

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.73.453-467>

УДК 728/747

Емам'янфар Алі,

доктор філософії зі спеціальності

18.00.02 «Архітектура будівель та споруд»,

доцент кафедри дизайну

Київського національного університету будівництва і архітектури

emamianfar.al@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-2729-3590>

Третяк Юлія Вікторівна,

доктор архітектури, професор, завідувач кафедри дизайну

Київського національного університету будівництва і архітектури

tretiak.iuv@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-7537-5929>

Косаревська Раддаміла Олександрівна,

кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри дизайну

Київського національного університету будівництва і архітектури

kosarevska.ro@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-1076-0364>

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ НА ЗАСАДАХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Анотація: стаття презентує узагальнення міжнародного досвіду архітектурного проєктування шкільних будівель на засадах енергоефективності крізь призму цілеспрямованого огляду літератури та нормативно-методичних джерел. Методологічною основою слугує праця доктора Алі Гаффарі, яка систематизує принципи просторової організації освітніх комплексів та типові планувальні рішення. У ролі сучасних орієнтирів розглянуто керівництво CIBSE TM57 (інтегроване шкільне проєктування з балансуванням енергоспоживання, денного світла, акустики і вентиляції), матеріали IEA EBC Annex 36 (концепції комплексної реновації з урахуванням ефективності та життєвого циклу), а також стандарт ASHRAE 62.1 (вимоги до повітрообміну та якості внутрішнього повітря для навчальних будівель). У межах дослідження здійснено порівняння підходів, що стосуються морфологічних характеристик будівлі та організації комфортного світло-повітряного режиму, окреслено можливість використання проєктних рішень у різних країнах з подібними кліматичними умовами. Робота демонструє, що ефективність шкільної архітектури забезпечується не окремими прийомами, а узгодженими комплексними рішеннями, де просторово-планувальна структура, адаптована до кліматичних умов певного регіону, поєднується з

нормативними вимогами до мікроклімату та експлуатаційною доцільністю будівлі. Отримані висновки формують підґрунтя для створення порівняльної матриці й подальшої адаптації міжнародних практик проєктування енергоефективних шкіл.

Ключові слова: енергоефективність; архітектура шкільних будівель; міжнародний досвід; принципи енергоефективного проєктування; просторово-планувальна структура; освітні простори; Туреччина; Індія; Японія; Китай.

Постановка проблеми. Створення повноцінного освітнього середовища на основі вдосконаленої енергоефективності шкільних будівель у міжнародній практиці архітектурного проєктування вимагає їх науково обґрунтованої адаптації до різних містобудівних, природних та кліматичних умов, а також рівнів сейсмічної небезпеки та ресурсних обмежень. З огляду на це доцільним є виконання порівняльного аналізу підходів, апробованих у державах зі спорідненими умовами до Ірану, зокрема у Туреччині, Індії, Японії та Китаї, з метою виявлення повторюваних закономірностей і визначення меж їх застосовності в інших контекстах.

Наприклад, Туреччина демонструє релевантність пасивних стратегій проєктування і будівництва для середземноморських і континентальних кліматичних підзон (орієнтація, інсоляційний режим, сонцезахист, використання локальних матеріалів). В Індії отримали розвиток рішення верхнього денного освітлення (світлові ліхтарі) та природної вентиляції у поєднанні з полегшеними або порожнистими системами стін, доцільними для спекотного клімату. Японський досвід архітектурно-будівельної практики у сейсмічному поясі демонструє роль конструктивних систем, стійких до землетрусів, а також влаштування відкритих навчальних просторів із контрольованим світлоповітряним режимом. У Китаї пропонуються комплексні підходи до природної аерації великих об'ємів (створення вітрових коридорів, аераційних шахт, атриумів) та організація верхнього світла, що особливо важливо для навчально-спортивних залів.

Отже, досліджувана наукова проблема полягає у визначенні умов адаптації міжнародних архітектурних рішень, а саме, у необхідності ідентифікувати параметри, що найбільше впливають на результат - морфологію будівлі, теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, показники денного світла, режими природної/механічної вентиляції, конструктивну сейсмостійкість і експлуатаційні навантаження великих залів та сформувати рамку оцінювання, яка забезпечить вимірюваний енергетичний ефект без втрати якості освітнього середовища.

Актуальність теми. Світова шкільна інфраструктура стикається з одночасними викликами енергодефіциту, зростання вартості експлуатації та потреби забезпечити стабільний комфорт і здоровий мікроклімат для учнів. Міжнародний досвід архітектурного проєктування енергоефективних шкільних будівель пропонує перевірені рішення, які за умови коректної адаптації до різних кліматичних поясів і регуляторних вимог здатні зменшити енергоємність об'єктів і підвищити якість освітнього середовища.

Центром даного дослідження виступають взаємопов'язані чинники енергоефективності: добір матеріалів із належними теплотехнічними та вологостійкими властивостями; організація денного світла й штучного освітлення навчальних приміщень; пасивні та активні стратегії охолодження в спекотний період і ефективне теплопостачання та теплоізоляція в холодний сезон; забезпечення якості повітря завдяки природній/механічній вентиляції й кондиціюванню; акустичний комфорт; надійне водопостачання та вологозахист; роль рослинності й зелених насаджень у формуванні мікроклімату та зниженні теплового навантаження. Узагальнення цих практик, підтверджених вимірюваними показниками енергоефективності, денного світла та якості повітря, створює основу для відповідального впровадження й адаптації рішень у різних контекстах та для мінімізації експлуатаційних витрат освітніх закладів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Огляд міжнародних джерел з енергоефективного архітектурного проєктування шкільних будівель охоплює, зокрема, працю доктора Алі Гаффарі «Принципи та засади проєктування освітніх просторів. Т. 5: Просторова організація; визначення принципів будівництва та представлення й аналіз зразкових шкіл» (1998) [1]. Це видання систематизує принципи просторової організації навчальних комплексів, визначає засадничі підходи до проєктування та подає аналіз типових шкільних рішень; у статті використовується як методологічна основа для подальшого порівняння міжнародних прикладів.

