

(повне найменування вищого навчального закладу)
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
 (назва факультету)
кафедра електричної інженерії
 (повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь, освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка методів проектування раціонального інсоляційного режиму енергоефективних будівель шляхом аналізу процесів, що відбуваються в світлопрозорих конструкціях**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи ЕМм-61
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"
(шифр і назва спеціальності, напряму підготовки)

	<u>Шевчук В.М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Тарасенко М.Г.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Коваль В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Шелестовський Б.Г.</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шевчуку Віталію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка методів проектування раціонального інсоляційного режиму енергоефективних будівель шляхом аналізу процесів, що відбуваються в світлопрозорих конструкціях

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 23 серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом роботи 10 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали науково-практичних конференцій, семінарів, періодичних видань, теоретичні та методичні розробки вчених, статистичні дані, підручники, довідники, монографії, матеріали науково-дослідницької та переддипломної практик, ресурси мережі Інтернет, особисті спостереження автора.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.		
Обґрунтування економічної ефективності	д.е.н., проф. Малюта Л.Я.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Гурик О.Я.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		
Екологія	к.т.н., доц. Лясота О.М.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Коваль В.П.		

7. Дата видачі завдання

2 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи магістра	05.09.19 – 30.09.19	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	01.10.19 – 31.10.19	
3	Підготовка розділу «Спеціальна частина»	01.11.19 – 05.11.19	
4	Підготовка розділу «Обґрунтування економічної ефективності»	06.11.19 – 10.11.19	
5	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.11.19 – 15.11.19	
6	Підготовка розділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»		
7	Підготовка розділу «Екологія»	16.11.19 – 20.11.19	
8	Складання переліку використаних літературних джерел	21.11.19 – 25.11.19	
9	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	26.11.19 – 30.11.19	
10	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу дипломної роботи (креслень формату А1, слайдів)	01.12.19 – 05.12.19	
11	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	06.12.19 – 10.12.19	

Студент

(підпис)

Шевчук В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дана дипломна робота магістра містить у собі: 98 сторінок, 40 ілюстрацій, 8 таблиць, 17 використаних першоджерел, 19 листів креслень (слайдів).

Об'єкт дослідження – процес інсоляції приміщень.

Предмет дослідження – геометричні методи оцінки та розрахунку інсоляції приміщень.

Мета роботи – розробка методів проектування раціонального інсоляційного режиму приміщень на основі моделювання й аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в інсольованих приміщеннях та світлопрозорих конструкціях.

Методи дослідження. У роботі використані методи прикладної та аналітичної геометрії, площинної та просторової тригонометрії, комп'ютерного моделювання, архітектурно-будівельної кліматології.

Практичне значення роботи полягає в розробці методики оцінювання дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням геометричних особливостей світлопрозорих конструкцій та фізичних властивостей скління.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, інсоляція, будівля, світлопрозорі конструкції.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розробив	Шевчук В.М.	М.О.					
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	11
1.1. Розвиток світової енергоефективної архітектури.....	11
1.2. Функціональні якості сонячної радіації	21
1.3. Методи розрахунку та нормування інсоляції в приміщеннях.....	26
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	34
2.1. Удосконалення та застосування сонячних карт для покращення інсоляційного режиму приміщень.....	34
2.2. Розрахунок прозорості традиційних СЗП.....	47
2.3. Розрахунок прозорості нетрадиційних СЗП.....	51
2.4. Розрахунок кількості енергії, отриманої приміщенням за певний період	55
2.5. Узагальнення методики оцінки інсоляційного режиму приміщення	58
Висновки до розділу 2	63
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	64
3.1. Сучасні комп'ютерні методи розрахунку тривалості інсоляції будинків	64

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					
Розробив		Шевчук В.М.			ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Тарасенко М.Г.							
Консульт.		Тарасенко М.Г.				ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61			
Н. контр.		Коваль В.П.							
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.							

3.2. Програмне забезпечення СИТИС: Солярис	65
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	70
4.1. Фінансові та законодавчі стимули розвитку сонячної енергетики – досвід передових країн для України	70
4.2. Техніко-економічний розрахунок сонячної пасивної системи опалення	74
Висновки до розділу 4	77
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	78
5.1. Аналіз факторів ризику при експлуатації систем сонячного теплопостачання.....	78
5.2. Заходи для забезпечення електробезпеки	80
5.3. Загальні принципи організації пожежної безпеки.....	81
6. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	84
6.1. Класифікація та загальні характеристики надзвичайних ситуацій.....	84
6.2. Надзвичайні ситуації воєнного часу	88
РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЯ	91
7.1. Актуальність охорони навколишнього середовища.....	91
7.2. Екологізація виробництва та «зелені» технології	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- d — день року по відношенню до 22 червня
 Θ — географічна широта місцевості
 t — сонячний час
 Γ — річний кут (для 22 червня $\Gamma=0$)
 Δ — схилення Сонця
 h — годинний кут (для 12:00 $h = 0$)
 Al_S — кутова висота Сонця
 Az_S — азимутальний кут Сонця
 Al_W — вертикальний кут нормалі до площини світопрозорої конструкції
 Az_W — азимутальний кут нормалі до площини світопрозорої конструкції
 κ — кут між лінією найбільшого скату світопрозорої конструкції та перпендикуляром до напрямної щитів сонцезахисного пристрою (СЗП)
 κ_1, κ_2 — точки сходу щитів сонцезахисного пристрою
 η — розрахунковий кут затінення сонцезахисного пристрою
 θ — кут нахилу щитів сонцезахисного пристрою
 ξ — допоміжний кут затінення щитами (зазвичай $\xi < \eta$)
 ψ — кут між перпендикуляром до прямої перетину площини щита сонцезахисного пристрою із площиною світлопрозорої конструкції та перпендикуляром до напрямної ламелей

					<i>ДРМ 324.18.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ		
Розробив		Шевчук В.М.					
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Тарасенко М.Г.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		

- μ — кут нахилу ламелей відносно площини щита
 ν — розрахунковий кут затінення площини щита ламелями
 χ — допоміжний кут затінення ламелями (зазвичай $\chi < \nu$)
 τ_L — коефіцієнт прозорості матеріалу сонцезахисного пристрою
 τ_S — прозорість щита сонцезахисного пристрою
 τ_D — прозорість сонцезахисного пристрою
 I — інтенсивність потоку сонячної радіації, Вт/м²
 W — потужність потоку прямої сонячної радіації, що проходить крізь світлопроріз, Вт
 Q_d — денна кількість енергії інсоляції, Дж
 D — добова бактерицидна доза сонячної радіації, бакт/м²

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Підвищення стандартів життя в XX сторіччі було невід’ємно пов’язано зі зростанням питомих витрат енергії та енергоносіїв на кожного мешканця. Велика частка цих витрат пов’язана із забезпеченням фізичних умов комфорту в штучному середовищі. Дотримання комфортних умов є важливим для збереження та відновлення працездатності, охорони людського здоров’я та життя. Оптимальні для людського здоров’я та працездатності параметри середовища забезпечуються не лише шляхом застосування інженерних систем опалення та кондиціонування, але й раціональними архітектурними та конструктивними рішеннями будівель. Такі рішення часто знаходяться завдяки вивченню досвіду традиційної народної архітектури. Проте розвиток сучасної архітектури, розширення типології житлових та громадських будівель ставлять перед архітекторами задачі, які неможливо вирішити виходячи з традиційного досвіду.

Обмеженість природних ресурсів примушує людство вдаватися до політики економії ресурсів, зокрема енергозбереження в архітектурі. Розрахунок та регулювання впливу інсоляції на мікроклімат та енергетичний баланс приміщень є однією з пріоритетних задач енергоефективної архітектури. Спеціалісти багатьох країн працюють над архітектурними та інженерними засобами покращення інсоляційного режиму приміщень. При цьому архітектурні засоби, такі як оптимізація форми будівлі, світлопрозорих конструкцій та сонцезахисних пристроїв, пов’язані з розрахунком їх характеристик з застосуванням апарату прикладної геометрії та будівельної фізики.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Шевчук В.М.			ВСТУП		
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Тарасенко М.Г.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

До переліку питань, що розглядаються будівельною фізикою, належать природне освітлення, теплова ізоляція, розрахунок теплових надходжень, а апарат прикладної геометрії дозволяє розраховувати тривалість інсоляції, площу потоку сонячних променів та інші параметри, які є важливими для розрахунку попередніх величин.

Зазвичай в розрахунках використовується модель добового конуса сонячних променів, що запропонована проф. О.Л. Підгорним. Існуючі методи дозволяють виконувати як графічний так і аналітичний розрахунок властивостей світлопрозорих конструкцій в традиційній архітектурі, проте проектувальникам бракує засобів для оцінки рішень, що характерні для сучасної архітектури, в тому числі світлопрозорих конструкцій та сонцезахисних пристроїв загального положення.

Необхідність застосування нових методів у енергозбереженні базується на ряді законодавчих документів, постанов та програм: Закону України «Про енергозбереження», Комплексній Державній програмі енергозбереження України, Галузевої державної програмі енергозбереження та енергоефективності у житлово-комунальному господарстві та ін.

Мета роботи – розробка методів проектування раціонального інсоляційного режиму приміщень на основі моделювання й аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в інсольованих приміщеннях та світлопрозорих конструкціях.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні **основні задачі**:

1. Проаналізувати існуючі методи розрахунку та нормування інсоляції приміщень з точки зору врахування вимог енергозбереження.
2. Удосконалити методи розрахунку інсоляції приміщень при світлопрорізах довільної форми та положення.
3. Розробити методи розрахунку геометричних параметрів енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

Методи дослідження. У роботі використані методи прикладної та

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

аналітичної геометрії, площинної та просторової тригонометрії, комп'ютерного моделювання, архітектурно-будівельної кліматології.

Об'єкт дослідження – процес інсоляції приміщень.

Предмет дослідження – геометричні методи оцінки та розрахунку інсоляції приміщень.

Наукова новизна полягає в наступному:

1. Запропоновано комплексну сонячну карту, призначену для аналізу й покращення інсоляційного режиму приміщень та проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

2. Запропоновано методику розрахунку ефективності нетрадиційних сонцезахисних пристроїв.

3. Удосконалено методику розрахунку дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням архітектурно-просторового рішення та фізичних властивостей скління.

Практичне значення роботи полягає в:

1. Удосконаленні нормативної методики розрахунку інсоляції приміщень на основі застосування комплексних сонячних карт.

2. Розробці графічних та аналітичних методів оцінювання ефективності різних, в тому числі нетрадиційних типів сонцезахисних пристроїв.

3. Розробці методики оцінювання дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням геометричних особливостей світлопрозорих конструкцій та фізичних властивостей скління.

Особистий внесок автора – виконано дослідження, які пов'язані з формулюванням вимог до енергоефективності інсоляції, проектування сонцезахисних пристроїв та розробкою методів їх розрахунку.

Публікації. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Розвиток світової енергоефективної архітектури

Основною функцією архітектури є забезпечення умов комфорту у архітектурному середовищі, зокрема у приміщеннях. Параметрами, за якими визначаються умови комфорту та придатність приміщень для перебування й діяльності в ньому людини, є: температура повітря та оточуючих поверхонь, вологість, хімічний склад повітря та кратність його обміну, рівень шуму, освітленість робочих поверхонь та ін. Комфортними вважаються значення цих параметрів, якщо вони лежать у певному діапазоні. Параметри, що виходять за межі діапазону, є несприятливими факторами зовнішнього середовища, захист від яких має забезпечувати архітектурне конструктивне рішення будинків. Значимість факторів для формування комфортних умов у приміщенні проаналізовано у табл. 1.1 [3, 4].

Системною задачею архітектури є забезпечення умов комфорту протягом терміну експлуатації будівлі із мінімальними витратами ресурсів, зокрема праці, будівельних матеріалів, території, енергоносіїв тощо. Протягом тисячоріч в народній архітектурі різних регіонів було знайдено ряд рішень, які достатньо ефективно виконують поставлену задачу. В залежності від типу клімату в та характерних для нього несприятливих факторів, народна архітектура виробила відповідні типи житла [1, 2].

Для клімату середніх широт, що характеризується наявністю холодної зими, характерні компактні архітектурно-просторові рішення із невеликими отворами в стінах та буферними приміщеннями: горищем, сіньми, дровником

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД		
Розробив	Шевчук В.М.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

та блокованими господарськими приміщеннями, що зменшувало втрати тепла в холодний період року (рис. 1.1, а). Для більш спекотних країн характерні інші архітектурно-просторові рішення – зі збільшеними об’ємами приміщень та отворів задля кращої вентиляції, розвиненим зв’язком внутрішніх та літніх приміщень, засобами сонцезахисту: ґратами та віконницями, природної вентиляції (рис. 1.1, б).

