженерних мереж або недостатня ізоляція трубопроводів. Організаційні заходи передбачають регулярний контроль параметрів мікроклімату за допомогою вимірювальних приладів, своєчасне технічне обслуговування вентиляційних і кондиціонерних систем, а також дотримання режимів провітрювання приміщень. У сукупності ці заходи дозволяють забезпечити стабілізацію вологості повітря, покращити умови праці та знизити ризики негативного впливу на здоров'я працівників [43, 44].

Таким чином, організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проєктування наукового центру базується на системному підході, що охоплює всі етапи – від архітектурного планування до експлуатації будівлі, що забезпечує створення ефективного, безпечного та сучасного середовища для наукової діяльності.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях на об'єкті проєктування наукового центру є важливою складовою загальної системи охорони праці та передбачає врахування можливих ризиків різного походження. Надзвичайні ситуації можуть мати природний, техногенний або соціально-політичний характер, і кожна з цих груп потребує відповідних архітектурних, інженерних та організаційних рішень для мінімізації їх наслідків і захисту персоналу [43].

До природних надзвичайних ситуацій належать явища, пов'язані з дією природних факторів, таких як сильні вітри, зливи, снігопади, підтоплення або інші кліматичні впливи. При проєктуванні наукового центру необхідно враховувати кліматичні особливості регіону, забезпечуючи стійкість будівлі до зовнішніх навантажень, ефективного водовідведення та захист від можливого проникнення вологи. Архітектурні рішення мають передбачати надійність конструкцій, герметичність огорожувальних елементів та можливість безпечної експлуатації будівлі за несприятливих погодних умов.

Техногенні надзвичайні ситуації пов'язані з аваріями на інженерних мережах, пожежами, вибухами або відмовою обладнання. У наукових центрах ризик таких ситуацій підвищується через використання складних технічних систем і, в окремих випадках, небезпечних речовин. З метою запобігання техногенним аваріям необхідно передбачати сучасні системи протипожежного захисту, автоматичного виявлення та гасіння пожеж, аварійного відключення електроенергії, а також системи контролю стану інженерних мереж. Важливим є забезпечення безпечних шляхів евакуації, які відповідають нормативним вимогам та дозволяють швидко і безперешкодно залишити будівлю у разі небезпеки [43, 44].

Соціально-політичні надзвичайні ситуації, які є особливо актуальними для прифронтових регіонів, включають загрози, пов'язані з військовими діями, терористичними актами або іншими проявами нестабільності. У цьому контексті особливе значення має передбачення захисних споруд або укриттів, які забезпечують безпеку персоналу під час повітряних тривог або інших

небезпечних подій. Проектні рішення мають включати організацію систем оповіщення, резервних джерел електропостачання, а також забезпечення автономного функціонування будівлі у разі порушення зовнішніх комунікацій [43, 44].

Крім технічних заходів, важливу роль відіграє організаційна підготовка персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях та включає розробку планів евакуації, проведення навчань і тренувань, інформування працівників про можливі ризики та порядок дій у разі їх виникнення. Наявність чітко визначених алгоритмів поведінки дозволяє знизити рівень паніки та забезпечити ефективну координацію дій у критичних умовах.

Таким чином, безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єкті проектування наукового центру забезпечується завдяки комплексному підходу, що поєднує врахування різних видів загроз, впровадження сучасних технічних рішень і належну підготовку персоналу. Це сприяє підвищенню стійкості об'єкта до впливу небезпечних факторів та збереженню життя і здоров'я людей.

Висновки

У розділі було розглянуто основні аспекти забезпечення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при проектуванні наукового центру. Встановлено, що формування безпечного середовища є невід'ємною складовою архітектурних рішень і має враховувати як специфіку наукової діяльності, так і сучасні вимоги нормативно-правових документів у сфері охорони праці.

У процесі дослідження визначено, що умови праці в наукових центрах належать до категорії легких фізичних робіт, однак характеризуються значним інтелектуальним навантаженням, тривалою роботою за комп'ютером і впливом ряду шкідливих факторів, зокрема порушень мікроклімату, освітлення, шуму та статичного навантаження на опорно-руховий апарат. Проведений аналіз дозволив виявити потенційні ризики для здоров'я

працівників і обґрунтувати необхідність їх мінімізації ще на етапі проєктування.

Обґрунтовано, що ефективна організація безпечних і нешкідливих умов праці досягається шляхом комплексного підходу, який включає раціональне планування простору, впровадження сучасних інженерних систем, дотримання ергономічних вимог та проведення організаційних заходів. Особлива увага приділяється забезпеченню нормативних параметрів мікроклімату, якості повітря, освітлення та електробезпеки, що безпосередньо впливають на працездатність і самопочуття персоналу.

Також у розділі розглянуто питання безпеки в надзвичайних ситуаціях, з урахуванням природних, техногенних та соціально-політичних загроз. Визначено, що підвищення рівня безпеки досягається за рахунок впровадження систем протипожежного захисту, організації евакуаційних заходів, створення укриттів та забезпечення автономності функціонування об'єкта. Важливу роль відіграє підготовка персоналу до дій у надзвичайних умовах, що дозволяє зменшити можливі негативні наслідки.