Чіткі методичні орієнтири подає керівництво CIBSE TM57 з інтегрованого проєктування шкіл, яке узгоджує рішення щодо енергоспоживання з денним освітленням, акустикою, вентиляцією та передбачає оцінювання фактичної роботи будівлі [2]. IEA EBC Annex 36 виступає методологічною базою для комплексної реновації освітніх будівель, оскільки систематизує міжнародний досвід і пропонує інструменти для відбору пакетів технічних заходів на основі їх енергоефективності та життєвого циклу [3]. Нормативну основу забезпечує ASHRAE 62.1, що встановлює вимоги до повітрообміну та якості внутрішнього повітря в громадських будівлях, включно зі школами, що є необхідною передумовою поєднання енергоефективності із здоров'ям і комфортом користувачів [4].

Метою даної статті є виявлення спільних особливостей архітектурно-планувальних рішень при проєктуванні шкільних будівель, що відповідають принципам енергоефективності, на основі аналізу міжнародного досвіду.

Методи дослідження. Дослідження базується на моделюванні базових принципів і підходів, що застосовувалися в іранській шкільній архітектурі, з подальшим їхнім аналізом у контексті створення енергоефективних освітніх просторів. Методологія охоплює загальнонаукові, мультидисциплінарні та спеціалізовані методи, серед яких можна виокремити системний підхід; метод переходу від абстрактного до конкретного; методи ідеалізації, уявного експерименту, формалізації, а також аксіоматичний і дедуктивно-аксіоматичний підходи. На етапі емпіричного аналізу було застосовано методи, традиційні для архітектурно-проєктної практики: натурне обстеження, фотофіксація, аналоговий метод моделювання, графоаналітичний підхід тощо. Такий поєднаний підхід дозволив комплексно оцінити архітектурні рішення з погляду функціональності, адаптивності та енергоефективності.

Виклад основного матеріалу. Подальший виклад базується на аналізі міжнародних прикладів з країн, подібних за кліматичними умовами і матеріальною базою.

Початкова школа «Сілле» / Sille Primary School, Туреччина (TEGET, 2023). Об'єкт збудовано на похилій ділянці вздовж східного берега річки; головний об'єм формує U-подібну структуру з внутрішнім двором (Рис. 1А-Д). Двоповерховий корпус будівлі «вписано» у схил, тоді як її одноповерхові крила відкриваються у двір. Уздовж північного боку, використовуючи перепад висот, розміщено крыту споруду, що разом із переднім і заднім дворами та терасою із зеленим дахом утворює багаторівневу систему відкритих просторів.

Конструктивне рішення поєднує масивні кам'яні стіни (теплова інерція, довговічність) із гнучкою дерев'яною каркасною системою та перегородками, що формують класи, офіси й багатоцільові зали (Рис. 1Б-Г). Ритм вікон, наслідуваний з локальної історичної забудови, забезпечує рівномірне верхньобокове денне освітлення, а внутрішній двір виконує мікрокліматичну роль буфера для інсоляції та природної вентиляції. Застосування локальних матеріалів - каменю, цегли, дерева та скла - знижує вбудовану енергію та полегшує узгодження архітектури з кліматичними умовами (Рис. 1А) [9]. Два вхідні рівні, з боку вулиці та з боку струмка, забезпечують раціональну логістику потоків; головний вхід відкривається у внутрішній двір, тоді як вхід на рівні вулиці дає прямий доступ до багатоцільової зали, що використовується для освітніх, культурних і мистецьких подій (Рис. 1Е).