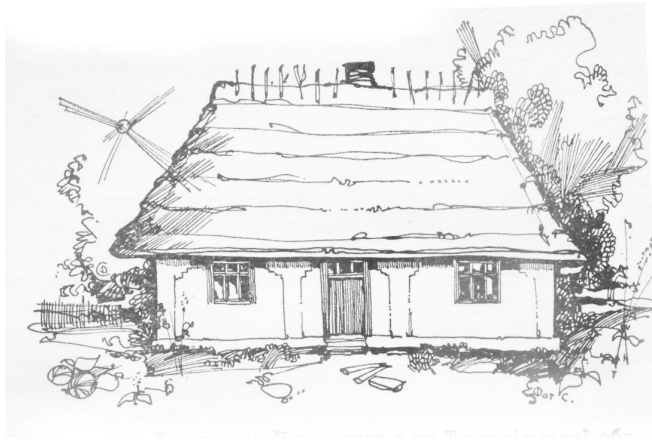
Таблиця 1.1

Фактори формування комфортних умов у приміщенні

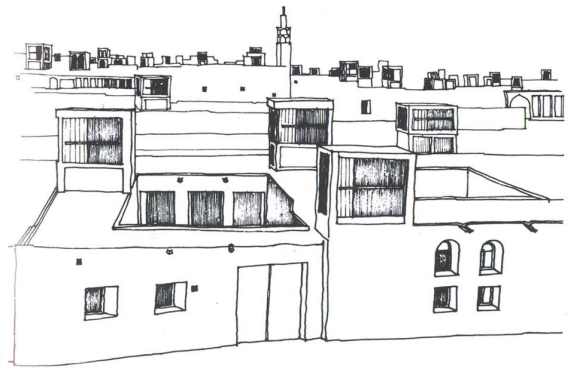
Фактори		Постійні		Довгострокові		Короткочасні	
		Положення	Навколишні об’єкти	Функції приміщення	Пора року	Час доби	Поточні функції
Зовнішнє середовище	Сонячне світло	1	2		1	1	
	Температура				1	2	
	Тиск вітру	1			2		
Вимоги	Температура повітря в приміщенні			2			1
	Освітленість			2		2	1
	Шумозахист		1	2			1
	Огляд / візуальний захист	3		1		3	2
	Безпека	3		1			2

Примітка: 1 – визначальний фактор; 2 – другорядний фактор; 3 – в окремих випадках фактор також має значення

Ще до нашої ери стародавні зодчі, використовуючи сонцезахисні портики, навіси, піддашся тощо, вміли захищати житлові й громадські будівлі від спеки. Суто емпіричне спостереження за рухом сонця дозволяло конструювати сонцезахисні елементи будівель, що створювали ефективне затінення з урахуванням положення сонця в найбільш спекотні дні й години. Таким чином, народна та класична архітектура свідчить, що людство має давню традицію узгодження архітектури з рухом сонця протягом року.



а)



б)

Рис. 1.1. Форми традиційного житла

а – в помірному кліматі (українська хата);

б – в спекотному сухому кліматі (перський хайят)

Поява в XIX-XX сторіччях технологій електричного освітлення, центрального опалення та кондиціонування повітря поряд із розвитком типології архітектури дозволили архітекторам відійти від традиційних об'ємно-просторових рішень. Розвиток інформаційного суспільства із обміном досвідом діячів різних країн утворив явище світової архітектури, що характеризується застосуванням подібних рішень і технологій в архітектурі країн усіх континентів. Одною з найхарактерніших особливостей світової архітектури є так звана „скляна архітектура”.

Першим об'єктом скляної архітектури вважається виставковий павільйон «Кришталевий палац» (рис. 1.2, а), зведений у 1851 р. в Лондоні за проектом садівника Джозефа Пакстона із використанням технологій, що застосовувалися раніше при будівництві теплиць. Хоча вже тоді виявилися складності експлуатації скляних будівель, пов'язані з їх перегрівом в літній період, проект привернув увагу громадськості оригінальністю архітектурно-проектного рішення та високою технологічністю виготовлення.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рис. 1.2. Розвиток скляної архітектури в XIX-XX ст.

а – Кришталевий палац, Дж. Пакстон, 1851; б – Скляний купол, Бруно Таут, 1919;
 в – Баухауз, В. Гропіус, 1919; г – гараж Понтъє, Огюст Перре, 1907;
 д – Еспрі Нуво, Ле Корбюзьє, 1928; е – вілла Савой, Ле Корбюзьє, 1931;
 є – дитячий садок в Комо, Джузеппе Тераньї, 1936; ж - з – Сіграм Білдінг,
 Міс Ван дер Роє, 1958; і – Фарнсворт хаус, Міс Ван дер Роє, 1951

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Приміщення з надлишковою площею скління набули популярності в архітектурі стилю «модерн». Панорамні вікна вважалися престижним елементом особняків. Ця ідеологія була розвинута в творчості функціоналістів та конструктивістів.

До початку 1970-х рр. зростаючі потреби в енергії вдавалося задовольняти за рахунок екстенсивного збільшення виробництва електроенергії та видобутку енергоносіїв. При цьому запровадження енергозберігаючих технологій гальмувалося. Енергетична криза 1973 р. примусила передові країни вдаватися до заходів з енергозбереження, в першу чергу адміністративних – обмежень на площу скління та потужність систем кондиціонування.

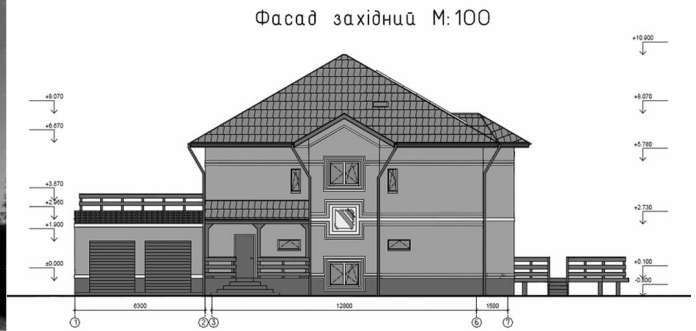
Останні десятиріччя були відзначені розвитком норм з енергозбереження та запровадженням ряду енергозберігаючих технологій як в житлове, так і в громадське будівництво. В розвинених країнах з кінця 1980-х років проектуються та будуються будівлі за стандартом пасивного будинку (рис. 1.3, а-б), що характеризуються високим рівнем теплоізоляції. Це дозволяє будувати їх без традиційної системи опалення, а мінімальні витрати тепла компенсуються тепловими виділеннями мешканців, побутового обладнання та кондиціонером. Подальшим розвитком ідеї енергозберігаючого будинку є стандарти нуль-енергетичного будинку та плюс-енергетичного будинку, де завдяки інтегрованим системам альтернативної енергетики, переважно фотогальванічним та геотермальним, витрати енергії компенсуються або перевищуються її видобутком.

У зв'язку з подорожчанням енергоносіїв та їх поступовим виснаженням у всьому світі людство повертається до ідеї архітектури, що максимальним чином використовує природні фактори – відновлювані джерела енергії, зокрема невичерпану сонячну радіацію. Так, вже кілька сторіч для вирощування рослин у штучному середовищі використовуються парники. Протягом останнього сторіччя розроблялися так звані „сонячні будинки”, де прибудований чи вбудований парник служить джерелом опалення.

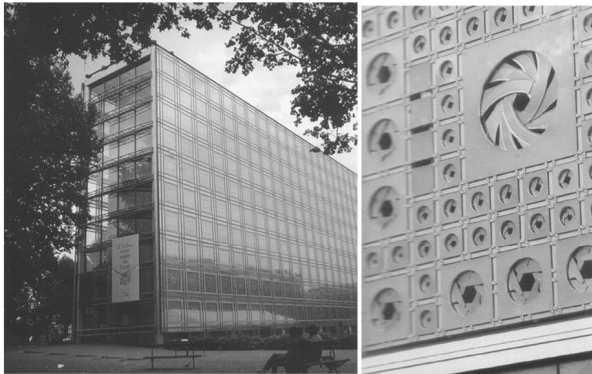
					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



а)



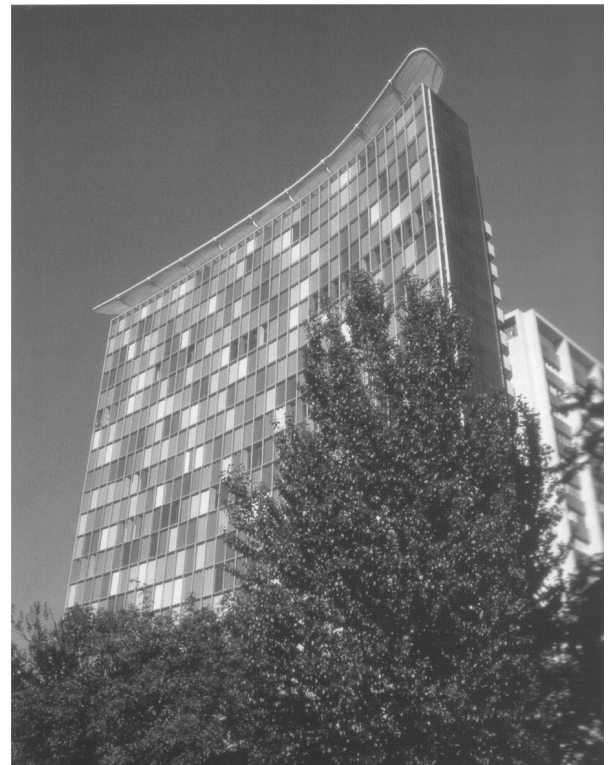
б)



в)



г)



д)

Рис. 1.3. Напрямки енергоефективної архітектури

а – пасивний офісний будинок в Кьольбе, 2001; б – пасивний житловий будинок, запроєктований на кафедрі архітектурних конструкцій КНУБА у 2011 р.;
в – центр арабської культури, Париж, Жан Нувель 1988; г – мерія, Лондон, Норман Фостер, 2001; д – будинок GSW, Зауербрух/ Хуттон, Берлін, 2000

Поряд із скляними приміщеннями працюють також сонячні колектори, тромб-стіни, подвійні фасади, що також розраховані на використання сонячної енергії. При цьому, сонячне тепло може використовуватися як для

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

безпосереднього опалення приміщень чи нагрівання побутової води, так і для забезпечення вентиляції, використовуючи конвективний рух повітря (рис. 1.3, д). Окремим напрямком є геліоенергетика, де енергія сонячної радіації використовується для нагрівання теплоносія: повітря чи рідини, що є робочим тілом парового двигуна, чи двигуна Стірлінга, який рухає ротор електрогенератора.

Водночас, сонце є джерелом негативного впливу, оскільки будівлі з підвищеною площею скління схильні до перегріву. В таких умовах важливим є захист приміщення від надлишкового впливу сонячної радіації (рис. 1.3, в-г). Оскільки засоби сонцезахисту захищають приміщення не тільки від перегріву, але й виконують ряд інших функцій, важливим при проектуванні будівлі та її світлопрозорих конструкцій є визначення вимог до них з урахуванням призначення приміщень та режиму експлуатації. Ці функції проаналізовані у таблиці 1.2. Як видно з таблиці, функції світлопрозорих огорожень не є сталими, а змінюються протягом добового та річного циклів. В таких умовах зростають вимоги до засобів сонцезахисту як в плані ефективності, так і можливості адаптації до зміни вимог.

Таблиця 1.2

Режими функціонування світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Функція приміщення	Пора року			
	Зима		Літо	
	Час доби			
	День	Ніч	День	Ніч
Робота людей	1,2,3,4,6,7,8	2,3,6,8	1,2,5,6,7,8,9	2,6,8,9
Відпочинок людей	1,2,3,4,6,8	2,3,6,8	1,2,5,6,8,9	2,6,8,9
За відсутності людей	3,4,6	3	5,6,9	9

Функції світлопрозорих огорожень: 1 – природне освітлення приміщень; 2 – огляд; 3 – захист від тепловтрат; 4 – обігрів через парниковий ефект; 5 – захист від перегріву; 6 – візуальний захист; 7 – захист від засліплення; 8 – шумозахист; 9 – природна вентиляція.

Сонцезахисні засоби, що використовуються в сучасні архітектурі пропонується класифікувати за принципом дії, розташуванням відносно скління та за типом управління (рис. 1.4).