Результати розділу підтверджують, що забезпечення охорони праці та безпеки є ключовим елементом проєктування наукових центрів, який впливає не лише на збереження здоров'я працівників, а й на ефективність функціонування об'єкта в цілому. Комплексне врахування зазначених аспектів сприяє створенню сучасного, безпечного та стійкого до зовнішніх впливів наукового середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ізірінський О.Р. Еволюція архітектурного формування центрів науково-технічної творчості / Ізірінський О.Р. // Теорія та практика дизайну. – Вип. 36. – 2025. – С. 45-53. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/395369741_EVOLUTION_OF_ARCHITECTURAL_FORMATION_OF_CENTRES_OF_SCIENTIFIC_AND_TECHNICAL_CREATIVITY.
2. John Robert Holmes. Science and the Language of Natural History Museum Architecture: Problems of Interpretation / John Robert Holmes. – Museum & Society. – Vol. 17. – №. 3. – 2019. – Р. 18–29. Режим доступу: <https://journals.le.ac.uk/index.php/mas/article/view/3212>
3. All You Need to Know About the Oxford Interview. – Режим доступу: https://www.fairobserver.com/more/global_change/education/all-you-need-to-know-about-the-oxford-interview/?gad_source=1&gad_campaignid=23461938459&gbraid=0AAAAADk3UL9ATZFM4R8ghTz51L0F1tZz&gclid=Cj0KCQjw8PDPBhCeARIsAOJwmWVvGrAg94lhWT7GlSo9wDQFbTyTtR2W_8lPV3mjk8IoT3ymY0eHEQoaAsY2EALw_wcB
4. Ames Research Center. – Режим доступу: <https://www.nasa.gov/ames/>
5. Кремнієва долина: місце, де створюється майбутнє. – Режим доступу: <https://sites.google.com/view/inf10/it-geografia/kremnievadolinamiscdestvoruetsamajbutne>
6. Глібко С.В. Огляд функцій наукових парків Великобританії та України, їх переваги в інноваційній діяльності / Глібко С.В., Сітченко Г. М. - Режим доступу: <https://ndipzir.org.ua/wp-content/uploads/2024/08/tezi-glibko-sitchenko.docx>
7. King Abdullah University for Science and Technology – Режим доступу: <https://www.albatoulgroup.com/kaust/>
8. Sustainability in the Max Planck Society. – Режим доступу: <https://www.mpg.de/21497470/sustainability-in-the-mps>

9. Manuel Castells. The Rise of the Network Society / Manuel Castells. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444319514>
10. Jane Jacobs. The Death and Life of Great American Cities / Jane Jacobs. – Режим доступа: https://www.petkovstudio.com/bg/wp-content/uploads/2017/03/The-Death-and-Life-of-Great-American-Cities_Jane-Jacobs-Complete-book.pdf
11. Richard Florida. The Rise of the Creative Class. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/31745369_THE_Rise_of_the_Creative_Class_And_How_It's_Transforming_Work_Leisure_Community_and_Everyday_Life
12. Boris Groysberg, Linda A. Hill Wall Street Research. – Режим доступа: <https://dokumen.pub/wall-street-research-past-present-and-future-9780804787123.html>
13. Christopher Alexander. A Pattern Language – Режим доступа: https://arl.human.cornell.edu/linked%20docs/Alexander_A_Pattern_Language.pdf
14. Peter Cook. Experimental Architecture. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/333823441_Experimental_Architecture_Designing_the_Unknown
15. Saskia Sassen. Global City. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/268411689_The_Global_City_Introducing_a_Concept
16. Thomas Allen. Managing the Flow of Technology. – Режим доступа: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1360074>
17. 10 experimental buildings by OMA and Rem Koolhaas. – Режим доступа: <https://www.iconeye.com/architecture/10-experimental-buildings-by-oma-and-rem-koolhaas>
18. Ken Yeang. Ecological Design. – Режим доступа: <https://web.faa.illinois.edu/app/uploads/sites/3/2020/11/Ken-Yeang-Complete-Monograph.pdf>

