

## АРХІТЕКТУРНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ З ВРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУВАННЯ

© Шулдан Л.О., 2008

**Ввисвітлено питання удосконалення шкільних будівель і комплексів з врахуванням енергозаощаджування. В результаті узагальнення світового і вітчизняного досвіду проектування і будівництва навчальних закладів визначено перелік заходів архітектурного енергозаощаджування, проведено їхню класифікацію.**

**The article deals with the issues of school buildings and complexes perfection with the regard for energy conservation. Summarising of the world and native experience in the designing and construction of school buildings allowed to determine means of architectural energy conservation and to suggest their classification.**

### Постановка проблеми

Архітектурне проектування нових та експлуатація наявних шкільних будівель в Україні потребують істотних змін, зумовлених законодавчо закріпленими *вимогами реформування національної освіти* [1–3]. Передбачено розроблення нових типів шкіл; перегляд їхньої технологічної організації; зміну номенклатури і планувальних параметрів шкільних приміщень. Удосконалення потребують будівлі існуючого шкільного фонду (близько 22 тис.), переважна більшість яких фінансується винятково з державного бюджету. У більшості вітчизняних шкіл через недостатню теплоізоляцію будівель та проектні рішення без врахування архітектурних заходів енергозаощаджування не дотримано *санітарно-гігієнічних вимог*, спостерігаються значні тепловтрати і витрати енергоносіїв на опалення.

Питання раціонального використання енергетичних ресурсів в Україні у реаліях значного підвищення тарифів на енергоносії та їхнього подальшого зростання набули загальнодержавного значення. Цим зумовлена гостра *необхідність у чіткому визначенні й застосуванні архітектурних енергозаощаджувальних рішень і для будівель шкіл як одного із найпоширеніших типів громадських будівель та об'єктів значного енергоспоживання.*

### Аналіз досліджень

У вітчизняних наукових роботах у галузі архітектурного енергозбереження та більшості закордонних розглядають переважно проблеми використання інженерно-технічних заходів, застосування конструктивних рішень, розроблення й використання засобів збільшення теплонадходжень і окремі питання енергозаощаджування [4–7]. Сьогодні в Україні немає методик і рекомендацій до проектування шкіл із врахуванням принципів архітектурного енергозаощаджування. Це підтверджує аналіз наукових праць сучасних дослідників проблем шкільної архітектури [8–14] та наукових праць їхніх попередників [15–21].

### Формулювання цілей статті

Метою статті є виявлення тенденцій архітектурного енергозаощаджування шкільних будівель і комплексів, визначення їхніх основних принципів.

### Виклад основного матеріалу дослідження

З погляду на нинішню кризову енергетичну ситуацію в Україні шляхи виходу з неї полягають не стільки у напрямку пошуків енергетичних джерел, а швидше у резервах енергозбереження,

зокрема енергозаощаджування як головного потужного внутрішнього резерву країни. Школа – це один з найпоширеніших типів громадських будівель, а потреби опалення тут найвищі, вони становлять 75–85 % енергоспоживання. На оплату теплопостачання припадає 11,5 %, оплату газу – 2 % загальної суми виконання бюджету по освіті. Забезпечення здорового психофізичного середовища, дотримання санітарно-гігієнічних, зокрема, температурних вимог для приміщень шкіл надзвичайно важливі для збереження здоров'я школярів – 12,5 % населення України.

Положення реформування національної освіти, сучасні педагогічні концепції вимагають доповнення типологічної палітри шкільних будівель та перегляду їхньої архітектурно-планувальної структури. З'ясовані причини зростання об'ємів будівництва шкіл та масштаби застосування енергоефективних рішень: позитивні зміни у демографічних процесах, що прогнозують за 4–7 років значне збільшення дітей шкільного віку; реформування освіти, що вимагає розроблення нових типів шкіл та збільшує термін навчання; необхідність переходу на навчання в одну зміну потребуватиме збільшення існуючої кількості шкіл на 12 %; зростання попиту на національні школи; вирішення проблеми переповнення шкіл в окремих районах міст. Вдосконалення потребують архітектурні рішення як нових, так і наявних шкільних будівель. Необхідність архітектурного вирішення питань економії теплоносіїв підтвержене зіставленням терміну функціонування шкіл (272 дні за рік) з тривалістю опалювального періоду (середньодобова температура повітря < 8 °С, до 195 діб).

З метою визначення подібностей і відмінностей основних прийомів архітектурного енергозаощаджування та перспектив їх практичного застосування проаналізовані понад 400 прикладів проектування, будівництва і реконструкції навчальних закладів. Проведено комплексний аналіз 34 шкіл авторства радянських<sup>1</sup> та закордонних<sup>2</sup> архітекторів, розглянуто етап розвитку шкільної архітектури в колишньому СРСР та країнах соціалістичної співдружності. Історія шкільного будівництва і сучасний стан проектування з урахуванням енергозаощаджування в Україні вивчалися автором на прикладі 37<sup>3</sup>. Узагальнення досвіду шкільного будівництва свідчить, що енергозаощаджування в архітектурі шкіл має глибокі історичні корені, які знайшли відображення в архітектурних рішеннях від середини ХІХ і до початку ХХІ ст. Аналіз розвитку архітектурної типології шкільних будівель довів: архітектура шкіл формувалася з врахуванням енергозаощаджування. У масовому будівництві за типовими проектами архітектура шкіл частково втратила свою первинну функцію – захисту від негативних зовнішніх впливів і забезпечення умов провадження навчального процесу. Для подальшої експлуатації більшості з існуючих шкіл необхідно терміново розв'язати цілий комплекс проблем. Серед них – незадовільний температурний режим у приміщеннях або (та) невикористано великі теплоенергетичні втрати.