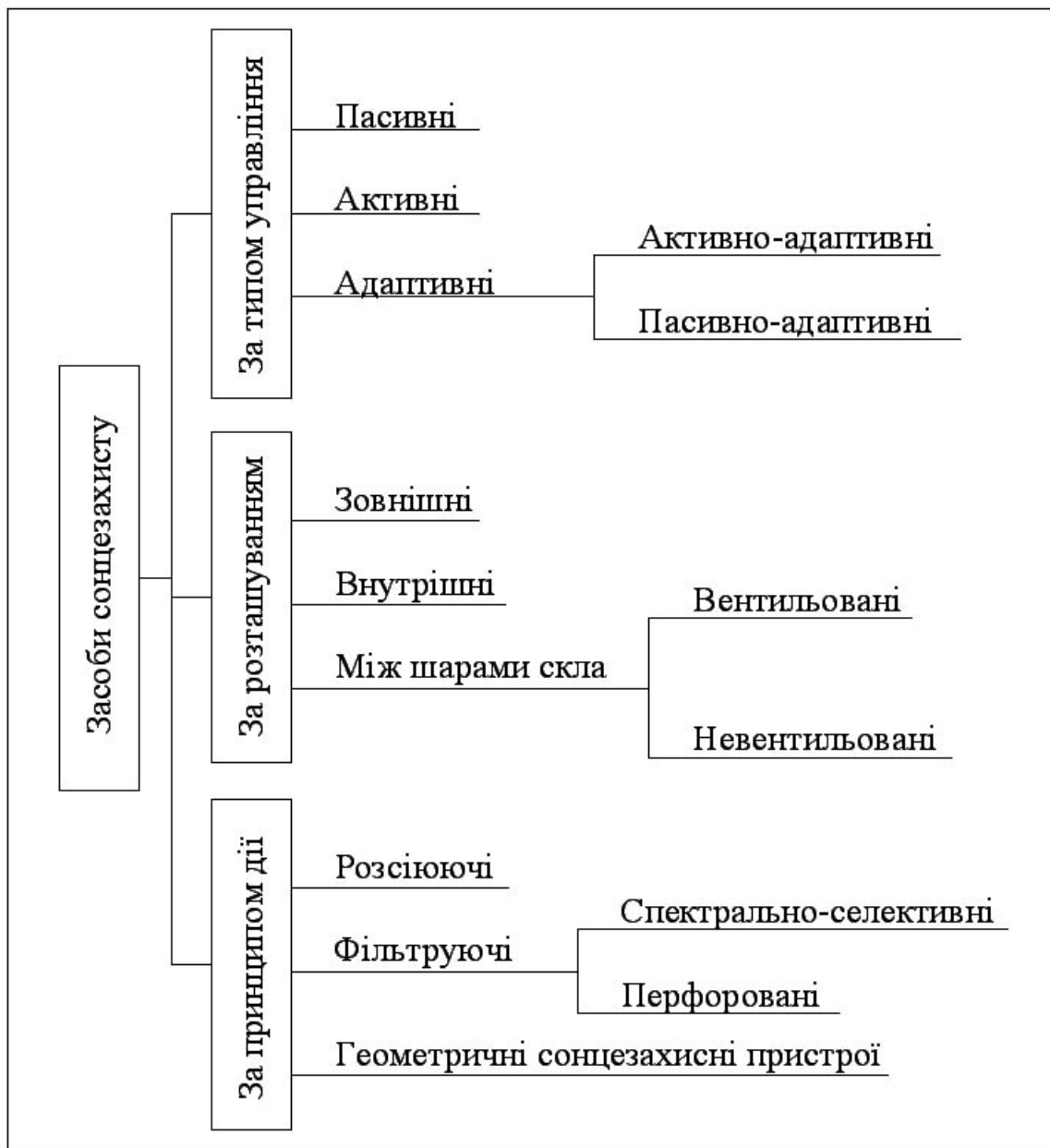


Рис. 1.4. Класифікація сонцезахисних пристроїв

Розсіюючі засоби є найбільш ефективними при застосуванні їх з метою забезпечення візуального захисту та захисту від засліплення на робочих місцях, та в дещо меншому ступеню – від перегріву. До них відносяться внутрішні та зовнішні штори, матове скло, заповнення камер склопакетів

капілярним заповнювачем. В чарунках та волокнах відбувається багатократне відбиття та заломлення променів світла, завдяки чому кожна точка їх працює вторинним джерелом світла. Недоліком є блокування можливості огляду [5].

До фільтруючих засобів належать світлопоглинаюче та світловідбиваюче сонцезахисне скло, перфоровані чи сітчасті щити, пелюсткові діафрагми. Вони зменшують кількість світла, що проходить крізь світлопрозорі конструкції, не руйнуючи зображення. При цьому вплив може бути пропорційним – потік світла втрачає рівну частину потужності на всіх ділянках спектру (в перфорованих), чи спектрально-селективною (сонцезахисне скло, що прозоре для видимих променів, є непрозорим для інфрачервоного випромінювання).

До геометричних сонцезахисних пристроїв можна віднести жалюзі, козирки, літні приміщення, карнизи, а також особливості архітектурно-просторового рішення, такі як ризаліти, нахил фасаду, форма даху. Також існують такі нетрадиційні типи геометричних СЗП, як трансформовані, призматичні та типу «Зебра». Вони можуть бути ефективними для виконання майже всіх задач, але їх ефективність залежить від правильності розрахунку із використанням графічних та аналітичних методів. Також вони зазвичай є підставою для специфічних архітектурних рішень екстер'єру. Дослідженні в роботі спрямовані на покращення характеристик саме геометричних СЗП.

Внутрішні сонцезахисні пристрої є найпростішими з точки зору монтажу та експлуатації. Їх можна встановлювати в процесі експлуатації будівлі, не змінюючи його екстер'єру. Недоліком є понижена ефективність захисту від перегріву, оскільки тепловіддача з них відбувається всередину приміщення.

Зовнішні сонцезахисні пристрої є найбільш ефективними при захисті від перегріву, за рахунок природної їх вентиляції. Останнє дещо обмежує їх використання за поверховістю – у висотних будівлях тепловіддача фасадів

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розвиває потужний конвективний потік. Вони є найбільш підверненими впливу погоди та потребують для керування ними проміжкових електронних чи телемеханічних систем.

Сонцезахисні пристрої, розташовані між шарами скла, мають як переваги, так і недоліки двох попередніх типів. Ефективність захисту від перегріву залежить від типу тепловіддачі – вентильовані, тепло від яких виводиться назовні, та невентильовані. Конвективний потік в просторі подвійного фасаду може використовуватися для організації пасивної витяжної вентиляції приміщень, або рухати турбіну електрогенератора. Проте невентильовані СЗП, наприклад вбудовані в склопакет, мають більшу технологічність [6, 7].

Нерегульовані сонцезахисні засоби, що не змінюють своїх якостей, як положення в просторі чи фізичних властивостей, є зазвичай найбільш надійними та довговічними. Проте часто вони мають певні обмеження можливостей та вимагають найточнішого розрахунку.

Регульовані засоби, що керуються користувачем безпосередньо або за допомогою спеціальних систем є найбільш доцільними за швидкої зміни вимог до світлопрозорих конструкцій. Недоліком є їх залежність від користувача, його наявності в приміщенні, вміння користуватися системами свого будинку та уважності.

Адаптивні СЗП змінюють свої параметри разом із умовами зовнішнього середовища. Активно-адаптивні, що на відміну від активних керуються не особисто користувачем, а автоматичною системою, зазвичай інтегрованою в «розумний будинок» разом із одним чи декількома метеорологічними датчиками. Вони є ефективними елементами акліматизації внутрішнього простору. Там де програма контролю не враховує всі можливі фактори, бажано мати можливість особистого контролю зі сторони користувача.

Пасивно-адаптивні засоби, наприклад фотоактивне чи термоактивне

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

скло, змінюють свої якості у залежності від факторів зовнішнього середовища: температури чи інсоляції. Загальний недолік адаптивних систем є більше психологічним, аніж експлуатаційним – це небажання залежати в побуті від автоматики [8].

Деякі сонцезахисні пристрої можуть поєднувати в собі якості декількох груп, наприклад ламелі з тонованого скла є одночасно фільтрами та геометричним СЗП.

Остаточню оцінити ефективність того чи іншого архітектурно-конструктивного рішення можна лише за допомогою розрахунку загального енергетичного балансу приміщення та будинку в цілому. Ряд фірм зараз проводять подібні розрахунки вартості життєвого циклу за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що використовує спрощені фізичні моделі функціонування житла. Ці моделі не охоплюють в повній мірі різноманіття конструктивних рішень. Вдосконаленню методики розрахунку геометричними засобами присвячені наступні розділи роботи [9].

1.2. Функціональні якості сонячної радіації

Сонячна радіація є електромагнітними хвилями з довжиною хвилі від 1 нм до 1 мм та класифікується за довжиною хвилі наступним чином:

а) від 100 до 380÷400 нм – ультрафіолетова радіація (УФ), в тому числі: УФ-А 315-400 нм, УФ-В 280-315 нм, УФ-С 100-280 нм;

б) від 380÷400 до 760÷780 нм – видиме світло (ВС), в тому числі червоне 620-760 нм, жовтогаряче 585-620 нм, жовте 575-585 нм, зелене 510-575 нм, блакитне 485-510 нм, синє 450-485 нм, фіолетове 380-450 нм;

в) від 760÷780 нм до 1 мм – інфрачервоне (ІЧ), в тому числі ІЧ-А 780-1 400 нм, ІЧ-В 1 400-3 000 нм, ІЧ-С 3 000-1 000 000 нм.

Сонячна радіація утворюється як теплове випромінювання абсолютно чорного тіла із температурою 6000 К у фотосфері Сонця та частково

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

поглинається елементами у верхніх шарах Сонця – хромосфері, що утворює в безперервному спектрі випромінювання провали – лінії Фраунгофера. В атмосфері Землі сонячна радіація частково поглинається та розсіюється. В термосфері та стратосфері поглинається переважно УФ-радіація, особливо УФ-С, що викликає нагрівання означених шарів. В тропосфері також поглинається значна частина ІЧ-радіації водяною парою та аерозолями (рис. 1.5).

Інтенсивність сонячної радіації в просторі на верхній межі атмосфери є сонячна стала $I_0=1,35 \text{ кВт/м}^2$, яка коливається в межах $\pm 1,5\%$ зі зміною відстані від Землі до Сонця із рухом Землі за еліптичною орбітою.

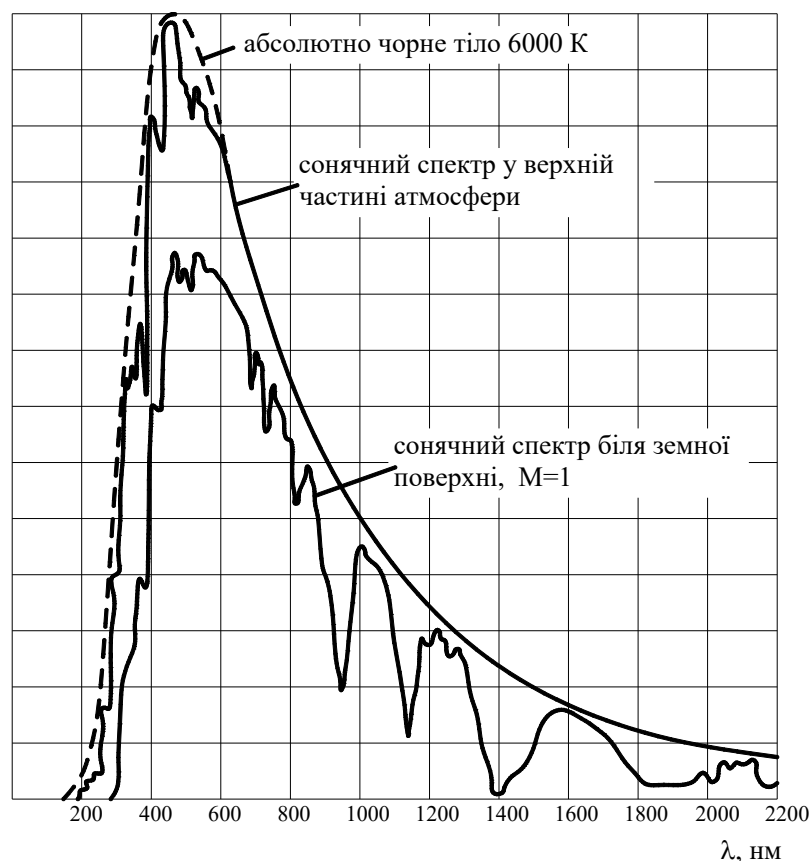


Рис. 1.5. Спектр прямої сонячної радіації

Положення сонця в небесній сфері визначається координатами: азимутальним та вертикальним кутами. Координати можна розрахувати у залежності від дати, сонячного часу та географічної широти за умови

прийняття наступних припущень:

- в кожен момент часу сонячні промені окіл земної поверхні є паралельними;
- земна орбіта (екліптика) є коло;
- Земля рухається по орбіті скачками: протягом доби Земля знаходиться в одній точці орбіти. В кожен наступну добу вона миттєво переходить в точку, що відповідає повороту навколо Сонця в площині екліптики на кут $360^\circ/365$.
- нахил осі Землі до площини екліптики дорівнює $66,55^\circ$.
- сонячні промені досягають поверхні Землі миттєво та не зазнають заломлення в атмосфері Землі;
- обчислення часу ведеться за середнім сонячним часом, що відповідає умовам рівномірного руху Землі по коловій орбіті.

За умови прийняття наведених припущень, множина векторів променів протягом року розпадається на множини векторів променів, що відповідають руху сонця протягом кожної доби, які мають форму конічних поверхонь з вершиною в розрахунковій точці та твірними – векторами сонячних променів. Утворення конуса, який названо добовим конусом сонячних променів (рис. 1.6), можна розглядати як результат обертання вектору сонячних променів навколо земної вісі протягом доби. Внаслідок еліптичності земної орбіти протягом року сонячний час буде відрізнятися від середньомеридіонального часу на величину, що знаходиться з рис. 1.7.

Чим нижче знаходиться сонце над горизонтом, тим довший шлях проходять сонячні промені крізь атмосферу. Цей шлях визначається як маса атмосфери та позначається M (при $A_{ls}=90^\circ$ $M=1$). Із збільшенням маси атмосфери більше розсіюються сонячні промені та відповідно зменшується інтенсивність прямої сонячної радіації, причому нижня межа довжини хвилі променів та максимум інтенсивності зміщуються в бік червоного (рис. 1.8).