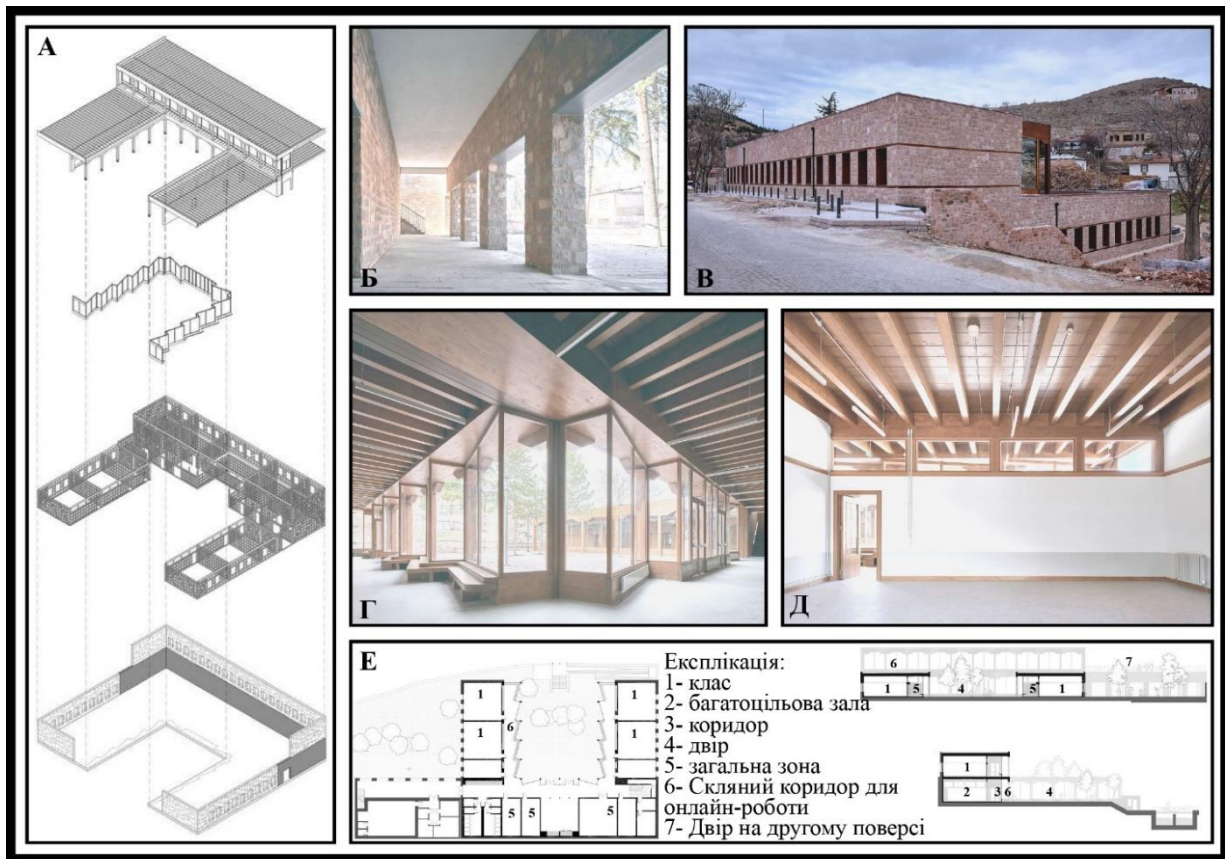


Рис. 1. Початкова школа Сілле, Туреччина.

А - схема конструктивних шарів огорожувальної оболонки будівлі; Б - ганок; В - загальний вигляд будівлі; Г - коридор; Д - клас; Е - плани та розрізи [5-8].

Представлене рішення демонструє, як інтеграція топографії, дворової типології, тепломасивних огорожень, зеленого даху та денного світла формує енергоефективну й стійку до кліматичних впливів шкільну будівлю. За своїми просторово-планувальними та матеріальними характеристиками приклад є релевантним для гірських і західних регіонів Ірану з подібними кліматичними та ландшафтними умовами.

Школа «Здорова планета» / Healthy Planet School, Індія (Vir.Mueller Architects, 2023). Навчальні простори у цій будівлі організовано як послідовність вигнутих цегляних «комірок» із круглими отворами, що формують кільце довкола внутрішнього двору (Рис. 2). Атріум акцентовано березовою фанерою, накрито тентовим навісом і освітлено світловими ліхтарями, на покрівлі передбачено ігрову терасу. Несуча система — залізобетонний каркас із заповненням стін у кладці типу rat-trap bond (з повітряною порожниною), що забезпечило $\approx 35\%$ економії цегли та підвищило теплозахист, також будівлю виконано відповідно до вимог сейсмічної Зони 4. У разі зовнішньої температури повітря понад $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ усередині будівлі природно підтримується $\sim 32\text{--}33\text{ }^{\circ}\text{C}$ із мінімальним навантаженням на кондиціонування, а цегляні ґрати формують

багатошарову світлотіньову оболонку, що забезпечує екранування відблисків, приватність, вентиляційний фільтр для перетікання повітря.

Верхні ліхтарі працюють як високі витяжні точки теплового підйому повітря й можуть бути залучені до нічного провітрювання, вирівнюючи температурні піки. Відсутність фарбування зберігає природні поверхні, що зменшує викиди легких органічних сполук (ЛОС, VOCs) і витрати на обслуговування, а деревина як оздоблення водночас покращує акустичну якість навчальних просторів. Після локальної очистки (STP) вода повторно використовується в «саді запилювачів» — насадженнях місцевих квіткових видів, що підтримують запилювачів і поліпшують мікроклімат. Сукупність прийомів демонструє узгодження енергоефективності з комфортом у щільній міській забудові теплого клімату [14]. З огляду на компактну морфологію будівлі, теплотехнічні переваги кладки, кероване верхнє світло/природну вентиляцію та повторне використання води, цей приклад може слугувати моделлю для міст із високою щільністю шкіл (Тегеран, Хорасан-Разаві, Фарс, Хузестан, Східний Азербайджан), під час адаптації слід верифікувати ризик літнього перегріву й блиску, а також налаштувати режими провітрювання та експлуатації.