У результаті критичного аналізу досвіду проектування, будівництва та реконструкції шкільних будівель виявлені прообрази функціональних, просторових, архітектурно-естетичних рішень, які сприяють зменшенню тепловтрат. Перелік архітектурних енергозаощаджувальних заходів формувався шляхом оцінювання основних чинників за їх впливом на теплоспоживання будівель шкіл та величину тепловтрат.

Зміни шкільної архітектури, пов'язані із реформуванням вітчизняної освіти, розділені автором на три групи за рівнем впливу на енергетичний стан будівлі загалом та її окремих частин: І – пов'язані із диференціацією кубатур обігрівання; ІІ – визначають різноманітність вимог до параметрів внутрішнього мікроклімату приміщень; ІІІ – впливають на величини і співвідношення тепловтрат будівлі.

---

<sup>1</sup> Щусев А., Альошин П., Осьмачк В., Каракіс І., Волошинов Г., Капустіна А., Градов Г., Степанов В., Євдокимов С., Савченко В., Єшов В., Сова В., Воліка В., Нівін С., Баталов Є., Бакет П., Степанов В., Тірський В., Д'ячков В., Шишков І., Шехояна К. Провідні інституції: ЦТГП, ЦНДІЕП навчальних будівель, КиївЗНДІЕП, проекти вик. під кер. Б. Бархіна, М. Лісициана та ін.

<sup>2</sup> Куселка М., Хадживанов Д., Голомб І., Форст І., Кепка Л., Немец І., Нанаши М., Пенхарський А., Фафіус З., Колач М. та ін.

<sup>3</sup> Шедель Й., Дейнека О., Браттман Е., Беретті А., Бекетов О., Мінкус А., Захарієвич Ю., Бізанс Г., Пежанський Г., Мюнх Т., Сластьон О., Жуков К., Врубель Т., Красинський Л., Каракіс І., Яхненко Є., Король М., Гуменюк Є., Джигіль Ю., Білик М., Сьомка С. та ін.

Статистичний аналіз результатів опитування, проведеного у 114 школах (I–III температурної зони, респондентами стали 167 вчителів, серед них директори і завучі шкіл, та 123 батьків учнів) визначив потреби й побажання щодо архітектурного удосконалення шкільних будівель та їх ділянок. Виявлено постійне або періодичне відчуття дискомфорту, що присутнє в навчальних приміщеннях 68 % шкіл. Насамперед це температура, яка в навчальних приміщеннях деяких шкіл взимку становить 5 °С; підвищена вологість (80–90 %); конденсування вологи на внутрішніх поверхнях конструкцій. Результати інструментальних досліджень, проведених у 24 школах, показали, що дотримання оптимальних температурних параметрів у більшості з них в окремі періоди (при зовнішній температурі нижче холодної “триденки”) досягається шляхом понаднормового розходу теплоносіїв.

Опрацюванням нормативних та експериментальних даних визначено, що теплоспоживання будівель шкіл повною мірою залежать від об’єму будівлі, років їх будівництва, планувальної та планувально-просторової структури. У результаті аналізу понад 60 типових проектів визначено співвідношення складових тепловитрат в будівлях шкіл (тепловтрати теплопередачею і фільтрацією розподіляються від 65 і 35 % для початкових шкіл, шкіл малої місткості і корпусів павільйонних шкіл до 30 і 70 % у будівлях трикомплектних і більшої місткості шкіл).

Застосування спеціальних програмних продуктів дало змогу розрахувати енергоефективність архітектурних заходів. Розрахункова частина дослідження також ґрунтувалися на засадах архітектурно-будівельної фізики [22–25] та вітчизняних й закордонних нормативних і рекомендаційних джерелах [26]. Загальнотеоретичною основою досліджень стали роботи в галузі містобудування й архітектури [27–32]. Розрахунки проведені автором для будівель шкіл I–III кліматичних зон. Найбільшого ефекту втілення архітектурного енергозаощаджування очікується для I зони і значно меншого для III. IV температурна зона не досліджувалась через значні кліматичні відмінності від решти території України, невелику площу та незначну кількість освітніх закладів. Розраховано, що реалізація цілеспрямованої енергозаощаджувальної політики у сфері містобудування і архітектури може дати до 20 % економії теплової енергії. Щоб досягти такого ефекту, потрібні відповідні заходи у галузі проектування й в сфері втілення пропозицій архітектурного енергозаощаджування. Визначені джерела інвестицій на впровадження архітектурних енергозаощаджувальних заходів в шкільних будівлях. З’ясовано, що найбільше зацікавлена у інвестуванні держава. Ефективність залучення інвестицій обґрунтовується самоокупністю архітектурних енергозаощаджувальних заходів. Для існуючих шкіл термін окупності не повинен перевищувати 8 років, а перевага надається заходам з найменшим строками повернення інвестицій. Економічна перспектива повномасштабної реалізації архітектурного енергозаощаджування в будівлях шкіл України може бути оцінена в 0,6 млрд грн./рік (за розрахунками на основі цін II півріччя 2007 року).

У результаті аналізу досвіду шкільного будівництва зафіксовано вплив доступності і ціни енергоносіїв на зміни архітектури: композиційні і формальні рішення шкільних будівель, прийоми дизайну тощо.