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

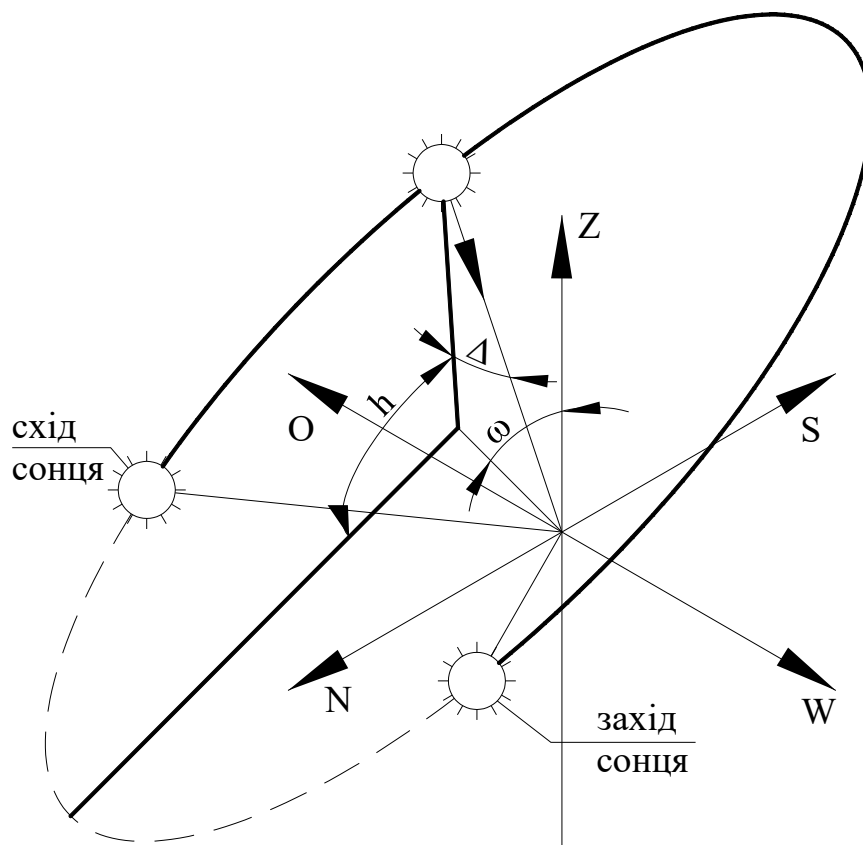


Рис. 1.6. Добовий конус сонячних променів

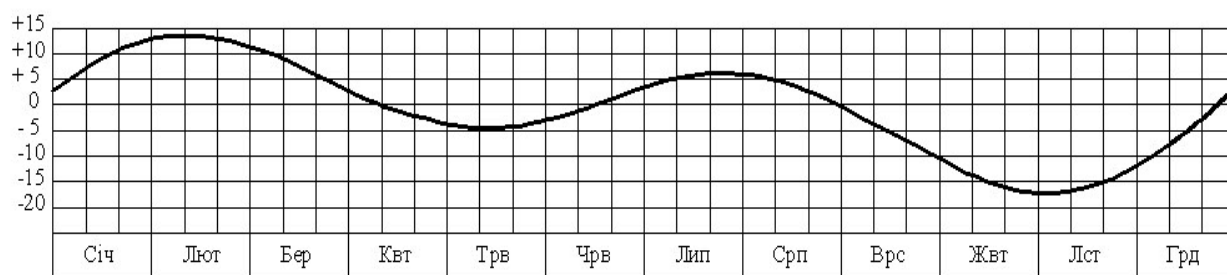


Рис. 1.7. Різниця між сонячним та середньомеридіональним часом

При положенні сонця в зеніті ($Al_s = 90^\circ$) доля УФ-радіації в загальному потоку енергії складає біля 4 %, видимого світла – 46 %, ІЧ-радіації – 50 %. При зменшенні висоти сонця над горизонтом частка УФ та видимого світла зменшується, а ІЧ – збільшується.

В заскленних приміщеннях спектр сонячної радіації змінюється зі значним зменшенням інтенсивності УФ та частковим ІЧ, особливо на ділянках спектру віддалених від ділянки видимого світла в залежності від

спектру пропускання світла склінням (рис. 1.9). При цьому інтенсивність видимого світла в приміщеннях змінюється незначно, окрім як спеціальним сонцезахисним склом.

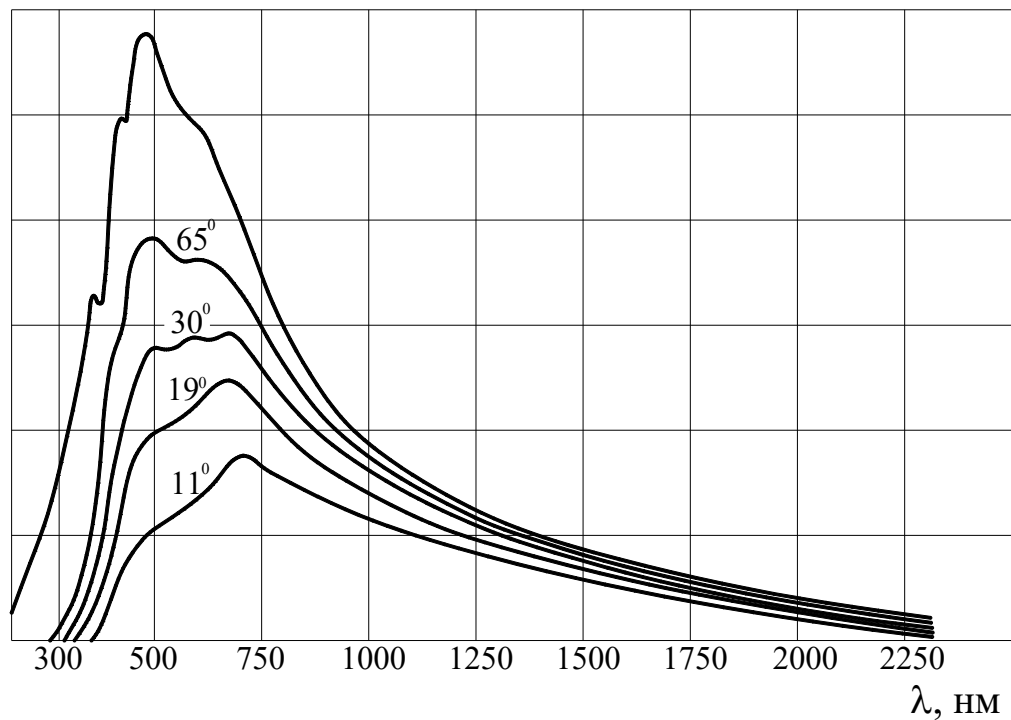


Рис. 1.8. Залежність спектру прямої сонячної радіації від вертикального кута сонця

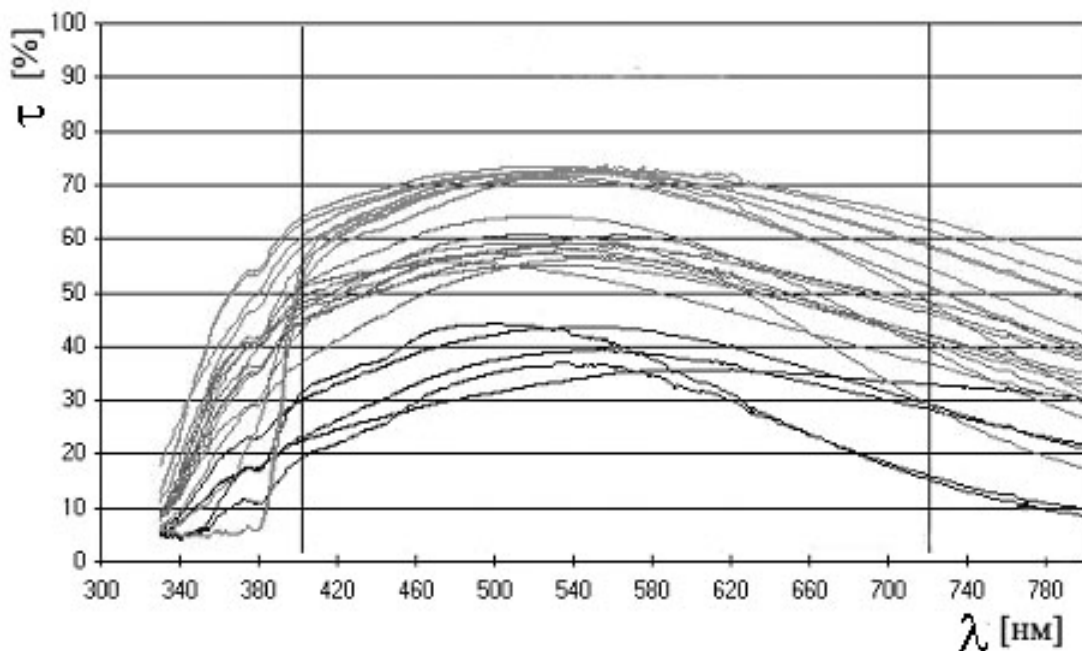


Рис. 1.9. Спектральна прозорість типових зразків архітектурного сонцезахисного скла

1.3. Методи розрахунку та нормування інсоляції в приміщеннях

Інсоляція характеризується часовими показниками (часом початку, припинення, тривалістю), площею потоку (поперечним перерізом потоку, площею інсольованої поверхні), інтенсивністю та спектральним складом. В масовому будівництві типологія світлопрозорих конструкцій є досить сталою. Площа вікон визначається в залежності від площі приміщень, з метою поєднання належних характеристик теплозахисту та природного освітлення. До останніх років скління виконувалося виключно з двох-трьох шарів прозорого скла без домішок чи покриттів, і лише підвищення вимог енергозбереження примусило до більш широкого застосування інших видів архітектурного скла. Оскільки площа, інтенсивність і спектральний склад інсолюючого потоку майже не залежать від варіанту архітектурно-просторового рішення, з числа, що використовуються в масовому житловому будівництві, в основу оцінки інсоляції покладається її тривалість. До того ж розрахунок тривалості інсоляції є найпростішим і може бути виконаним графічними методами.

В основу нормування інсоляції покладено її бактерицидну дію. Визначена нормативна тривалість інсоляції забезпечує опромінення інсольованої поверхні (підвіконня) повною бактерицидною дозою за умов безхмарного неба та традиційного подвійного скління.

Зазвичай задача розрахунку тривалості інсоляції приміщення зводиться до розрахунку тривалості інсоляції розрахункової точки світлопрорізу, що знаходиться за рис. 1.10.

Графічні методи розрахунку тривалості інсоляції засновані на суміщенні на площині тіньової маски об'єктів оточуючого світу: конструкцій, архітектурних об'єктів, ландшафту та небесних тіл. Зазвичай об'єкти тривимірного та необмеженого простору наносяться на обмежену двовимірну площину шляхом подвійної проекції.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

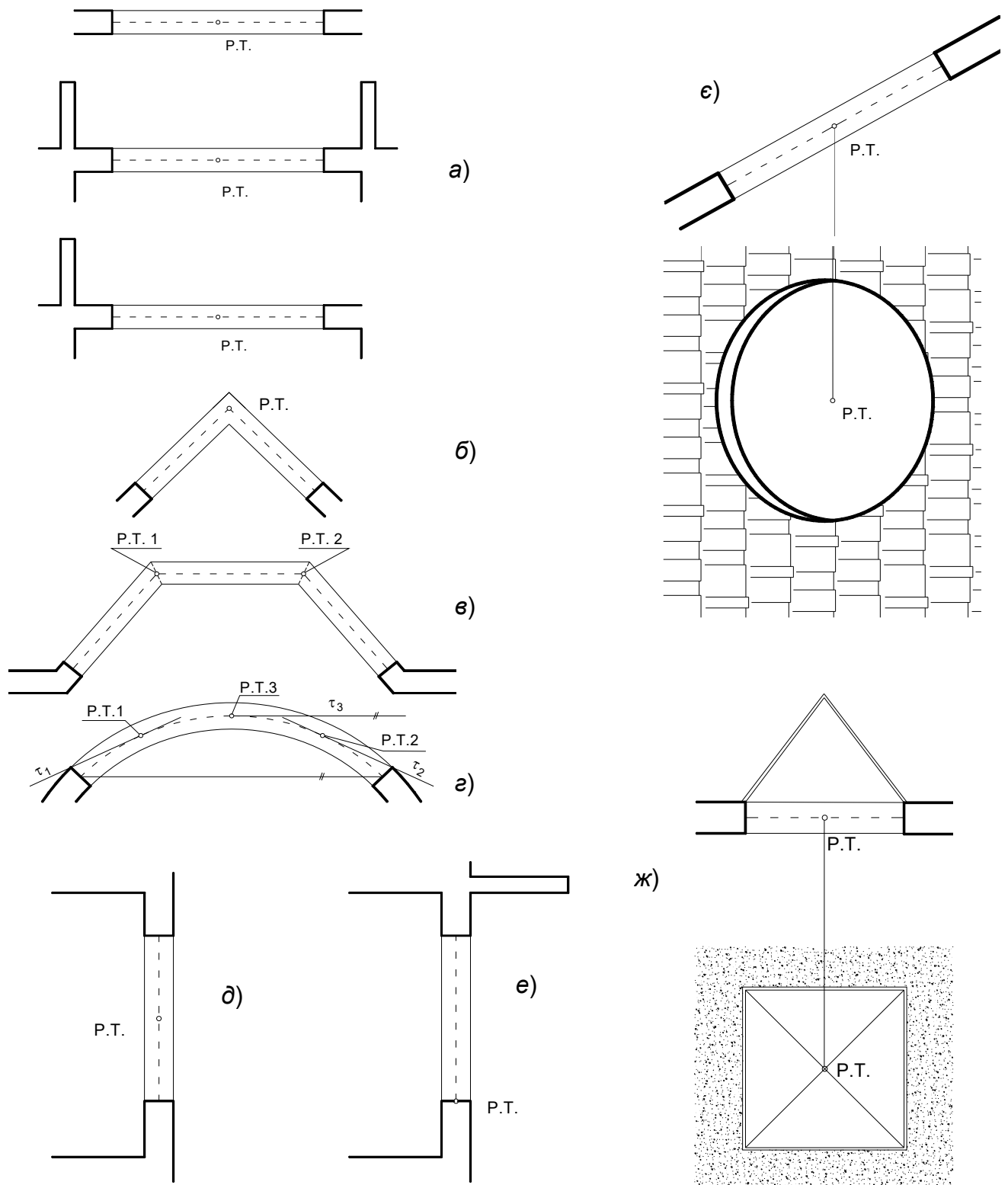


Рис. 1.10. Положення розрахункових точок для різних типів світлопрорізів
 а-е – при світлопрорізах у вертикальних стінах: а – на плані при плоскому світлопрорізі;
 б – на плані при дуланковому світлопрорізі; в – на плані при багатоланковому
 світлопрорізі; г – на плані при криволінійному світлопрорізі; д – на розрізі при
 відсутності горизонтальних затінюючих елементів; е – на розрізі при наявності
 горизонтальних затінюючих елементів; є – при світлопрорізах у нахилених стінах та
 скатних дахах; ж – при зенітних та шахтних ліхтарях

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Першим етапом є центральне проєціювання тривимірного простору на небесну сферу із центром в розрахунковій точці. Другим – проєкція небесної сфери на площину горизонту чи іншу розгортовану поверхню. Проєкція добових конусів сонячних променів для характерної доби кожного місяця називається сонячною картою. Проєкція оточуючих об’єктів: конструкцій будинку, навколишньої забудови та рельєфу – тіньовою маскою. Сонячні карти та тіньові маски класифікуються в залежності від способу перенесення об’єктів з небесної сфери на площину тіньової маски. Зазвичай на сонячних картах відображається лише денна частина небесної сфери [10, 11].