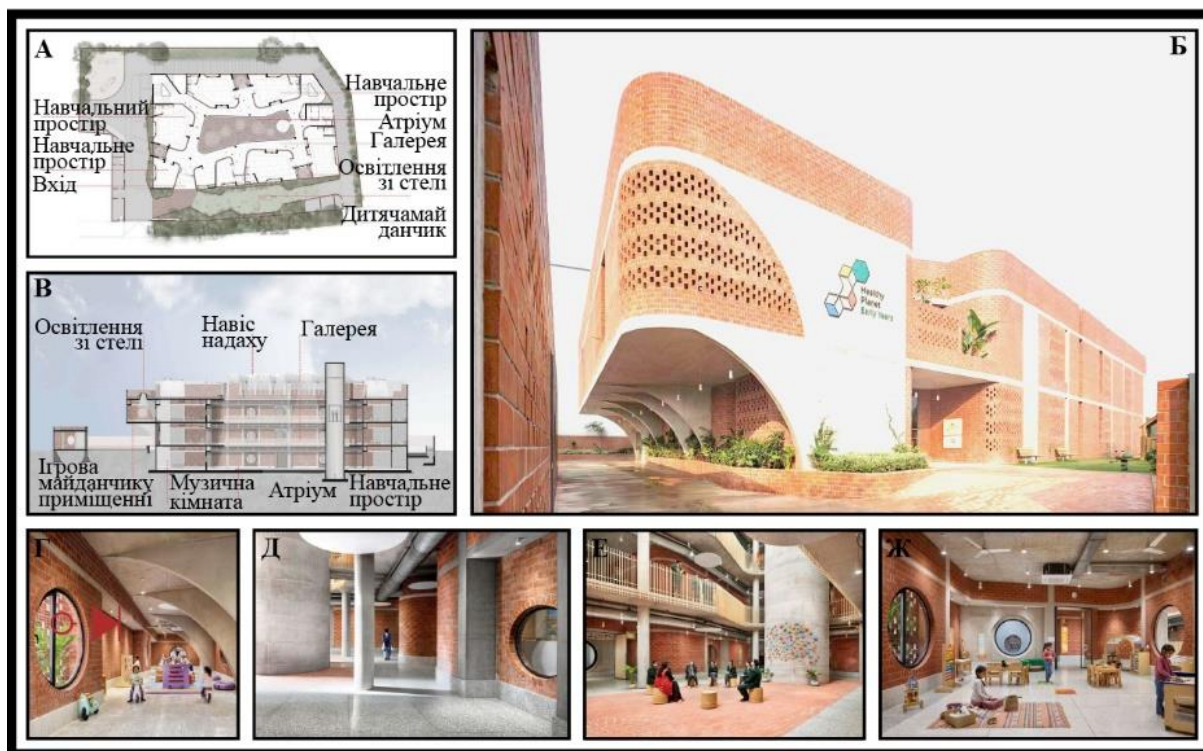


Рис. 2. Школа «Здорова планета», Індія.

А - план першого поверху; Б - загальний вигляд будівлі; В - розрізи;

Г, Д, Е, Ж - внутрішні простори [10-13].

Бібліотека середньої школи Технологічного інституту Шонан / *Shonan Institute of Technology High School Library*, Японія (kousou + Fukei Co., 2023). Бібліотеку інтегровано у навчальний блок за принципом «відкритої школи», де бібліотека й класи взаємодіють і стимулюють спонтанне навчання (Рис. 3). Об'єм має п'ятикутний план ($\sim 30 \times 26$ м) і три рівні з висотою поверхів $\approx 3,5$; $4,5$; $5,5$ м. На кожному поверсі варіюється розташування, форма й товщина стін, що створює «гніздоподібні» простори і водночас рівномірно передає навантаження на нижні яруси. Мінімізовані межі між інтер'єром та екстер'єром (суцільне застакнення) посилюють денне світло, провітрюваність та просторову безперервність, що знижує потреби в штучному освітленні та кондиціонуванні [16].

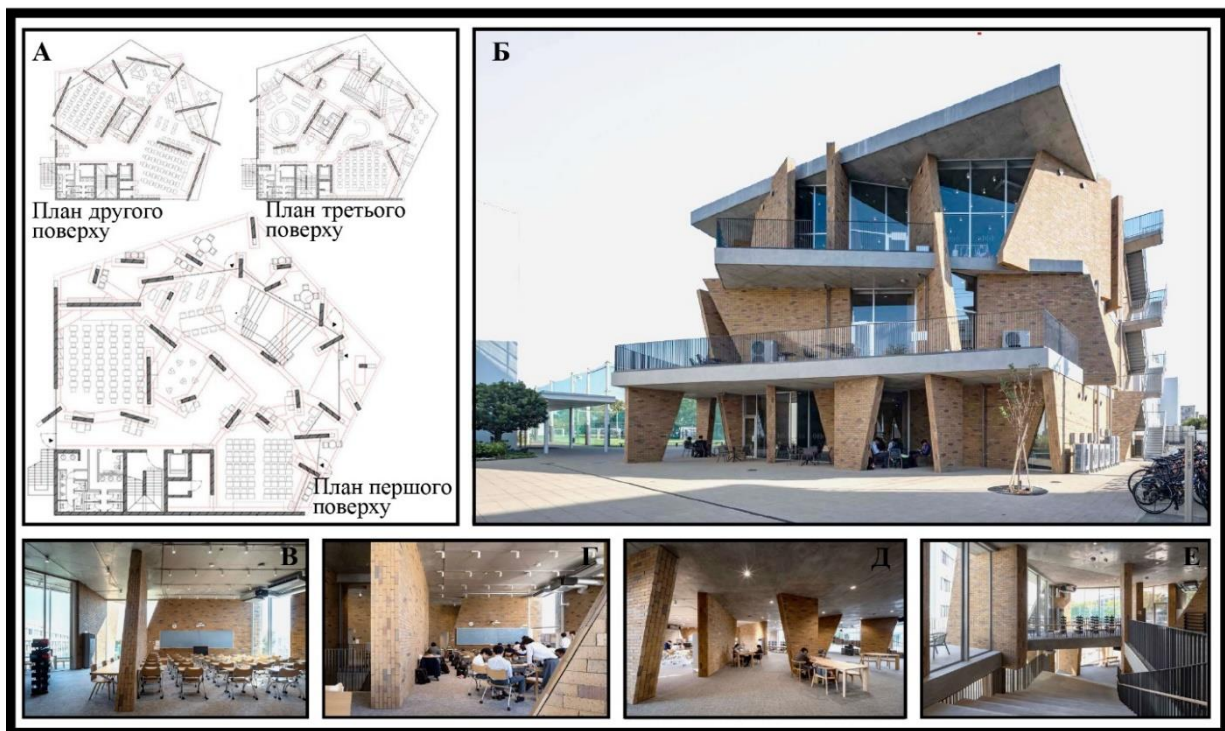


Рис. 3. Бібліотека середньої школи Технологічного інституту Шонан, Японія.