Запропоновано періодизацію підходів до архітектурного енергозаощаджування. Перший період – від кінця XIX до початку XX – століття характеризується стабілізацією поверховості будівель шкіл, їхніх пропорцій, визначенням гігієнічних вимог та функціональної організації, а також формуванням усталених енергозаощаджувальних рішень. Упродовж II періоду, позначеного доступністю енергоресурсів та бурхливим розвитком інженерної думки, відбулося нівелювання заходів архітектурного енергозаощаджування та зменшилася відповідальність архітектурних рішень у формуванні внутрішнього мікроклімату. Третій період припадає на часи енергетичних, частково економічних, а останнім часом, й екологічної криз та супроводжується підвищенням свідомості й відповідальності архітекторів за використання енергетичних ресурсів. У таких умовах виникає гостра необхідність у розробленні і застосуванні архітектурного енергозаощаджування, що розвивається в трьох напрямках: реверсне застосування прийомів традиційної архітектури та їх удосконалення; використання передових технологій та матеріалів з появою концептуально нових архітектурних форм і методів; синтетичне поєднання першого і другого підходів.

Сукупність опрацьованих факторів та комплексний аналіз понад ста збудованих і спроектованих будівель шкіл дав змогу виділити архітектурні рішення, що впливають на типологію шкільних будівель

та разом з тим є архітектурними енергозощаджувальними заходами. З'ясовано, що функціональні, просторові, архітектурно-естетичні вирішення шкіл можуть бути заходами архітектурного енергозощаджування. Встановлені основні засоби енергозощаджування для будівель шкіл, які формують позитивний теплоенергетичний фон та створюють захист від вітру, оптимізують тепловтрати будівлі і змінюють об'єми обігрівання. Визначено перелік архітектурних заходів для шкільних будівель і комплексів у цьому напрямі: інтеграція у сельбищну забудову; використання міських елементів; створення внутрішніх дворових просторів; використання рельєфу та підземних просторів; вибір форми будівлі і окремих її елементів; оптимальне використання обігрівального об'єму; з'єднання окремих корпусів і блоків; вибір форми плану; об'єднання приміщень за температурними параметрами; використання орієнтації навчальних приміщень; усунення локальних тепловтрат; диференціація площі, конфігурації, теплоізоляційних властивостей світлопрозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій залежно від місцеположення в будівлі; зміна внутрішніх об'ємів приміщень тощо. Названі принципи проілюстровані 62 прикладами архітектурних енергозощаджувальних прийомів з досвіду проектування, будівництва й реконструкції шкільних будівель.

Рекомендації щодо вдосконалення шкільних будівель і комплексів як реалізація п'яти принципів архітектурного енергозощаджування окреслюються засобами, за допомогою яких розроблені архітектурні заходи і прийоми (таблиця).

Встановлено, що містобудівні засоби економії енергії здатні зменшувати тепловтрати до 15%. Це досягається вбудовою шкіл у міську забудову; використанням інших будівель як екранів; створенням внутрішніх дворових просторів; використанням рельєфу і підземних просторів:


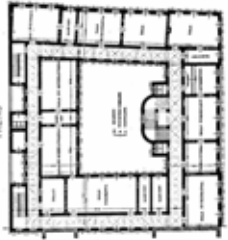


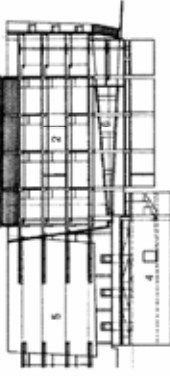


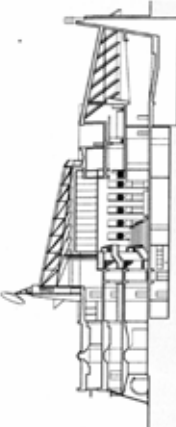

- розташування шкіл в центрах кварталів і районів підвищує температуру повітря їх територій на 0,5–1 °С за рахунок теплового випромінювання будівлями житлової забудови;
- на незахищених територіях для захисту від вітру будівель шкіл з навітряного боку необхідно розміщувати господарські будівлі, які здатні послабити швидкісний напір вітрів на 2–3 %, або висаджувати вітрозахисні смуги з хвойних порід дерев;
- проектування й будівництво шкіл з частковим заглибленням в ґрунт на 6% зменшують тепловтрати будівлі теплопередачею та інфільтрацією.





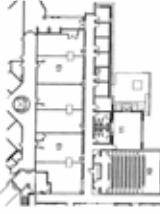

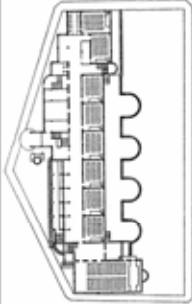

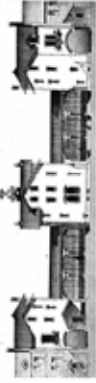


Удосконалення архітектурно-планувальних і просторових рішень з метою зменшення інтенсивності тепловтрат реалізовується такими заходами:



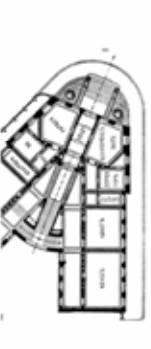





- обмеженням висоти шкільних будівель на незахищених територіях до 10 м, що зменшує фільтраційні тепловтрати і передбачає горизонтальний розвиток 2–3-поверхових шкільних будівель;
- збільшенням ширини шкільних будівель всіх композиційних схем, особливо централізованих;
- вбудовою планувальних елементів та збільшенням ширини в блокованих схемах шкільних будівель;
- об'єднанням окремих структурних і просторових частин, з'єднанням павільйонів під єдиним дахом для павільйонних схем будівель шкіл;
- видовженням лінійних частин, частковим зануренням в ґрунт та збільшенням ширини класів шкіл терасного типу;
- розташуванням основних приміщень будівлі (класів, лабораторій, навчальних кабінетів) та допоміжних (комунікаційних, господарських, т. ін.) із врахуванням їх орієнтації до сторін світу (до 5 %);
- об'єднанням приміщень з однаковими нормативними температурами повітря по горизонталі і вертикалі (до 6 %);
- використанням “поперечних” класних кімнат глибиною до 7,5 м (4 ряди по 4 столи), квадратних 6×6м (3 ряди по 4–5 столів) та нестандартної форми класів;
- використанням гнучких планів для створення різноманітних просторів в межах одного навчального приміщення, у великих аудиторіях, актових залах і рекреаціях;
- підвищенням рівня підлоги навчальних приміщень і коридорів відносно відміток тамбуру й вестибуля, заміною одинарних тамбурів на подвійні та встановленням зовнішніх вхідних дверей як мінімум врівень зі стінами будівлі.

**Класифікація принципів, засобів і заходів енергозаощаджування у будівлях і комплексах навчальних закладів на прикладах зі світового та вітчизняного досвіду**

Принцип		Засіб		Захід		Приклади архітектурних прийомів			
1	Містобудівний	2	3	4, 5, 6	1	2	3		
					<p>Формування мікроклімату території створенням позитивного теплоенергетичного фону та захисту від зимових вітрів</p>	<p>Інтеграція у наявну забудову</p>	<p>Примикання з одного боку</p>	<p>Розташування у глибині кварталу</p>	<p>Кутове розміщення</p>
					<p>Використання рельєфу</p>	<p>Використання рельєфу як вітрозахисту</p>	<p>Розміщення на південних схилах</p>	<p>Використання рельєфу як вітрозахисту</p>	<p>Створення штучних рельєфів</p>
<p>Використання міських елементів для захисту від панівних зимових вітрів</p>	<p>Захист зеленими насадженнями</p>	<p>Захист допоміжними приміщеннями</p>	<p>Реальне училище, Новгород, Росія, арх. К. Лигні, кін. XIX</p>	<p>Торговий коледж у Кембриджі, Англія, 1959, арх. Дж. Стерлінг</p>	<p>Коледж, Кембридж, Англія, арх. Дж. Стерлінг, Гован, 1959 р.</p>	<p>Школа № 55, Львів, Україна, 1883 р.</p>	<p>Школа, Кантон (Огайо) Канада, 1964, арх. Ф. Віоліч, Ш. Кеннеді</p>		


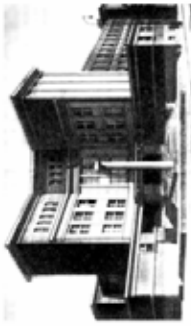
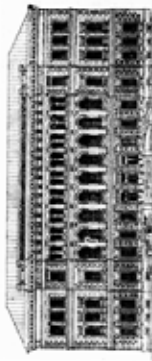
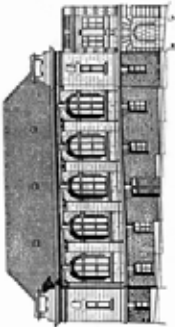


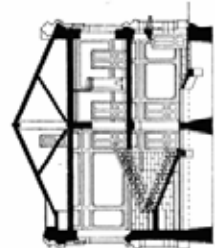
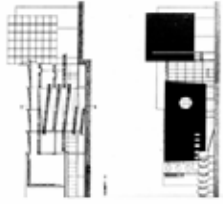
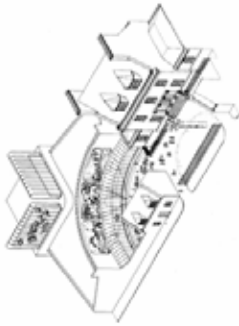
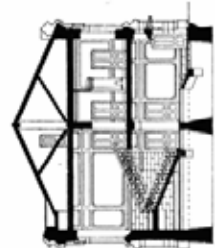
1	2	3	4	5	6
Містобудівні і ландшафтні	Зменшення тепловтрат будівлі меншими тепловтратами до ґрунту	Створення захищених внутрішніх дворових просторів	 <p>Реальне училище, Штутгарт, Німеччина, арх. Мейер, 1878 р. Частково закриті двори</p>	 <p>Промислова школа у Львові, Україна, арх. Г. Бізанс, 1892 р.</p> <p>Закритий внутрішній двір</p>	 <p>Школа на 1560 учнів, Данія, арх. А. Якобсен, 1956 р</p> <p>Система внутрішніх дворів</p>
		Використання підземних просторів	 <p>Початкова школа, США арх. А. Бецкі, 1995 р.</p>	 <p>Коледж Святого Духа, Квебек, Канада, арх. Г. Сейнер, А. Перрот, 2000 р.</p>	 <p>Початкова школа (ісландська), Агасіз, Канада, арх. Р. Маріам, 1991 р.</p>
			 <p>Школа, м. Мербо, Данія арх. К. Нюрин, 1956 р.</p>	 <p>Інститут Юстичії Британської Колумбії, Нью-Вестмінстер, Канада, арх. Р. Генрікез, Д. Том, 1995 р.</p>	 <p>Факультет архітектури університету, Торонто, Канада, арх. Б. Семпсон, 1994 р.</p>
			Заглиблення частини приміщень будівлі	Занурення окремих приміщень школи на всю висоту	Заглиблення всіх навчальних приміщень на частину висоти