В ортогональній сонячній карті (рис. 1.11, а) проєціюючі промені є нормальними до площини горизонту. Траєкторії ходу сонця, часові лінії та прямі оточуючого простору мають вигляд еліпсів. Нижня півсфера співпадає з верхньою – альмукантарати від’ємних кутів співпадають з відповідними альмукантаратами денної частини небесної сфери, а надир - із зенітом.

Ортогональна сонячна карта є простою для розуміння, проте еліптичні криві є не завжди зручними в побудові, а малі висоти стискаються біля горизонту в вузьку смугу, що є недоліком з точки зору архітектурного проектування, через неможливість наочно відобразити положення сонця протягом зимових місяців, ранкових й вечірніх годин та тіньові маски оточуючої забудови.

В стереографічній сонячній карті (рис. 1.11, б) проєціюючі промені фокусуються в надирі (або в кінці діаметру небесної сфери, нормального до площини носія сонячної карти, протилежного від спостерігача, при іншому положенні площини носія, що не співпадає з площиною горизонту). Траєкторії ходу сонця, часові лінії та прямі оточуючого простору мають вигляд кіл. Нижня півсфера розташовується ззовні від горизонту, при чому надир має вигляд невласної прямої (на рис. 1.11, б нижня півсфера не відображена). Стереографічна сонячна карта є зручною в користуванні завдяки простоті побудови кіл методами нарисної геометрії. Відстані між

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

низькими альмукантаратами – в зоні, що має більшу інформативну насиченість в умовах міського середовища, більші ніж між високими, що є зручним при відображенні та аналізі зовнішнього оточення. Всі побудови, проведені в даній роботі, виконані саме в стереографічній проекції.

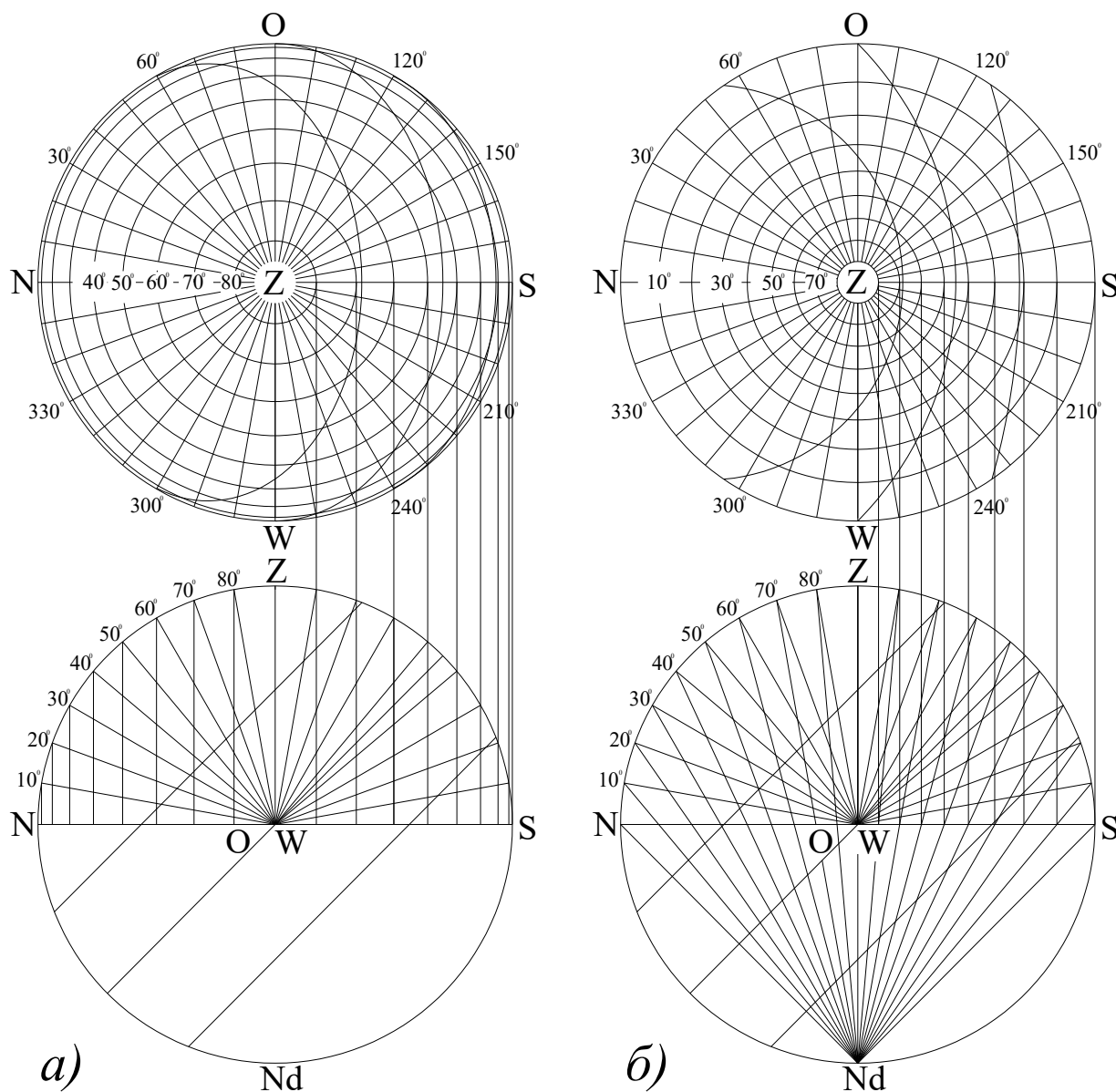


Рис. 1.11. Принципи побудови сонячних карт
а – ортогональних, б – стереографічних

Циліндричні розгортки (рис. 1.12) відображають не тільки верхню половину небесної сфери, але й нижню. Ця особливість не дає переваг при

розрахунку інсоляції прямою сонячною радіацією, але є корисною при розрахунку з метою забезпечення візуального захисту приміщення від небажаного спостерігача та засліплення сонячними променями, відбитими від горизонтальних та похилих площин [15 - 17].

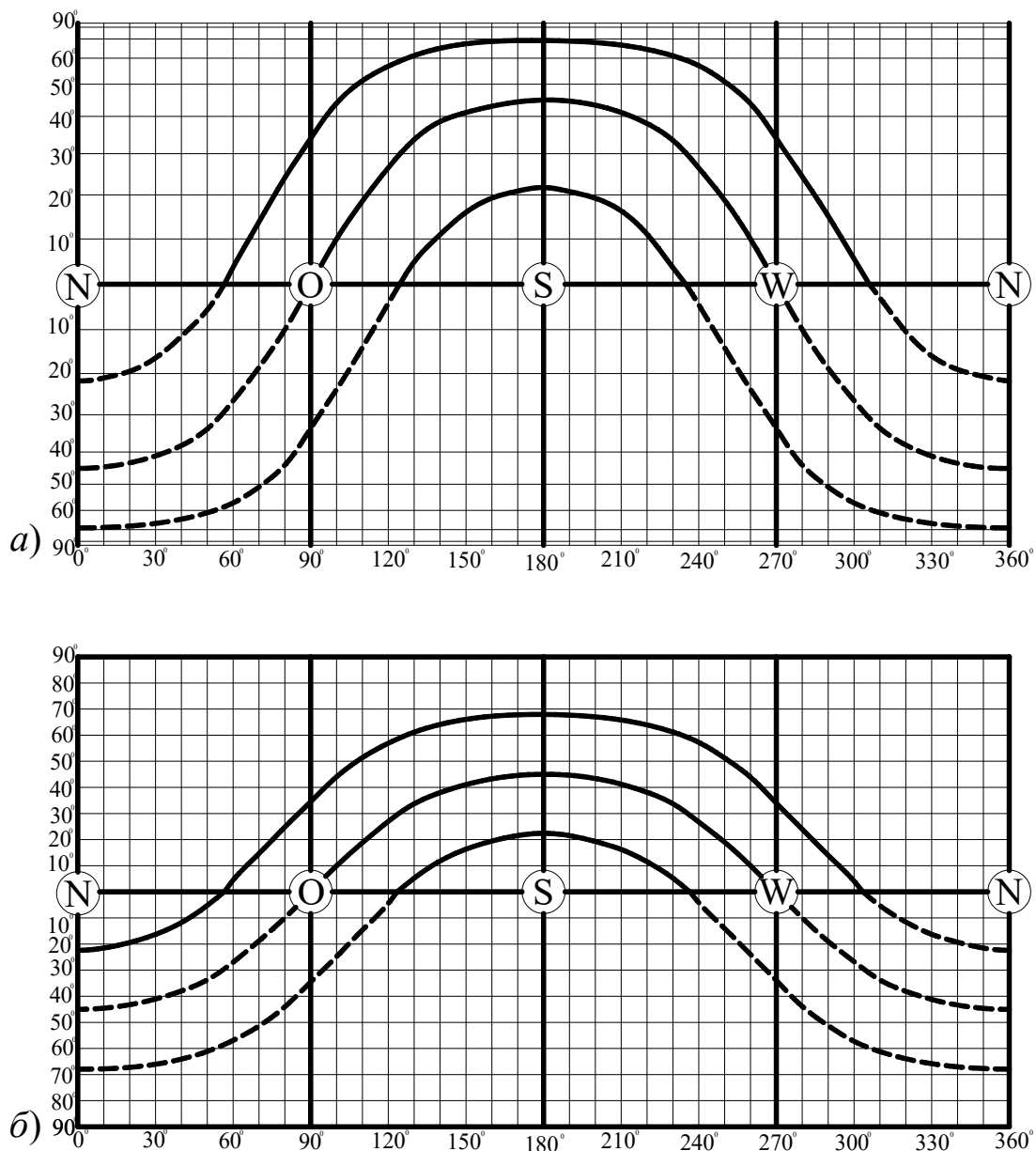


Рис. 1.12. Циліндричні розгортки
а - проекція, б - ізодинантна розгортка

Сонячна карта складається з двох систем координат: положення — вертикального та азимутального кутів, якими можна описати кожну точку

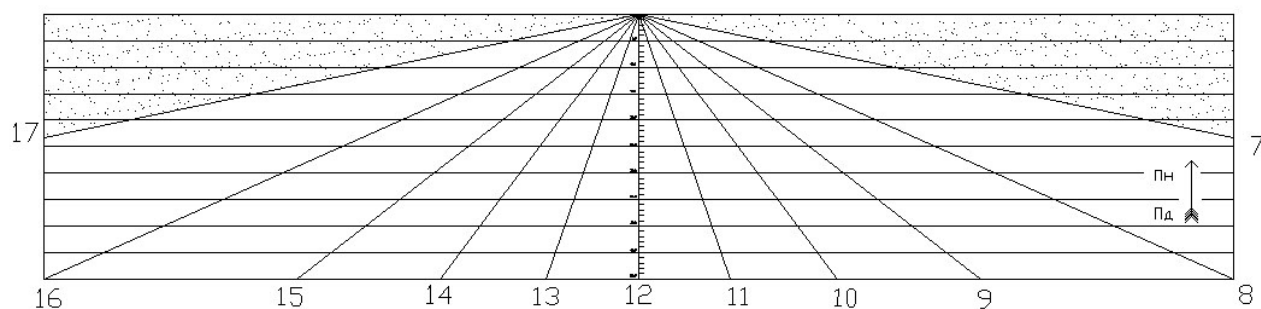
					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

неба, та часу – доби року та часу доби. Кожному моменту року відповідає певне положення Сонця на небі. З іншого боку, певним точкам небесної сфери відповідають певні моменти року із належними кліматичними умовами: температурою, вологістю, інтенсивністю прямої сонячної радіації. Таким чином можна нанести на сонячну карту ізоплети різних погодних параметрів, для різних часів та дат року. З їх допомогою можна оцінити певні області небесної сфери з точки зору впливу інсоляції на мікроклімат приміщення.