А - плани поверхів; Б - головний фасад; В, Г - класи; Д - внутрішні простори;
Е - сходи між поверхами [15].

Для жарких, сухих і маловологих зон доцільно застосовувати зовнішній сонцезахист (ламелі/екрани по периметру переходів), керовані фрамуги для перетікання повітря та виконувати акустичну корекцію відкритих читальних залів. У вологих регіонах використовують корозійностійкі матеріали й контроль конденсації на застаклених огородженнях, у сейсмічних зонах - регулярні діафрагми і перевірку деформаційних швів. Подібна інтеграція бібліотеки та класів у поєднанні з цегло-бетонними огородженнями й скляними стінами є

кліматично сумісною передусім з жаркими, сухими і маловологими зонами центральної та східної частини Ірану (Ісфахан, Південний Хорасан, Йезд, Керман, рівнина Лут). Окремі прийоми влаштування веранд, тіні, наскрізного провітрювання можуть бути адаптовані і для південного узбережжя Перської затоки з урахуванням вищої вологості.

Критий ігровий майданчик середньої школи № 3 округу Юеян / Indoor Playground of Yueyang County No. 3 Middle School, Kuitai (SUP Atelier, 2017). Об'єкт площею $\approx 1368 \text{ м}^2$ розміщено у південно-західному куті кампусу на ділянці з перепадом висот: головний зал піднято на верхній терасі навпроти навчального корпусу, а нижче, через вигнуті сходи-амфітеатр, організовано простір активного відпочинку. Образ зубчастої покрівлі відсилає до пагорбів Юеян, а допоміжні функції (кімната інвентарю, санвузли, відкриті зони) об'єднано в єдиний пластичний об'єм із місцевої червоної цегли (Рис. 4).

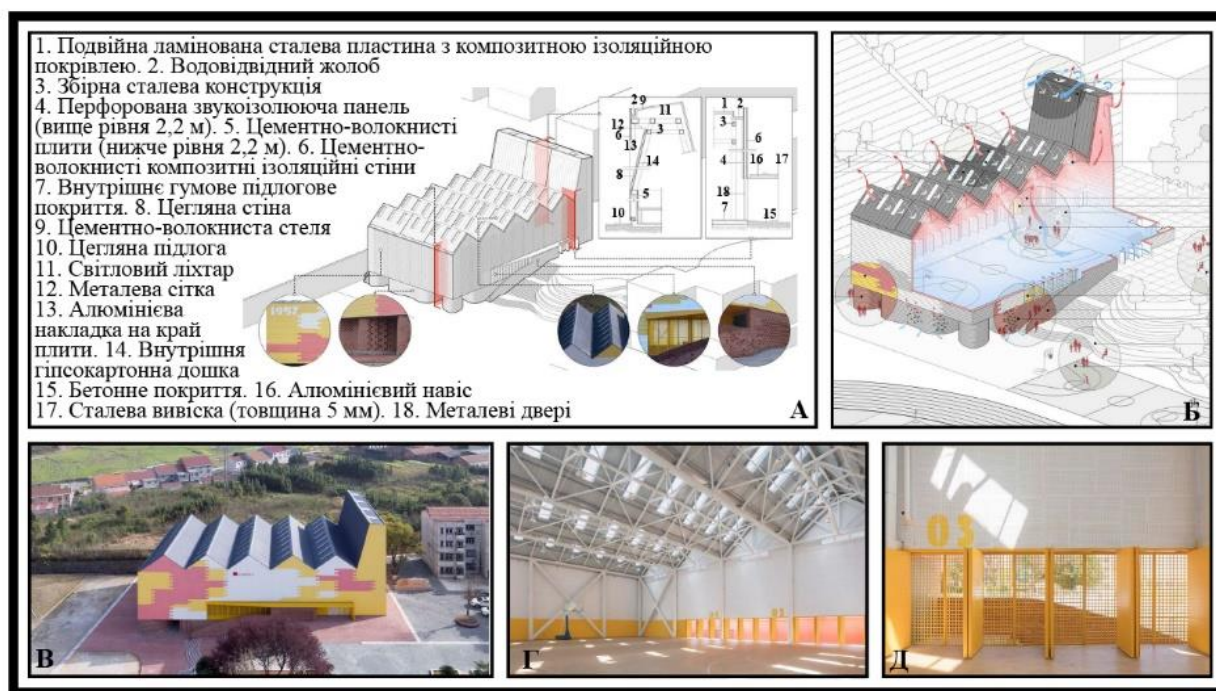


Рис. 4. Критий ігровий майданчик середньої школи № 3 округу Юеян, Китай.

А - схема шарів огорожувальної оболонки; Б - схема руху повітря та денного світла;

В - загальний вигляд будівлі; Г, Д - внутрішні простори [17-20].

Клімат «спекотне літо - холодна зима» з високою вологістю зробив пріоритетними пасивні стратегії в будівництві: мансардні ліхтарі із дощозахисними вентиляційними клапанами на похилому фасаді (з автоматичним керуванням) (Рис. 4.А), великі розпашні двері на південному та північному фасадах для наскрізного провітрювання (Рис. 4.Д), вентиляційні

отвори в зоні карнизів для видалення теплого повітря (Рис. 4.Г) та «прохолодний провулок» уздовж південної стіни, де тінь попередньо охолоджує повітряний приплив. Перфорована цегляна оболонка працює як вітро- та світлосито, поєднуючи інсоляційний контроль із перетіканням повітря (Рис. 4.Б). Рішення зменшують потребу в обладнанні та експлуатаційні витрати, забезпечуючи стійкий тепловий комфорт і рівномірне верхнє освітлення навіть у дощову погоду [21].