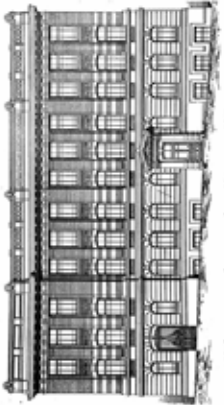
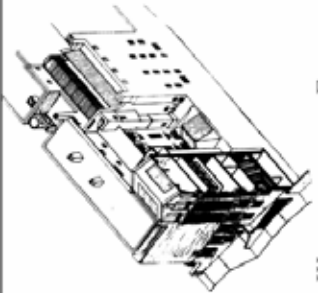
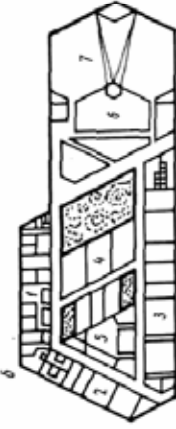

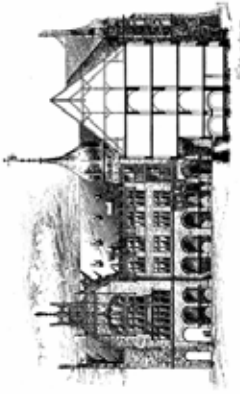
1	2	3	4	5	6
Композиція	Оптимізація тепловтрат	Зменшення площі зовнішніх конструкцій	 Загальноосвітня школа, на 900 учнів, Баден-Вюртемберг, Німеччина, 1971 р. Квадратні або прямокутні плани	 Королівський коледж, Оксфорд, Англія, арх. Дж. Стерлінг, 1971 Плани радіальної форми	 Початкова школа, Вестер, Норвегія, арх. Арсен і Солхейм, 1974 р. Плани круглі
			 Школа на 30 класів, м. Маріуполь, Україна, ЦНДШП, 70-ті роки XX ст.	 Корпус університету, Ватерлоо (Онтаріо), Канада, арх. С. Тілл 1996 р.	
Об'єднання приміщень за вимогами щодо внутрішніх температур приміщень	Збільшення ширини будівлі	Об'єднання окремих корпусів і блоків	 3-тє училище, С.-Петербург, Росія, арх. О. Красовський, 1887 р.	 Корпус шкільної групи Більбао, арх. П. Ієпсуа, 1933 р.	 Дипломний проект ст. арх. Вільне, МАРХІ, 1984 р.
			 Проект групи шкільних будівель, Путо, Франція, 1889, арх. Л. Калінау	 Школа в Хайда, Канада, арх. Р. Екстон, Г. Джонсон, М. Острі, 1995 р.	 Школа, Кантон (Огайо) Канада, арх. Ф. Вюлч, Ш. Кеннеді, 1964 р.
			Об'єднання по поверхах	Максимальне об'єднання в межах плану	З'єднання рекреаційними-переходами
			З'єднання теплими переходами	З'єднання зальними рекреаціями	З'єднання рекреаційними-переходами

1	2	3	4	5	6
Композиція	Запобігання надлишкових тепловтрат	<p>Використання орієнтації навчальних приміщень</p>	 <p>Корпуси університету в С. Андреве, Шотландія, 1968 р., арх. Дж. Стірлінг</p> <p>Максимальне використання південної та східно-західної орієнтації для навчальних приміщень</p>	 <p>Ліцей Вольтєра, Париж, Франція, арх. Е. Трай, 1888 р.</p>  <p>Реальне училище, Штутгарт, Німеччина, арх. Мейєр, 1878 р.</p>	 <p>Державне училище, Хемниц, Німеччина, арх. Готсгалдт, 1891 р.</p>  <p>Державна гімназія, Варна, Болгарія, арх. П. Момчилов, П. Ковчевський, 1893 р.</p>
Усунення локальних тепловтрат	 <p>Школа в Мейлахті, Гельсінкі, арх. В. Ревел, О. Сіпярі, 1953 р.</p> <p>Комплексним застосуванням орієнтації та заглиблення</p>	 <p>Початкова школа, Відень, Австрія, арх. М. Фесенсінгер, 1998 р.</p> <p>Зрізка кутів для зменшення локальних тепловтрат</p>	 <p>Гімназієне товариство, Яшле, Польща, арх. Т. Таловський, 1898 р.</p>		



1	Архітектурне формування будівель шкіл				
2	Формування з найменшими тепловтратами				6
3	Оптимальне використання обігрівального об'єму	Зменшення площі тепловтратам обранням форми будівлі	Школа, м.Копенгаген., Данія, арх. К. Фіскер 1953 р. Влаштування похилих дахів	Промислова школа, Львів, Україна, арх. Г. Бізанс, 1890 р. Влаштування мансардних поверхів	Проект розбудови Баухауз, Відень, Австрія, арх. Ф. Роланд, 1993 р. Об'єднання корпусів під єдиним дахом
4	Збільшення площі теплонаходжен	Квадратної форми	Школа на 40 класів (типовий проєкт) КиївЗНДЦП, поч. 70-х Круглої форми	Шкільний комплекс на 2200 учнів (проєкт)	Навчально-виробничий корпус Баухауз, Відень, Австрія, арх.М.Роєген, 1993 р. Кільцевої або підковоподібної
5	Формування з найбільшими тепловтратами	Школа, Хілверсум, Голландія, арх. В. Дудок, 1926 р. Вибір кутів нахилу дахів	Початкова школа, Лонг Біч, США, арх. Н. Крамер, 1998 р. Застосування різнонахилених площин конструкцій стін	Середній навчальний заклад, Австрія, арх. П. Кіндл, 1998 р. Створення теплоізолятивних поверхонь	