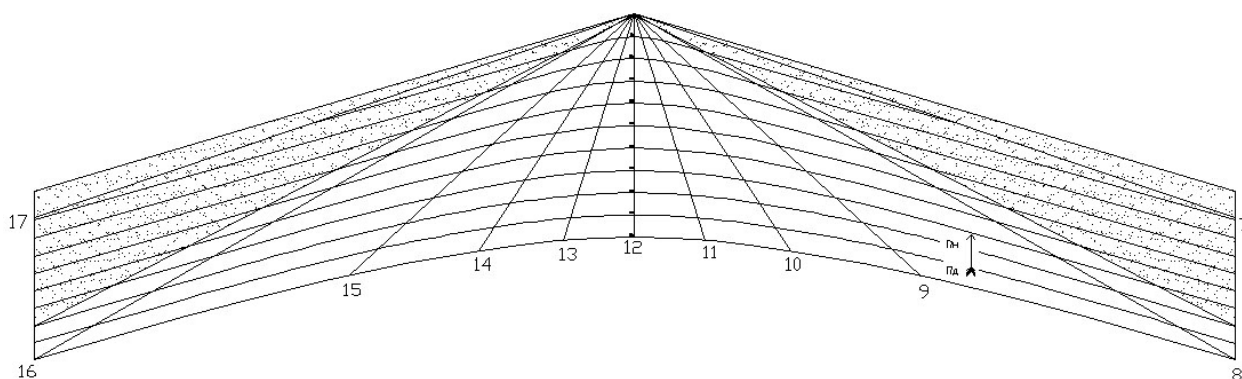
Зараз використовується лише незначна частина інформації, яку можна отримати з сонячних карт. Існуючі методи забезпечують потреби проектувальника у розрахунку тривалості інсоляції з метою забезпечення нормативних вимог, проте проблема енергозбереження вимагає удосконалення методів розрахунку і нормування інсоляції [12].

Оскільки розрахунок тривалості інсоляції з метою забезпечення нормативних вимог в окремих випадках дозволяється виконувати виключно для першої та останньої доби нормативного періоду (22 березня та 22 вересня для населених пунктів розташованих між 48° та 58° пн. ш.), то може використовуватися метод інсоляційних лінійок, що є простішим за метод сонячних карт. Інсоляційна лінійка (рис. 1.13) складається з перетинів добового конусу сонячних променів ізодистантними горизонтальними площинами та часових ліній, що відображають проекції векторів сонячних променів на горизонтальну площину в кожен годину світлової доби. Криві перетинів добового конусу мають той же характер, що і траєкторії ходу сонця на гномонічній сонячній карті з горизонтальним носієм. При розрахунку інсоляції періоди сонячної доби, відповідні яким сектори затемнені будівлями, конструкціями чи об'єктами ландшафту, виключаються з періоду інсоляції. Для розрахунку інсоляції з метою покращення енергозбереження використання інсоляційних лінійок є нераціональним через необхідність використання лінійки для кожного місяця (чи пари місяців) окремо [13, 14].

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 1.13. Інсоляційні лінійки

а – для 22.ІІІ та 22.ІХ; б – для 22.ІІ та 22.Х

В сучасному проектуванні зростає роль автоматизованого розрахунку інсоляції та інших процесів в архітектурі. Архітекторам пропонується ряд програм, сумісних з архітектурно-планувальними програмними пакетами, чи автономних. Недоліком ряду програм є отримання відповіді виключно в кінцевому вигляді, що є незручним при вирішенні зворотніх задач пошуку форми будівель та їх елементів.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 1

1. Підвищення енергоефективності будівель є однією з тенденцій сучасної архітектури. При цьому будівлі з великою площею скління зберігають свою популярність. Інсоляція є важливим чинником формування мікроклімату приміщень, особливо в будівлях з великими площами скління. Засоби регулювання сонячної радіації, в тому числі сонцезахисні пристрої є важливим засобом покращення енергетичних якостей будівлі.

2. Роботи з регулювання інсоляційного режиму приміщень присвячені, в основному, об'єктам, розташованим в умовах жаркого клімату, у них не розглядаються в достатній мірі особливості регулювання інсоляційного режиму енергоефективних будівель в умовах помірного клімату.

3. Зростання номенклатури наявних на ринку світлопрозорих будівельних матеріалів і конструкцій вимагає відповідного розвитку стандартної бази та методики розрахунку їх ефективності. Засоби прикладної геометрії дозволяють розробити методи придатні для розрахунку енергетичних та інших властивостей приміщень із сучасними типами світлопрозорих конструкцій.

4. Зараз використовується лише незначна частина інформації, яку можна отримати з сонячних карт. Існуючі методи забезпечують потреби проектувальника у розрахунку тривалості інсоляції з метою забезпечення нормативних вимог, проте проблема енергозбереження вимагає удосконалення методів розрахунку та нормування інсоляції.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Удосконалення та застосування сонячних карт для покращення інсоляційного режиму приміщень

Графічний розрахунок є важливим етапом проектування та оцінки архітектурно-конструктивних рішень. Перевагами графічних методів розрахунку є наочність інформації, що стосується періоду інсоляції. Недоліками є певна наближеність результатів та обмеженість можливостей – відомі графічні методи розрахунку можуть надавати інформацію тільки про час інсоляції та деякою мірою про пропускну здатність геометричних сонцезахисних пристроїв.

Комфортні умови в приміщенні залежать від ряду факторів, таких як температура повітря, вологість, радіаційна температура поверхонь тощо. Так само й умови комфорту визначаються в залежності від призначення приміщення – роду діяльності людей. Це не дає можливості навести єдині вимоги комфортності для всіх типів приміщень. Ефективна температура залежить від температури, вологості та швидкості руху повітря, два останніх параметри залежать не тільки від погодних умов, але й від умов експлуатації приміщення. Тому в наступних розрахунках приймемо температуру повітря як ключовий фактор умов комфорту.

Для побудови кривих добового ходу температур використані статистичні дані за 2004-2014 рр., надані Державною метеослужбою України. Вони оброблені шляхом лінійної інтерполяції, тобто вважається, що температура змінюється кожен годину лінійно, утворюючи протягом доби ламану.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ОСНОВНА ЧАСТИНА		
Розробив	Шевчук В.М.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61		

Визначимо умови комфорту. Для цього введемо наступні поняття:

1) *Оптимальна температура t_l°* , що залежить від середньорічної температури та вологості, коливається від 18 до 26°C, та визначається за табл. 2.1 у залежності від особливостей місцевого клімату. Така велика диференціація обумовлена можливостями довгочасної адаптації людського організму. Щоправда, при проектуванні будівель, де планується тривале перебування значної кількості людей, що не мають можливості пройти тривалу адаптацію, наприклад у курортних готелях, умови комфорту мають бути адаптовані до вимог найменш пристосованої до локальних кліматичних умов категорії мешканців.

Таблиця 2.1

Визначення оптимальної температури

Середньорічні значення			
$\varphi, \%$	$t_l, ^\circ\text{C}$		
	> 20	$15 - 20$	< 15
< 30	26	23	21
$30 - 50$	25	22	20
$50 - 70$	23	21	19
≥ 70	22	20	18

2) *Критична температура, t_3°* , при якій організм людини не може віддавати необхідну кількість тепла, що загрожує перегрівом та порушенням гомеостазу організму. Ця температура коливається від 27 до 32 °C, у залежності від відносної вологості повітря та визначається за графіками Міссенара (рис. 2.1).

3) Температура t_2 , є додатковою величиною, яку знаходимо за формулою:

$$t_2^\circ = (t_3^\circ + t_l^\circ)/2.$$

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

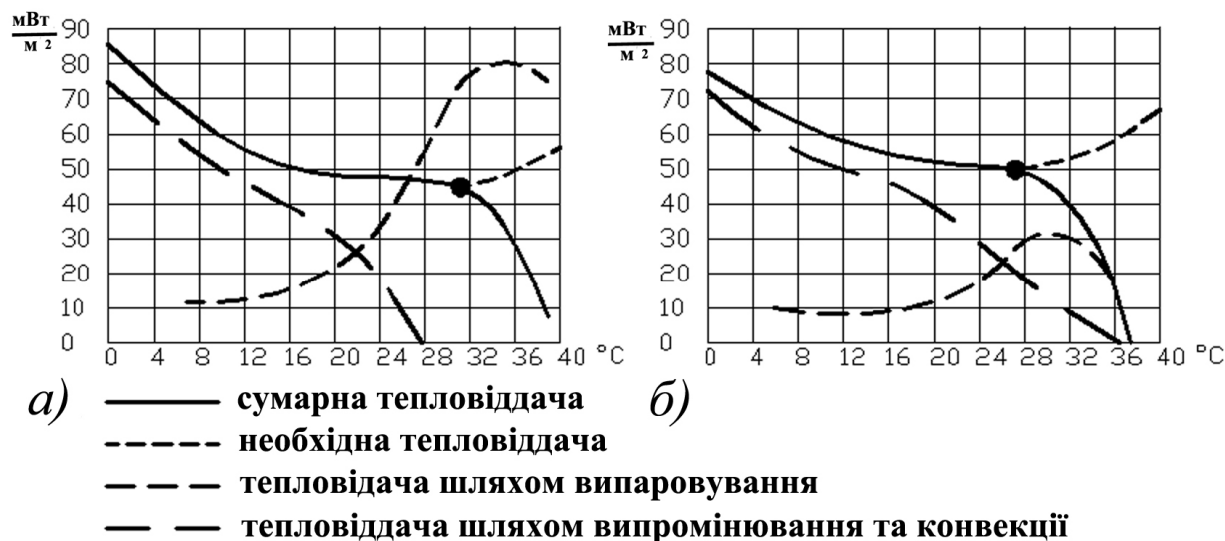


Рис 2.1. Визначення верхньої межі допустимої температури при відносній вологості: а – 20 % ; б – 95 %

Виділимо протягом року наступні періоди:

1) *Період неприпустимої інсоляції*, коли температура повітря перевищує t_3 . Тобто $t_3^\circ \leq t^\circ$. Протягом цього періоду будь-яка інсоляція приміщень є неприпустимою.

2) *Період небажаної інсоляції*, коли температура повітря нижча за t_3° та вища за t_2° . Тобто $t_2^\circ \leq t^\circ < t_3^\circ$. Допустимою є інсоляція тільки незначної частини вікон протягом нетривалого часу.

3) *Період обмеженої інсоляції*, коли температура повітря нижча за t_2° та вища за t_1° . Тобто $t_1^\circ \leq t^\circ < t_2^\circ$.

4) *Період допустимої інсоляції*, нижча за t_1° та вища за 8° . Тобто $8^\circ \leq t^\circ < t_1^\circ$.

5) *Період бажаної інсоляції*, коли температура повітря нижча за 8°C та вища за 0°C . Тобто $0^\circ\text{C} \leq t^\circ \leq 8^\circ\text{C}$.

6) *Період необхідної інсоляції*, коли температура повітря нижча за 0°C збігається з періодом вологонакопичення в будівлях. $t^\circ \leq 0^\circ\text{C}$.

7) *Період допустимої інсоляції*, коли температура повітря нижча за t_1° та вища за 8°C .

Пасивне сонячне опалення не замінює повністю традиційне, а лише зменшує витрати енергії. Невеликий процент сонячних діб протягом зимового періоду також зменшує роль пасивного сонячного опалення.

Кожному періоду відповідає на сонячній карті належна зона. На більшості карт зона, що відповідає періоду бажаної інсоляції, розтягнута так, що неможливо інсолювати приміщення протягом всього періоду. Важливішим є запровадження сонячного опалення протягом наступного періоду.

Розглянемо побудову комплексних сонячних карт для Тернополя та Ялти. Знайдемо межі областей інсоляції: Тернопіль: $t_{\text{сер}} = 7.3^{\circ}\text{C}$, $\phi_{\text{сер}} = 76\%$, $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$, $t_3 = 28^{\circ}\text{C}$. Ялта: $t_{\text{сер}} = 13^{\circ}\text{C}$, $\phi_{\text{сер}} = 66\%$, $t_1 = 19^{\circ}\text{C}$, $t_3 = 29^{\circ}\text{C}$.

Середні значення погодинної температури для кожного місяця не є достатніми. Для уточнення меж зон розрахуємо їх для *ключових дат*. Призначимо *ключовими датами* 1, 8, 15 та 22 число кожного місяця, тобто приблизно через 1/4 місяця чи 1/48 року.

Побудова комплексних сонячних карт виконується в наступній послідовності:

1) Знаходиться середня температура повітря для кожної години світлової доби для ключових діб, протягом розрахункового періоду, бажано, тривалістю не менше останніх 15 років.

2) Будуються на сонячній карті траєкторії ходу сонця для обраних ключових дат року для осіннього та весняного півріччя. Інтервал між ключовими датами 1/48 року, тобто $7,5^{\circ}$ дуги орбіти.

3) Будуються графіки зміни температури протягом розрахункових діб. Точки перетину графіків із відмітками значень оптимальної, комфортної, критичної температур, а також 0°C та 8°C , будуть вважатися початком чи кінцем відповідного періоду.

4) На траєкторіях ходу сонця відмічаються точки, що відповідають часу початку та кінця періодів. Точки поєднуються ізотермами так, щоб вони перетинали траєкторії ходу сонця тільки в означених точках. В помірному

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кліматі області високої температури будуть більшими в осінній половині року (22 червня – 22 грудня), а області низької температури в весняній (22 грудня – 22 червня). Беруться зовнішні контури температурних областей, крім зони допустимої інсоляції.