Для іранських шкіл, де спортивні зали є масовою типологічною одиницею, використовуються наступні релевантні прийоми: перфороване цегляне «вузлування» для природного руху повітря, автоматизовані ліхтарі/клапани у похилих покрівлях, а також модульні похилі перекриття для великих прольотів. Вони особливо доцільні у помірно-вологих та вологих зонах (північні прибережні провінції), із адаптацією матеріалів до корозійної дії вологи та соляного аерозолі на південному узбережжі Перської затоки.

Висновки. Узагальнюючи міжнародний досвід архітектурного проектування шкільних будівель на засадах енергоефективності, виконаний в роботі порівняльний аналіз прикладів з Туреччини, Індії, Японії та Китаю показує, що ефективний результат забезпечують не поодинокі прийоми, а кліматоспецифічні комплекси рішень, які одночасно підтримують якість освітнього середовища та стійкість до експлуатаційних коливань. Ефективність досягається тоді, коли стратегія будівлі формується як узгоджена система.

До повторюваних принципів належать принцип *адаптації*, коли просторово-планувальна структура формується відповідно до кліматичних умов; принцип *конструктивної багат шаровості*, коли енергоефективна будівельна оболонка проектується з інерційними або багат шаровими огороженнями та керованим сонцезахистом; принцип *пріоритетності* денного світла і природної вентиляції через верхні ліхтарі, фрамуги та світлові шахти, а також забезпечення акустичного комфорту; принцип *регіональності*, що проявляється у доборі місцевих матеріалів із невисокою енергією, а також водно-ландшафтних рішеннях, що стабілізують мікроклімат підвір'їв. Функціональна інтеграція освітніх просторів у форматах відкритого навчального середовища зменшує дублювання площ і навантаження на освітлення та охолодження; для великих прольотів ефективними залишаються похилі перекриття з верхнім дифузним світлом, автоматизовані вентиляційні отвори та перфоровані цегляні екрани, які регулюють повітрообмін і відблиск.

Практичне застосування міжнародних підходів у архітектурному проектуванні будівель шкіл потребує попереднього розподілу на кліматичні пояси та будівельні норми конкретних територій, з пріоритетом пасивних стратегій та підтримкою простих систем керування. Доцільним є впровадження

поетапної моделі, що включає попереднє кліматичне моделювання, грамотний підбір морфології та оболонки майбутньої будівлі, визначення сценаріїв денного світла й природної вентиляції, налаштування алгоритмів керування, а після введення в експлуатацію - постпроектна оцінка фактичної роботи із подальшим налаштуванням режимів функціонування. Такий цикл «проектування - верифікація - корекція» мінімізує розрив між запроєктованими показниками і реальною експлуатацією.

Суттєвим чинником успішного проектування шкільного комплексу є узгодження енергоефективності з довговічністю та обслуговуванням, коли застосовуються прості, ремонтпридатні рішення, місцева сировинна база, захист від вологи та корозії, а також експлуатаційні регламенти для персоналу школи. Уваги потребує сейсмостійкість конструктивних схем, контроль літнього перегріву та якості повітря, акустика навчальних приміщень і комфорт користувачів під час зміни сезонів та розкладу.

Оцінювання ефекту проекту варто базувати на вимірюваних показниках енергоефективності конструкцій, кількості денного світла та якості внутрішнього повітря, у поєднанні з аналізом вартості життєвого циклу і даними постпроектних обстежень. В статті узагальнено, що міжнародні практики можуть слугувати надійним інструментарієм для проектування шкіл, якщо їх адаптувати як узгоджені комплекси рішень, налаштовані на природно-кліматичні умови, місцеві нормативні вимоги та реальні сценарії процесу експлуатації, із подальшим підтвердженням результатів обстеження.

Список літератури:

1. غفاری، علی. (1377). اصول و مبانی طراحی فضاهای آموزشی. جلد پنجم: سازماندهی های فضائی. URL: <https://noandishaan.com/58986/اصول-طراحی-فضاهای-آموزشی/> (дата звернення: 20.05.2025).
2. CIBSE. TM57 integrated school design. London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015. 78 p. URL: <https://www.cibse.org/knowledge-research/knowledge-portal/tm57-integrated-school-design/> (дата звернення: 20.05.2025).
3. Technical synthesis report Annex 36: Retrofitting in educational buildings – Energy concept adviser for technical retrofit measures / edited by R. Barton; contributing authors H. Erhorn, O. Morck, T. Mroz, F. Schmidt. – St Albans: Faber Maunsell Ltd, 2007. 43 p. URL: https://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_36_tsr.pdf (дата звернення: 20.05.2025).
4. ANSI/ASHRAE Addendum x to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and acceptable indoor air quality. Peachtree Corners, GA: ASHRAE, 2022.

7 р.

URL:

https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/62_1_2022_x_20221108.pdf (accessed 20.05.2025).

5. UNI Editorial. Historical educational architecture: The Sille Primary School by TEGET [Електронний ресурс] / UNI Editorial. 14.03.2024. URL: <https://uni.xyz/journal/historical-educational-architecture-the-> (дата звернення: 21.05.2025).

6. TEGET. Sille Primary School [Електронний ресурс] / TEGET. 2023. URL: <https://teget.com/project/sille-school/> (дата звернення: 22.05.2025).