1	2	3	4	5	6
Лизинг екстер'єру шкіл	Зменшення тепловтрат крізь світлові прорізи	Зміна площі світлових прорізів по висоті будівлі	 <p>Початкова школа, Нью-Йорк, США, арх. К. Пірсон, 1998 р.</p> <p>Зменшення площі вікон нижніх поверхів</p>	 <p>Школа, Градце Карлове, Чехія, арх. Й. Гончар, 1927 р.</p> <p>Зменшення площі вікон верхніх поверхів</p>	 <p>Реальне училище, Н. Новгород, Росія, арх. К. Лигін, кінець XIX ст.</p> <p>Зменшення площі верхніх і нижніх поверхів</p>
	Зміна площі та конфігурації світлових прорізів різних частин будівлі	 <p>Реальне училище, Штутгарт, Німеччина, арх. Мейер, 1878 р.</p> <p>Зменшення площі вікон відповідно до місцезнаходження у будівлі</p>	 <p>Королівський коледж, Оксфорд, Англія, арх. Дж. Стерлінг, 1971 р.</p> <p>Зміна площі світлових прорізів відповідно до їх орієнтації</p>	 <p>Університет біля Ватерлоо, Онтаріо, Канада, арх. С. Тілл, 1996 р.</p> <p>Зміна площі відповідно до вимог внутрішніх температур груп приміщень</p>	 <p>Будівельне училище в Штутгарті, арх. фон Егле, 1867 р.</p> <p>Залежно від вітрового навантаження</p>
Зменшення тепловтрат крізь непрозорі отвори/ку вальні конструкції	Диференціація огорожувальних конструкцій за площею та теплоізоляційним і властивостями	 <p>Середній навчальний заклад, Австрія, арх. П. Кінгл, 1998 р.</p> <p>Залежно від орієнтації до сторін світу</p>	 <p>Університет в м. Сагга Андервас, Шотландія, арх. Дж. Стерлінг, 1971 р.</p> <p>Залежно від сформованого теплоенергетичного фону</p>	 <p>Будівельне училище в Штутгарті, арх. фон Егле, 1867 р.</p> <p>Залежно від вітрового навантаження</p>	

1	Дизайн внутрішнього середовища шкіль	Зміна висоти приміщень	Зміна товщини конструкцій по висоті будівлі	 <p>Реальне училище, С.-Петербург, Росія, арх. О. Красовський</p>	 <p>Жіноча гімназія, Київ, Україна, інж. Т. Ессен, 1886 р.</p>	 <p>Школа мистецтв, Глазго, Шотландія, арх. Макінтош, 1909 р.</p>
2	Зменшення площі поверху	Зміна об'єму приміщень	 <p>Експериментальний коледж Марлі-ле-Руа, Франція, 1966 р.</p>	 <p>Початкова школа, Вікторія, Канада, арх. Г. Чунг, Т. Ньютон, 1996 р.</p>	 <p>Влиця жіноча школа, Вісбаден, Німеччина, арх. Генсмер, кін. XIX</p>	
3	Зміна товщини конструкцій по висоті будівлі	Зміна висоти приміщень	Зменшення по висоті будівлі знизу догори	Застосування ордерів, прикрас	Зміна відповідно до об'єму, призначення та внутрішніх температур приміщень	
4	Зміна товщини конструкцій по висоті будівлі	Зміна висоти приміщень	Зменшення по висоті будівлі знизу догори	Застосування ордерів, прикрас	Зміна висоти приміщень	
5	Зміна товщини конструкцій по висоті будівлі	Зміна висоти приміщень	Зменшення по висоті будівлі знизу догори	Застосування ордерів, прикрас	Зміна висоти приміщень	
6	Зміна товщини конструкцій по висоті будівлі	Зміна висоти приміщень	Зменшення по висоті будівлі знизу догори	Застосування ордерів, прикрас	Зміна висоти приміщень	

Опацьовувались форми шкільних будівель, що мають енергозаощаджувальний ефект. Їх застосування зменшує нетехнологічні тепловтрати до 25 %. За допомогою математичних моделей виявлена залежність тепловтрат від форми будівлі або її композиційних складових і визначено ті з них, які мають найменші тепловтрати:

- до форм з найменшими втратами тепла належать шатрові, купольні та ін. будівлі і форми елементів;
- значний енергозаощаджувальний ефект у шкільних будівлях мають архітектурні рішення у вигляді атріумів, двосвітніх рекреацій, зимових садів або розміщення корпусів будівель “під одним дахом”;
- тепловтрати зменшує диференціація площ фасадів залежно від їхньої орієнтації за сторонами горизонту: мінімальна – для північних, середня – північно-західної і північно-східної орієнтації; максимальна – для південних фасадів;
- термічним буфером між основними огорожувальними конструкціями будівлі та зовнішнім середовищем є загальношкільні і автономні рекреації, що реалізуються у вигляді зимових садів, атріумів та веранд. Їх площа не повинна перевищувати 15 % від загальної площі поверху (зменшення тепловтрат до 12 %);

З метою енергозаощаджування запропоновано такі основні заходи дизайну архітектурного середовища:

*а) в екстер'єрах будівель шкіл:*

1. Утеплення стін: відповідно до орієнтації конструкції, зовнішніх стін приміщень великих об'ємів, кутових приміщень, перших або цокольних поверхів будівель шкіл;
2. Використання архітектурних деталей, ордерів, фактур та спеціальних архітектурно-планувальних рішень в місцях теплопровідних включень і стиків (зменшує тепловтрати до 11 %);
3. Застосування систем віконних порізів, що враховують теплофізичні впливи: вікна непрямокутної форми, вертикальна і горизонтальна градація форми і площ вікон; застосування вікон-теплиць;
4. Зменшення площі вікон в окремих приміщеннях і шкільних будівлях;
5. Орієнтація віконних отворів в будівлі за сторонами горизонту та відповідно до їхнього функціонального призначення з диференціацією площі;

*б) в інтер'єрах будівель шкіл:*

- пониження висоти софіту, влаштування стелі змінної висоти, підвищення підлоги приміщення відносно підлоги поверху для приміщень, що мають ненормовану висоту або більшу за 3.3 м (висоту поверху 3,6 м);
- застосування архітектурних деталей для локалізації тепловтрат в “містках холоду”;
- використання приміщень першого поверху для занять у позаурочний час, для роботи позашкільних дитячих закладів та культурно-побутового обслуговування населення збільшує теплонадходження;
- компактне розташування кімнат і навчальних кабінетів для занять груп продовженого дня та індивідуальних занять.

### **Висновки**

Виявлено, що проблемами енергозбереження будівель в сучасній Україні займається широке коло дослідників без належної участі у цьому процесі архітекторів. Відсутнє належне наукове обґрунтування та нормативна база проектування енергоощадних будинків, зокрема, шкільних будівель і комплексів. Встановлена невідповідність між просторово-функціональною організацією шкільних будівель і сучасними вимогами енергозбереження.

Уточнене поняття архітектурного енергозаощаджування. *Архітектурні заходи енергозаощаджування* спрямовані на зменшення непродуктивних енерговтрат (тепловтрат) і збереження оптимальних умов мікроклімату в будівлі. Вони залишаються актуальними при використанні будь якого з джерел енергії: традиційні види, альтернативні джерела чи внутрішні теплонадходження.

Виділено три періоди, які відрізняються відношенням до енергозаощаджування в архітектурі й відображені у містобудівних, композиційних, формотворчих і т. п. рішеннях шкільних будівель. I період – формування усталених енергозаощаджувальних рішень (кін. XIX – поч. XX ст.); II – нівелювання заходів архітектурного енергозаощаджування, зменшення ролі архітектурних рішень у формуванні внутрішнього мікроклімату (поч. XX ст. до 50–80 років XX ст.). III – зростання впливу архітектурних рішень на використання енергетичних ресурсів (часи енергетичних, економічних та екологічних криз).

Визначені масштаби впровадження архітектурних енергозаощаджувальних рішень, які обумовлені зростанням в Україні об'ємів будівництва нових та реконструкції і реновації існуючих шкіл. Доведено, що на сучасному етапі проектування і ревалоризація, реконструкція та експлуатація навчальних закладів повинні узгоджуватись з впровадженням архітектурних енергозаощаджувальних заходів. Їхні розроблення і застосування має розвиватися у трьох напрямках: реверсне застосування прийомів традиційної архітектури; використання передових технологій та матеріалів; синтетичне поєднання цих двох напрямків.

Обґрунтовано застосування заходів архітектурного енергозаощаджування з позицій комплексного підходу до теплозахисту будівлі, дотримання теплового комфорту приміщень та економічного мотивування. У результаті проведених автором досліджень (24 енергообстеження, 11 енергоаудитів). За розрахунками автора, їх впровадження дає змогу зменшити тепловтрати в шкільних будівлях до 60 %, рівень теплоспоживання до 20 % і забезпечувати щорічний економічний ефект у розмірі 0,6 млрд. гривень (у цінах 2007 року).

Визначено 5 груп шкільних будівель, поділених за потребою впровадження архітектурних енергозаощаджувальних рішень: I – невідкладне проведення термомодернізації (побудовані у 70–90-х роках XX ст.); II – одночасне застосування архітектурних рішень відповідно до реформ освіти та вимог енергозаощаджування (будівлі задовільного стану без часових обмежень зведення); III – повна реновація і модернізація (до 70-х років XX ст.), IV – поміркована ревалоризація зі спеціальними заходами енергозаощаджування (пам'ятки архітектури); V – поступове виведення зі шкільного фонду.

Обґрунтована пріоритетність застосування архітектурних енергозаощаджувальних заходів для: 1) шкільних будівель, розташованих у I–II температурних зонах України, де очікується найбільший енергетичний, а відтак, і економічний ефект; 2) шкіл з місткістю в діапазоні від початкових до трикомплектних загальноосвітніх шкіл; 3) таких типів шкіл, як “школа – родина”, початкова школа, “початкова школа + дошкільний виховний заклад” та приміщень для дітей шестилітнього віку у складі школи.

Визначено принципи архітектурного вдосконалення шкільних будівель і комплексів з врахуванням енергозаощаджування. Містобудівний принцип полягає у створенні позитивного тепло-енергетичного і вітрового фону для будівлі школи. Планувально-просторовий принцип спрямований на узгодження структури й планувальних параметрів з вимогами до внутрішнього мікроклімату приміщень та зовнішньокліматичними параметрами. Композиційний принцип передбачає компактне вирішення будівлі з її обмеженням по висоті та вертикальне зонування приміщень. Дія принципу формоутворення спрямовується на оптимізацію форм будівлі та її композиційних складових. Принцип дизайну узгоджує фасадний та інтер'єрний дизайн із поширенням теплового потоку і регламентує кубатуру та функціонування окремих приміщень. Принципи та засоби архітектурного енергозаощаджування втілені у програмах регенерації історичних шкільних будівель, які передбачають часові етапи реалізації, розроблені для проектних рішень сучасних шкіл з урахуванням вимог освітньої реформи та застосовані у навчальному процесі.