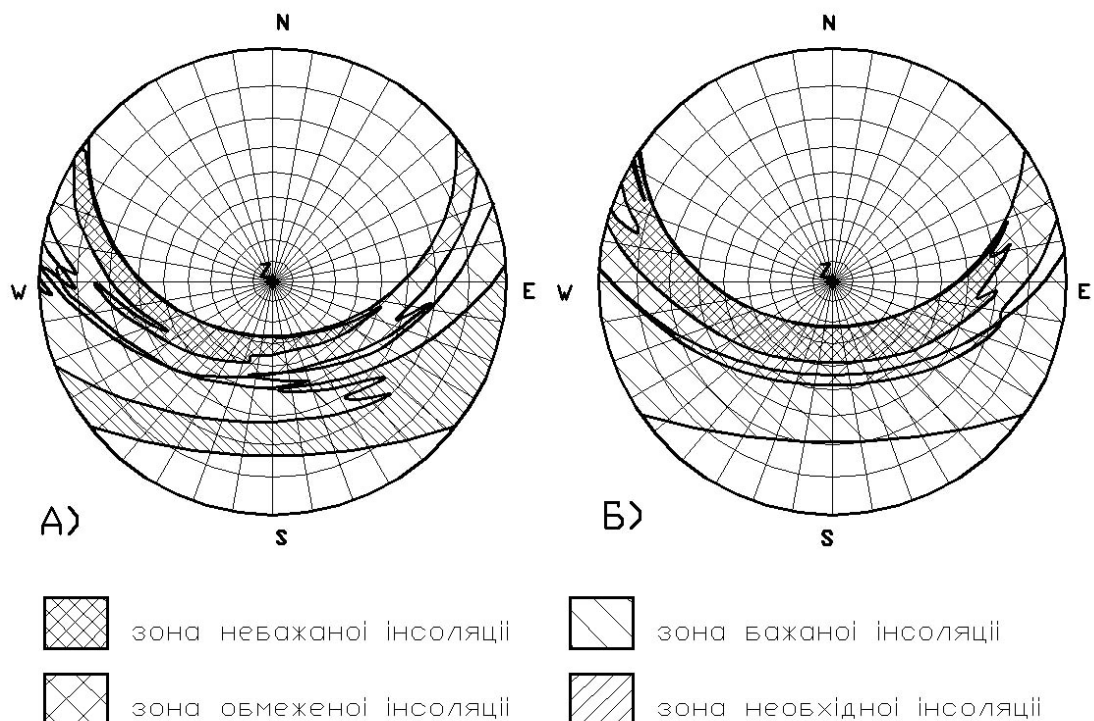


Рис. 2.2. Температурні зони за ключовими датами для міст
а – Тернополя; б – Ялти

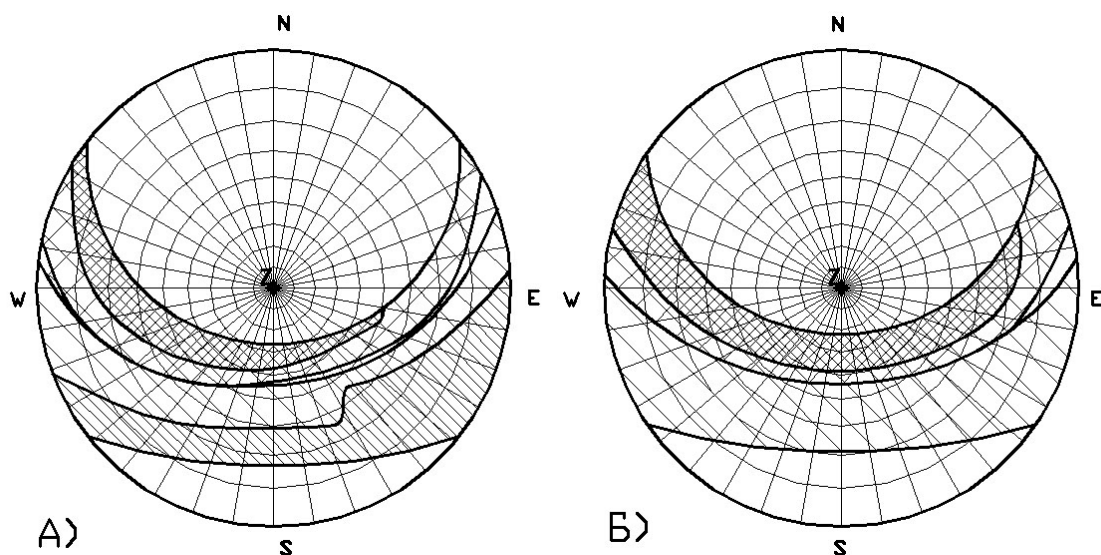


Рис. 2.3. Зглажені температурні зони для міст
а – Тернополя; б – Ялти

Температурні зони зображені на рис. 2.2. В Ялті відсутня область необхідної інсоляції, область неприпустимої інсоляції відсутня в обох містах. Отримані зони матимуть конфігурацію надто складну для практичного використання. Тому їх краще згладити (рис. 2.3).

5) Отримані криві-межі температурних зон згладжуються, щоб отримати комплексну сонячну карту в зручному для використання вигляді (рис. 2.4, 2.5)

Області бажаної та обмеженої інсоляції можуть перетинатися. Це відбувається через запізнення максимумів та мінімумів температури відносно максимумів та мінімумів інтенсивності сонячної радіації внаслідок акумулювання тепла. Особливо це характерно для місцевостей з великою теплоємністю ландшафту, високою вологістю, низьким альбедо. В такому випадку доводиться приймати компромісні рішення чи застосовувати сонцезахисні пристрої, що трансформуються.

Такі сонячні карти дозволяють якнайточніше підібрати конфігурацію геометричних сонцезахисних пристроїв, що відтінатимуть небажане пряме сонячне світло, максимально пропускаючи в приміщення бажане світло.

Побудова та аналіз тіньових масок є ефективним засобом дослідження та покращення об'ємно-просторового рішення світлопрозорих конструкцій. На практиці використовується метод побудови тіньових масок за допомогою шаблонів – тіньових кутомірів, призначених для побудови тіньових масок прямокутних вікон у вертикальних стінах, що обмежує використання тіньових масок в умовах зростаючої номенклатури світлопрозорих конструкцій (рис. 2.6, 2.7).

Наведені тіньові маски від дискретних СЗП потребують доопрацювання, оскільки інформація в них є деякою мірою суперечливою. Максимум затінення ламелями співпадає з мінімумом затінення щитами – при розташуванні сонця в площині щита СЗП тіні від усіх ламелей накладаються одна на іншу, проте тінь від щита на світлопрозорі

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

конструкцію є найменшою. Така тіньова маска не дає повного уявлення про специфіку обраного типу геометричного СЗП.

Більшу точність може забезпечити тіньова маска, побудована із допомогою графіку залежності прозорості геометричного СЗП від кута падіння сонячних променів. Графік для зображеного СЗП представлено на рис. 2.8.

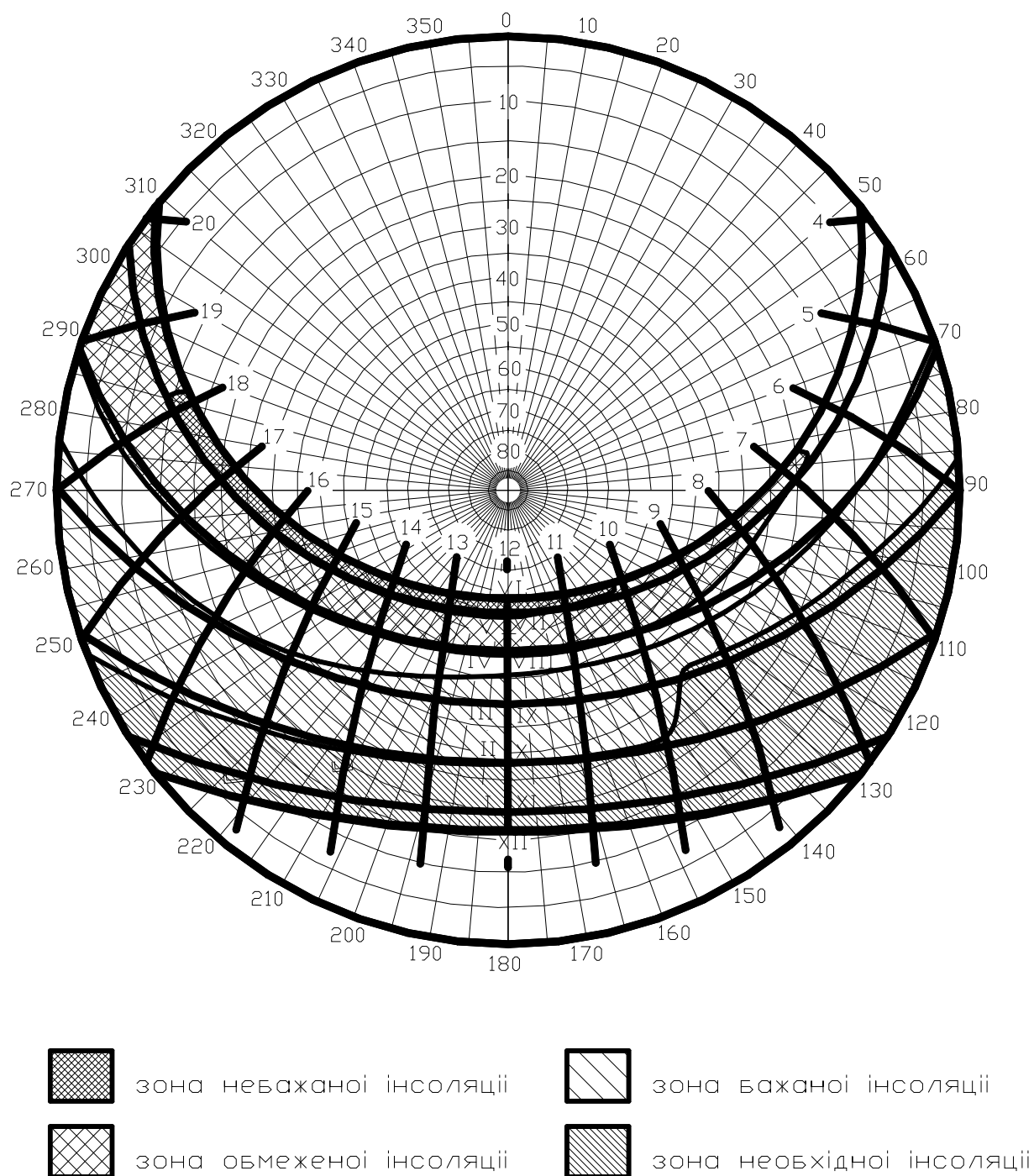


Рис. 2.4. Апроксимована комплексна сонячна карта Тернополя

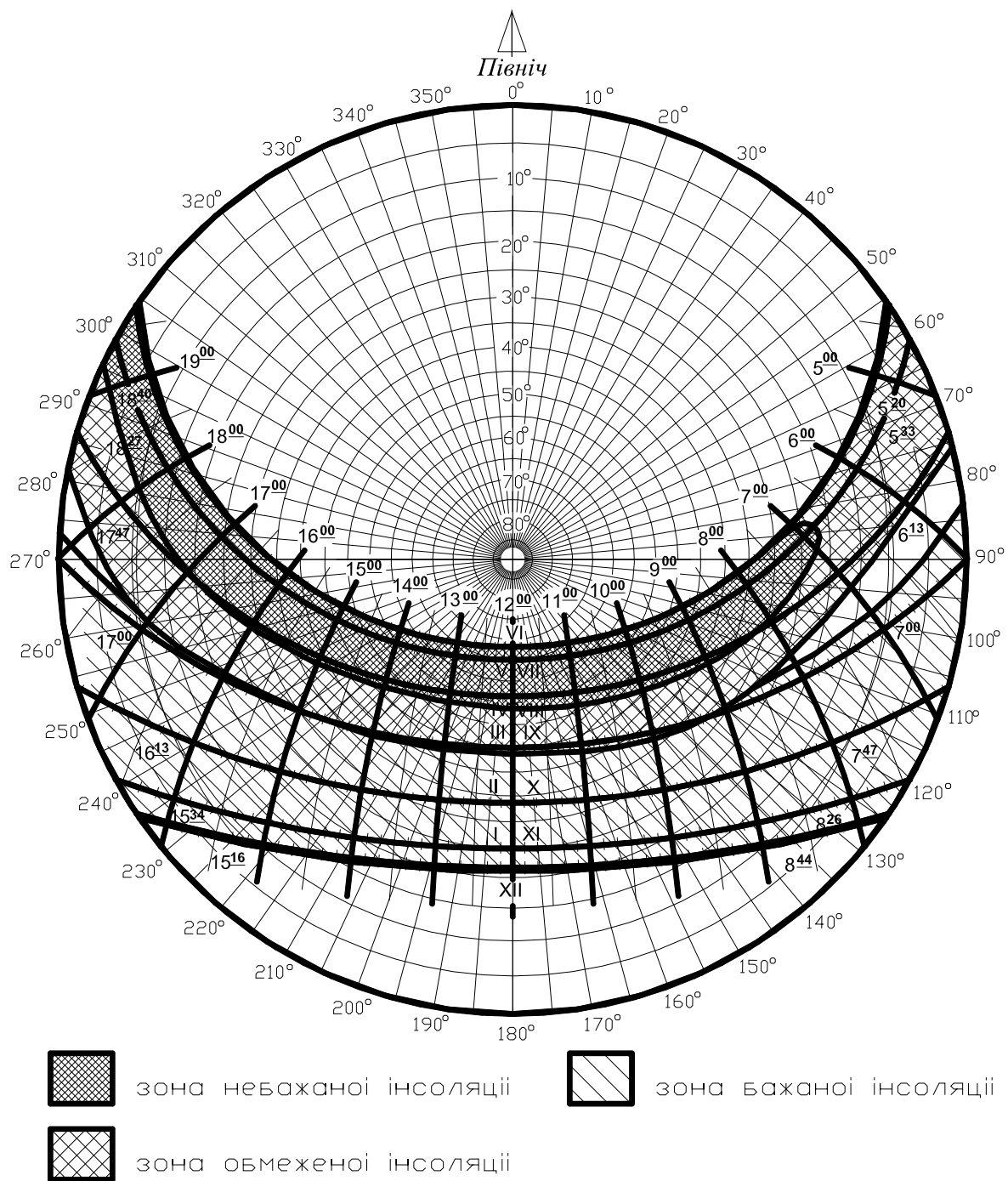


Рис. 2.5. Апроксимована комплексна сонячна карта Ялти

Оскільки при традиційній побудові тіньових масок для вікон розрахунковою точкою у загальному випадку вважається центр вікна, то затінення розрахункової точки відбуватиметься щонайменше при затіненні половини площини світлопрозорої конструкції. Тому вважатимемо умовою затінення прозорість СЗП $\tau_D < 0,5$.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