7. Teget. Sille Primary School [Електронний ресурс] / Archello. 2023. URL: <https://archello.com/es/project/sille-primary-school> (дата звернення: 23.05.2025).

8. XXI Magazine. Sille Primary School [Електронний ресурс] / XXI Magazine. 09.03.2024. URL: <https://xximagazine.com/c/sille-primary-school> (дата звернення: 24.05.2025).

9. ArchDaily. Sille Primary School / TEGET [Електронний ресурс] / ArchDaily. 2023. URL: <https://boty.archdaily.com/us/2025/candidates/174439/sille-primary-school-slash-teget> (дата звернення: 26.05.2025).

10. vir.mueller architects. Healthy Planet School [Електронний ресурс] / vir.mueller architects. б.д. URL: <https://virmueller.com/projects/healthy-planet-school/> (дата звернення: 27.05.2025).

11. University of Virginia. School of Architecture. Professor Gupta's vir.mueller architects receives multiple 'best design firm' recognitions [Електронний ресурс] / University of Virginia. 02.07.2024. URL: <https://www.arch.virginia.edu/news/professor-guptas-virmueller-architects-receives-multiple-best-design-firm-recognitions> (дата звернення: 28.05.2025).

12. Architectural Digest. AD100 2023: Vir.Mueller Architects [Електронний ресурс] / Architectural Digest. 11.04.2023. URL: <https://www.architecturaldigest.in/story/ad100-2023-virmueller-architects/> (дата звернення: 29.05.2025).

13. Vir.Mueller Architects. Healthy Planet School [Електронний ресурс] / Vir.Mueller Architects. 2023. URL: <https://archello.com/de/project/healthy-planet-school> (дата звернення: 28.04.2025).

14. Vir.Mueller Architects. Healthy Planet School [Електронний ресурс] / ArchDaily. 2023. URL: <https://www.archdaily.com/1022958/healthy-planet-school-vi Mueller-architects> (дата звернення: 29.04.2025).

15. UNI Editorial. Shonan Institute High School Library: A harmonious blend of learning and architecture [Електронний ресурс]. / uni.xyz. 15.01.2025. URL:

<https://uni.xyz/journal/shonan-institute-high-school-library-a-h> (дата звернення: 30.05.2025).

16. Platform. Technology High School Library, design by kousou + Fukei Co [Електронний ресурс] / Facebook. 22.12.2024. URL: https://www.facebook.com/story.php?story_fbid=1004719131693054&id=100064649293574 (дата звернення: 31.05.2025).

17. Active House. 027 Indoor Playground of Yueyang County No.3 Middle School [Електронний ресурс] / Active House. б.д. URL: <https://www.activehouse.info/cases/027-indoor-playground-of-yueyang-county-no-3-middle-school/> (дата звернення: 01.06.2025).

18. Synergy California L.P. Oklahoma Medical Research Foundation (OMRF) Phase II: Wind and solar PV design and engineering [Electronic resource] / Synergy California L.P. Perkins+Will, 2008. 29 p. URL: <https://www.energime.com/downloads/OMRFphase2.1.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).

19. Sup Atelier. Indoor playground of Yueyang County No.3 Middle School. Architecture MasterPrize. URL: <https://architectureprize.com/winners/winner.php?id=629&mode=hm&compID=12786> (дата звернення: 03.06.2025).

20. Song und Partners Atelier. Indoor playground (doubling as lecture hall) of Yueyang County No.3 Middle School [Електронний ресурс] / Song und Partners Atelier. 2017. URL: <https://www.supatelier.com/en/projects/573> (дата звернення: 04.06.2025).

21. Sup Atelier. Indoor Playground Doubling as Lecture Hall of Yueyang County No. 3 Middle School [Електронний ресурс] / Sup Atelier. 28.01.2019. URL: <https://www.archdaily.com/909308/indoor-playground-doubling-as-lecture-hall-of-yueyang-county-n-middle-school-sup-atelier> (дата звернення: 05.06.2025).

References

1. Ghaffari, A. (1998). Principles and fundamentals of educational space design. Vol. 5: Spatial organizations: Determining construction principles and introduction and analysis of school samples. Tehran: School Renovation, Development and Equipment Organization. <https://noandishaan.com/58986/اصول-طراحی-فضاهای-آموزشی/> (Accessed: May 20, 2025). (in Persian).

2. CIBSE. (2015). TM57 integrated school design. Chartered Institution of Building Services Engineers. <https://www.cibse.org/knowledge-research/knowledge-portal/tm57-integrated-school-design/> (Accessed: May 20, 2025). (in English).

3. Barton, R. (Ed.). (2007). Technical synthesis report Annex 36: Retrofitting in educational buildings – Energy concept adviser for technical retrofit measures. Faber

Maunsell Ltd on behalf of the International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. https://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_36_tsr.pdf (in English).

4. ASHRAE. (2022). ANSI/ASHRAE Addendum x to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and acceptable indoor air quality (7 p.). ASHRAE. https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/62_1_2022_x_20221108.pdf (in English).

5. UNI Editorial. (2024, March 14). Historical educational architecture: The Sille Primary School by TEGET. <https://uni.xyz/journal/historical-educational-architecture-the-> (Accessed: May 21, 2025). (in English).

6. TEGET. (2023). Sille Primary School. <https://teget.com/project/sille-school/> (Accessed: May 22, 2025). (in Turkish).

7. Teget. (2023). Sille Primary School. Archello. <https://archello.com/es/project/sille-primary-school> (accessed May 23, 2025). (in English).