*1. Концепція 12-річної середньої загальноосвітньої школи. Проект розроблений Міністерством освіти і науки України та відділенням дидактики, методики та інформаційних технологій в освіті. – К., 2000. – 16 с. 2. Концепція розвитку освіти на 2006–2010 роки. – К., 2006. – 16 с. 3. Чижевський Г.Б. Школи нового типу в Україні: Метод. посібник. – К., 1996. – 46 с. 4. Антонюк Д.И. Архитектура детских дошкольных учреждений с геосистемами теплоснабжения (на примере УССР): Дис. ...к.анд. арх. – К.,*

1989. – 175 с. 5. Казаков Г.В. Принципы совершенствования гелиоархитектуры. – Львів: Світоч, 1990. – 152 с. 6. Кащенко Т.О. Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форми: Автореф. дис. ...канд. арх. – К., 2001. – 19 с. 7. Хавхун Г.Н. Применение систем использования солнечной энергии в архитектуре рекреационных зданий (на примере природно-климатических условий УССР): Дис. ...канд. арх. – К., 1987. – 135 с. – Машинопис. 8. Дячок О.М. Принципи формування архітектури шкіл з нетрадиційними методам навчання: Дис. ...канд. арх. – К., 1999. – 192 с. – Машинопис. 9. Ежов В.И. Архитектура общественных зданий массового строительства. – М.: Стройиздат, 1983. – 216 с. 10. Слепцов О.С. Формирование объемно-планировочной структуры школьных зданий в сложных инженерно-геологических условиях (просадочные грунты и подрабатываемые территории): Дис. ...канд. арх. – К., 1987. – 117 с. – Машинопись. 11. Ковальский Л.М. Проблемы развития архитектуры учебно-воспитательных зданий: Дис. ...д-ра арх. – К., 1995. – 212 с. – Машинопись. 12. Консулова Н.А. Принципы формирования архитектурной среды школьных зданий с учетом ее воспитательного воздействия: Дис. ...канд. арх. – К., 1987. – 185 с. – Машинопись. 13. Начева Е.А. Совершенствование сети и типов школьных зданий в существующей застройке (на примере городов Украины): Дис. ...канд. арх. – К., 1992. – 120 с. – Машинопис. 14. Сьомка С.В. Архітектурно-планувальна організація будівель ліцеїв і гімназій (в умовах України): Автореф. дис. ...канд. арх. – К., 1996. – 16 с. 15. Шпаковская В.Т. Архитектурная организация среды для учащихся подготовительных классов общеобразовательных школ: Автореф. дис. ...канд. арх. – К., 1984. – 30 с. 16. Мусеева С.Б., Решетникова Н.В. Методические рекомендации по проектированию сельских общеобразовательных школ (с учетом новых концептуальных документов). – М.: ЦНИИЭП Граждансельстрой, 1992. – 76 с. 17. Ветров П.Г., Гуцев А.А. Строительство каркасно-панельных школ и детских учреждений. – Л. – М.: Стройиздат, 1967. – 141 с. 18. Градов Г.А. Пути повышения архитектурного качества зданий школ и яслей-садов // Архитектура учебно-воспитательных зданий в жилой застройке. – М., 1975. – С. 4–9. 19. Коктиш В.И. Климатические основы типизации жилых, учебно-воспитательных зданий и приемов застройки микрорайона: Автореф. дис. ...канд. арх. – М., 1977. – 18 с. 20. Лебедева Г.В. Архітектура школьных зданий: Учеб. пособие. – М.: МП “Ладья”, МАрХИ, 1994. – 88 с. 21. Степанов В.М. Проблемы архитектуры школьных зданий. Дис. ...д-ра арх. – М., 1983. – 43 с. 22. Фокін К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – Изд. 4-е. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с. 23. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. – М.: Высш. шк., 1991. – 255 с. 24. Сергейчук О.В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючих конструкцій будинків: Навч. посібник. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с. 25. Підгорний О.Л. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на різні поверхні // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Зб. статей. – К.: КІБІ, 1993. – Вип. 54. – С. 10–13. 26. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: ДП “Укрархбудінформ”, 2006. – 70 с. 27. Дьомін М., Левітан Я. Соціально-демографічні процеси та основи державної містобудівної політики в Україні // Проектно-планувальні аспекти містобудування. – К., 2004. – Вип. 7. – С. 47–56. 28. Ежов В.И. Архитектура общественных зданий массового строительства. – М.: Стройиздат, 1983. – 216 с. 29. Ежов В.И. Научные основы формирования и типизации общественных зданий в условиях комплексной застройки жилых районов (на примерах практики проектирования и строительства в Украинской ССР): Автореф. дис. ...д-ра арх. – М.: Стройиздат, 1982. – 35 с. 30. Зоколей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой / Под ред. В.Г. Бердичевского, Б.Ю. Бранденбурга. – М., 1984. – 459 с. 31. Слепцов О.С. Архітектура цивільних будівель на основі відкритих збірних конструктивних систем: Автореф. дис. ... д-ра арх. – К.: КНУБА, 1999. – 37 с. 32. Проскуряков В.І. Архітектура українського театру. Простір і дія. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2001. – 564 с.