19. Max Planck Society, Німеччина. – Режим доступу: <https://projectescape.eu/partners/max-planck-society-germany>
20. CERN – Режим доступу: <https://visit.cern/cern>
21. Найбільша бізнес-асоціація ІТ-компаній в Україні. – Режим доступу: <https://itcluster.lviv.ua/pro-klaster/>
22. Інноваційний парк UNIT.City. – Режим доступу: <https://ufuture.com/uk/nashi-kompaniyi/innovatsijnij-park-unit-city/>
23. King Abdullah University of Science and Technology. – Режим доступу: <https://archello.com/project/king-abdullah-university-of-science-and-technology>
24. Fairbank, J. K. (ed.) The Cambridge History of China: Modern China and Tsinghua University Context – Режим доступу: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/cambridge-history-of-china/frontmatter/C0BB5226F2818CE86849D3797B090445>
25. Frederick Steine. The campus: A defining type of landscape architecture / Frederick Steine. – Landscape Architecture and Sustainability. – Vol. 1, 2025. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S3050732425000010>
26. Elizabeth Sipiwe Ndofirepi. Rethinking social spaces in higher education: exploring undergraduate student experience in a selected South African University. / Elizabeth Sipiwe Ndofirepi. – Johannesburg, 2015. – 265 p. – Режим доступу: https://www.ru.ac.za/media/rhodesuniversity/content/equityampinstitutionalculture/documents/Rethinking_Social_Spaces_in_Higher_Education._Exploring_Undergraduate_Student_Experience_in_a_Selected_South_African_University..pdf
27. Вадімова А. В. Фактори що впливають на сталий розвиток містобудівних об'єктів (на прикладі м. Полтава). – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/29904/1/18.pdf>
28. Мовчанюк А. В. Формування інноваційних центрів як фактор підвищення конкурентоспроможності підприємств / Мовчанюк А. В. – II Міжнародна науково-практична конференція «Бізнес, інновації, менеджмент:

проблеми та перспективи», 2021. – С. 230-231. – Режим доступу: <https://confmanagement-proc.kpi.ua/article/view/231807>

29. Лимар В.В. Фактори сприяння створенню та розвитку біокластерів / Лимар В.В. – Young Scientist». – № 2 (54). – 2018. – С. 399-402. – Режим доступу: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/2/93.pdf>

30. Кваша Т.К. Науково-технологічні парки: теоретичні та практичні аспекти створення й міжнародний досвід розвитку / Кваша Т.К. – Наука, технології, інновації. – 2017, № 4. – С. 10-26. – Режим доступу: <https://nti.ukrintei.ua/wp-content/uploads/2019/01/2017-4-%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%88%D0%B0.pdf>

31. Сагайдак Ілля. Екологічні виклики як фактор формування сучасної економічної політики / Сагайдак Ілля. – Філософія. Humanities Studies. – 2025. Вип.25 (102). – С. 138-146. – Режим доступу: <https://humstudies.com.ua/article/view/350858>

32. Цифрові двійники для промислового застосування. – Режим доступу: https://aep.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/12/iic_digital_twins_industrial_apps_white_paper_2020-02-18-ukr.pdf

33. Семененко Ю.С. Моделювання цифрових двійників бізнес-процесів як інструмент управління ефективністю компанії / Семененко Ю.С. – Економіка та управління галузями та підприємствами. – 2025. – № 38(66). – С. 99-106. – Режим доступу: <https://journals.oa.edu.ua/Economy/article/download/4363/4008/7450>

34. Адегов О.В., Солод Л.В., Тимошенко О.А., Березюк Г.Г. Інтелектуальні системи управління кліматичними інженерними системами енергоефективного будинку / Адегов О.В., Солод Л.В., Тимошенко О.А., Березюк Г.Г. – “Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle”. – 2024. – С. 58-60. – Режим доступу: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/13070/1/%D0%90%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B2.pdf>

35. Жук В.Б., Недошитко Л.М. Геотермальна енергія та вдосконалені геотермальні системи(egs) / Жук В.Б., Недошитко Л.М. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/51667/2/ISTCYSS_2025_Zhuk_V_B-Geothermal_energy_and_enhanced_393-395.pdf
36. Вахніченко О.В. Композиційна функція природного освітлення в атриумних простора cfd модель, горизонтальний відстійник, ефективність роботи / Вахніченко О.В. – Науковий вісник будівництва. – Том 78, № 4. – 2014. – Режим доступу: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1446>
37. Піддубна А.М. Вертикальне озеленення та «зелені дахи» як інструменти сталого розвитку міського середовища / Піддубна А.М. – Всеукраїнська науково-практична конференція (24–25 квітня 2025 р.). – С. 186-188. – Режим доступу: <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/76e3e023-f5e7-4e04-85ac-abf52b67e5f6/download>
38. Чепурна С.М. Формування наукових центрів як громадських просторів / Чепурна С.М., Белхаж Яхья. – Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2026. – Вип.91.
39. Професійна безпека, охорона та безпека праці працівника як сторони трудових відносин в сучасних умовах: питання термінологічного визначення та закріплення // Актуальні проблеми права: теорія і практика. – 2024. – № 2 (48). – С. 225–235. – DOI: <https://doi.org/10.33216/2218-5461/2024-48-2-225-235>
40. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83211
41. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40230

42. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283

43. Гринько О. О., Петрова І. М. Психологічні аспекти професійної діяльності працівників в умовах стресових навантажень // Актуальні проблеми права: теорія і практика. – 2020. – № 2 (40). – С. 1–10. – Режим доступу: <https://journals.snu.edu.ua/index.php/app/article/view/960/919>, (дата звернення: 18.04.2026).

44. Професійна безпека, охорона та безпека праці працівника як сторони трудових відносин в сучасних умовах: питання термінологічного визначення та закріплення // Актуальні проблеми права: теорія і практика. – 2024. – № 2 (48). – С. 225–235. – DOI: <https://doi.org/10.33216/2218-5461/2024-48-2-225-235>