8. XXI Magazine. (2024, March 9). Sille Primary School. <https://xximagazine.com/c/sille-primary-school> (accessed May 24, 2025). (in English).

9. ArchDaily. (2023). Sille Primary School / TEGET. <https://boty.archdaily.com/us/2025/candidates/174439/sille-primary-school-slash-teget> (accessed May 26, 2025). (in English).

10. vir.mueller architects. (n.d.). Healthy Planet School. <https://virmueller.com/projects/healthy-planet-school/> (accessed May 27, 2025). (in English).

11. University of Virginia, School of Architecture. (2024, July 2). Professor Gupta's vir.mueller architects receives multiple 'best design firm' recognitions. <https://www.arch.virginia.edu/news/professor-guptas-virmueller-architects-receives-multiple-best-design-firm-recognitions> (accessed May 28, 2025). (in English).

12. Architectural Digest. (2023, April 11). AD100 2023: Vir.Mueller Architects. <https://www.architecturaldigest.in/story/ad100-2023-virmueller-architects/> (accessed May 29, 2025). (in English).

13. Vir.Mueller Architects. (2023). Healthy Planet School. Archello. <https://archello.com/de/project/healthy-planet-school> (accessed April 28, 2025). (in English).

14. Vir.Mueller Architects. (2023). Healthy Planet School. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/1022958/healthy-planet-school-vi Mueller-architects> (accessed April 29, 2025). (in English).

15. UNI Editorial. (2025, January 15). Shonan Institute High School Library: A harmonious blend of learning and architecture. uni.xyz. <https://uni.xyz/journal/shonan-institute-high-school-library-a-h> (accessed May 30, 2025). (in English).

16. Platform. (2024, December 22). Technology High School Library, design by kousou + Fukei Co. Facebook. https://www.facebook.com/story.php?story_fbid=1004719131693054&id=100064649293574 (accessed May 31, 2025). (in English).

17. Active House. (n.d.). 027 indoor playground of Yueyang County No.3 Middle School. <https://www.activehouse.info/cases/027-indoor-playground-of-yueyang-county-no-3-middle-school/> (accessed June 1, 2025). (in English).

18. Synergy California L.P. (2008, December 30). Oklahoma Medical Research Foundation (OMRF) Phase II: Wind and solar PV design and engineering. Perkins+Will. <https://www.energime.com/downloads/OMRFphase2.1.pdf> (accessed June 2, 2025). (in English).

19. Sup Atelier. (2025). Indoor playground of Yueyang County No.3 Middle School. Architecture MasterPrize. <https://architectureprize.com/winners/winner.php?id=629&mode=hm&compID=12786> (accessed June 3, 2025). (in English).

20. Song und Partners Atelier. (2017). Indoor playground (doubling as lecture hall) of Yueyang County No.3 Middle School. <https://www.supatelier.com/en/projects/573> (accessed June 4, 2025). (in English).

21. ArchDaily. (2019, January 28). Indoor playground (doubling as lecture hall) of Yueyang County No. 3 middle school / SUP Atelier. https://www.archdaily.com/909308/indoor-playground-doubling-as-lecture-hall-of-yueyang-county-n-middle-school-sup-atelier?ad_medium=widget&ad_name=category--article-show (accessed June 5, 2025). (in English).

Abstract

Ali Emamianfar, Ph.D. of Architecture, Associate Professor of the Department of Design, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Yuliia Tretiak, Doctor of Sciences of Architecture, Professor, Head of the Department of Design, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Raddamila Kosarevska, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Docent, Associate Professor of the Department of Design, Kyiv National University of Construction and Architecture.

International experience in energy-efficient architectural design of school buildings

The article presents a synthesis of international experience in the architectural design of school buildings on the principles of energy efficiency through a targeted review of literature and normative-methodological sources. The methodological foundation relies on the work of Dr. Ali Ghaffari, who systematized the principles of

spatial organization of educational complexes and typical planning solutions. As contemporary benchmarks, the study considers CIBSE TM57 (integrated school design with balanced energy use, daylighting, acoustics, and ventilation), IEA EBC Annex 36 (concepts of comprehensive renovation with a focus on efficiency and life-cycle performance), and ASHRAE 62.1 (requirements for air exchange and indoor air quality in educational facilities).

Within the scope of the research, special attention is devoted to the comparative analysis of school design approaches in Turkey, India, Japan, and China, as these contexts share climatic, seismic, or morphological parallels with Iran. Turkey provides relevant insights into the use of local materials and passive orientation strategies for Mediterranean and continental climatic subzones. India demonstrates advanced applications of clerestories, skylights, and natural ventilation combined with lightweight materials, which may be relevant for Iran's hot and semi-arid regions. Japan, situated in a seismic belt, offers valuable experience in structural systems and open-plan learning spaces resilient to earthquakes, applicable to Iran's northern and southern coastal territories. China highlights integrated solutions for natural ventilation (wind corridors, aeration shafts, atria) and upper daylighting in large educational and sports halls, which is particularly significant given the prevalence of indoor sports facilities in Iranian schools with high operational energy demand.

The analysis outlines how morphological characteristics of buildings and the organization of comfortable daylight and ventilation regimes can inform architectural practices in regions with similar climatic conditions. The findings emphasize that the effectiveness of school architecture is achieved not by isolated techniques but through coordinated and comprehensive solutions where spatial-planning structure, adapted to local context, integrates normative requirements for microclimate and building operation. The results provide a conceptual foundation for developing a comparative matrix and for adapting international design practices to the Iranian context of energy-efficient schools.

Keywords: energy efficiency; school building architecture; international experience; principles of energy-efficient design; spatial and planning structure; educational spaces; Turkey; India; Japan; China.