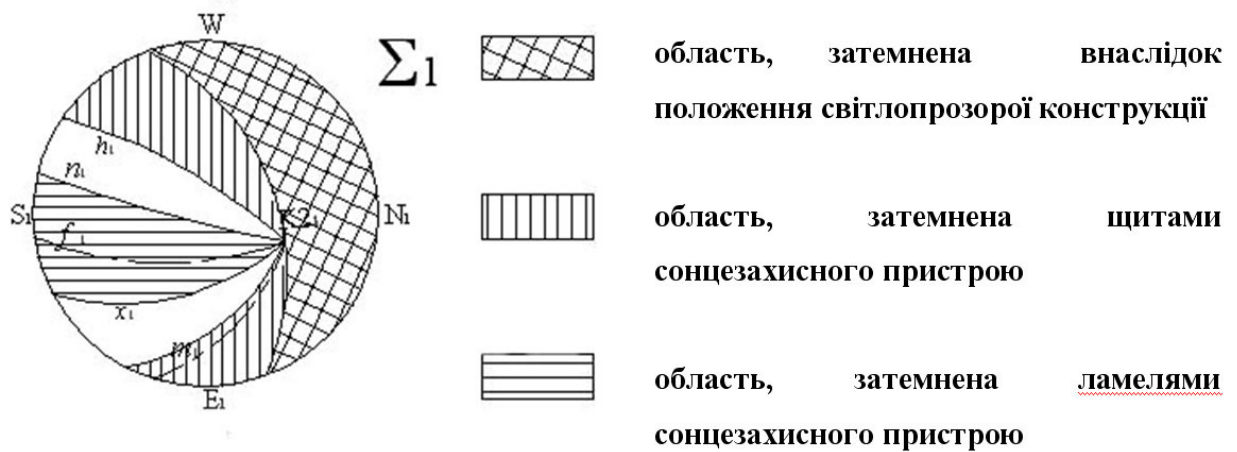


Рис. 2.6. Комплексна тіньова маска від СЗП з прямою ламелей паралельною площині світлопрозорої конструкції

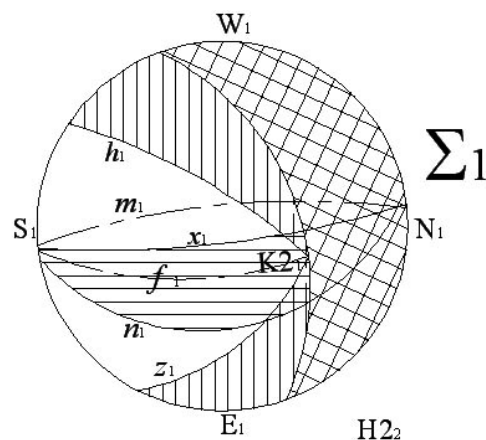


Рис. 2.7. Комплексна тіньова маска від СЗП з прямою ламелей загального положення

Окрім сонцезахисних пристроїв у вигляді навісів чи жалюзі з непрозорих матеріалів запроваджуються також СЗП інших конфігурацій чи з ефектом, заснованим на інших принципах. До найбільш специфічних геометричних СЗП належать призматичні СЗП, ефект яких заснований на явищі повного внутрішнього відбиття (рис. 2.9).

Як видно з рис. 2.9, 2.10, зі збільшенням кута падіння променів на межу скла і повітря, i , зменшується частка енергії, що виходить зі скла у повітря, та збільшується частка енергії, відбитої від поверхні в товщу скла. Нарешті, коли i досягає та перевищує значення i_{np} промені можуть тільки відбиватися

в товщу скла. Значення i_{np} залежить від світлопрозорого матеріалу, температури та довжини хвилі радіації. У табл. 2.2 приведені значення i_{np} для видимого світла у деяких світлопрозорих матеріалах. Через явище аберації для випромінювання з більшою довжиною хвилі коефіцієнт заломлення є меншим, відповідно i_{np} для інфрачервоних променів є дещо більшим, ніж для видимих.

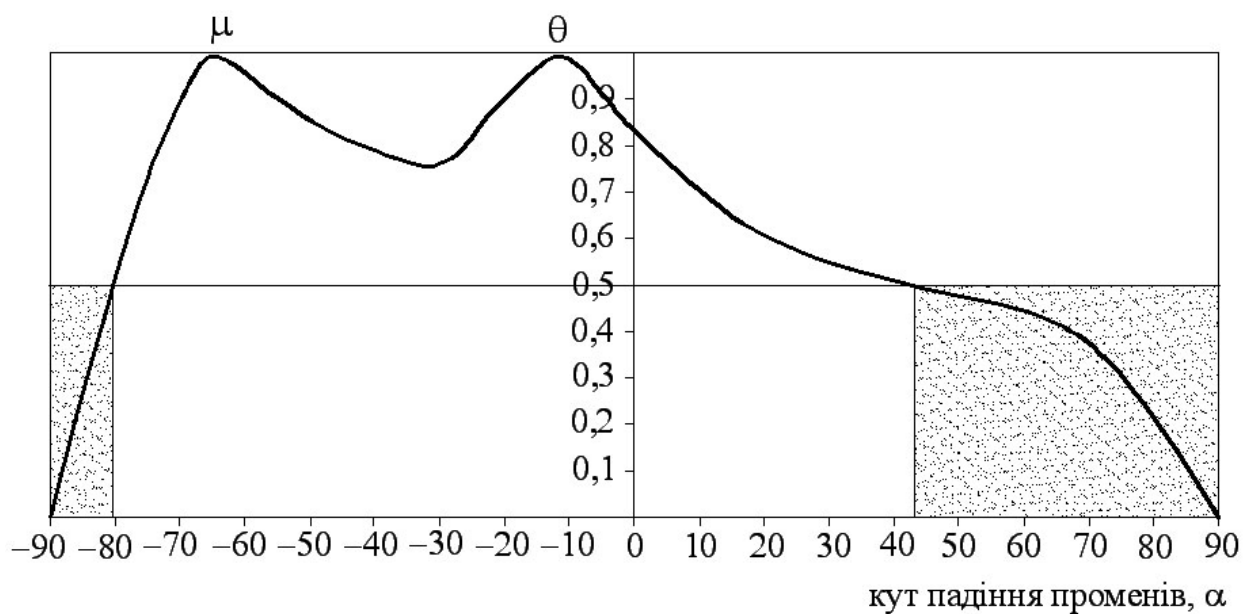


Рис. 2.8. Залежність прозорості геометричного СЗП від кута падіння сонячних променів α при $\tau_L=0$

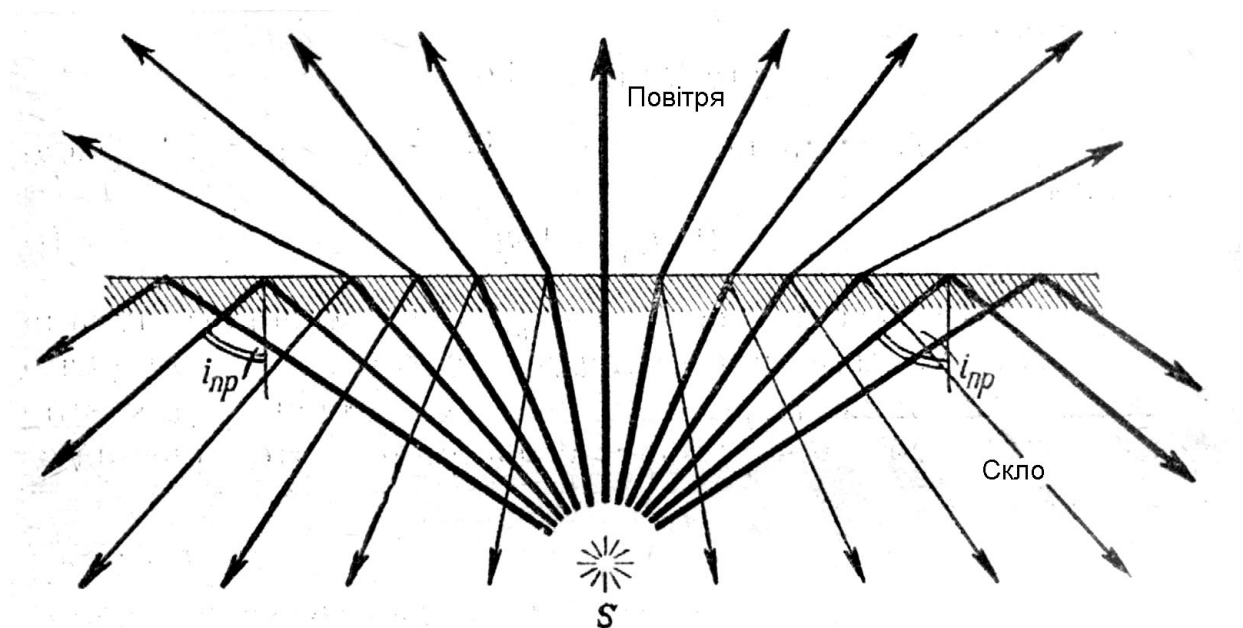


Рис. 2.9. Явище повного внутрішнього відбиття

Оптичні властивості різних світлопрозорих матеріалів

Матеріал	Коефіцієнт заломлення, n	Граничний кут, i_{np}°
Акрил	1,50	41
Скло віконне	1,56	40,5
Крон	1,57	40
Флінт	1,80	34

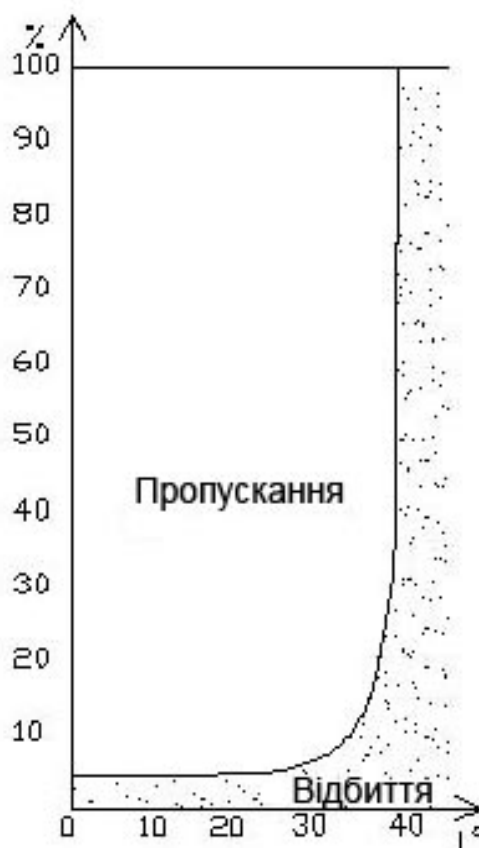


Рис. 2.10. Залежність прозорості поверхні скла від кута падіння монохроматичного світла $\lambda=555\text{нм}$

Особливістю тіньової маски від призматичного СЗП є її невелика площа, порівняно з тіньовими масками від традиційних СЗП, що змушує надавати велике значення правильному розташуванню призм. Найбільш перспективними можна вважати 2 типи розташування призматичних щитів:

- 1) із площиною бісектрис, що співпадає, або є близькою до площини

екватору, так щоб найбільша частина області небажаної інсоляції співпадала з тіньовою маскою. Таке розміщення найбільш доцільне на південному фасаді, при цьому направляюча призми є горизонтальною або незначно похилою – зазвичай із пониженням у західний бік;

2) трансформовані із направляючою вертикальною або паралельною земній вісі. Щити можуть обертатися навколо направляючої так, щоб увесь час сонце знаходилося в тіньовій масці призматичного СЗП. Якщо направляюча паралельна земній вісі, то призми роблять один оберт за добу із рівною кутовою швидкістю (рис. 2.11). Кут затінення 16° відповідає інтервалу в 1 годину 4 хвилини, що дає достатній запас щоби нехтувати еліптичними відхиленнями меридіонального часу від сонячного протягом року та застосовувати дискретну трансформацію – поворот не безперервний, а 1-2 рази на годину, якщо це є вигіднішим в плані технічної реалізації. В інших випадках швидкість обертання призми повинна регулюватися програмою.

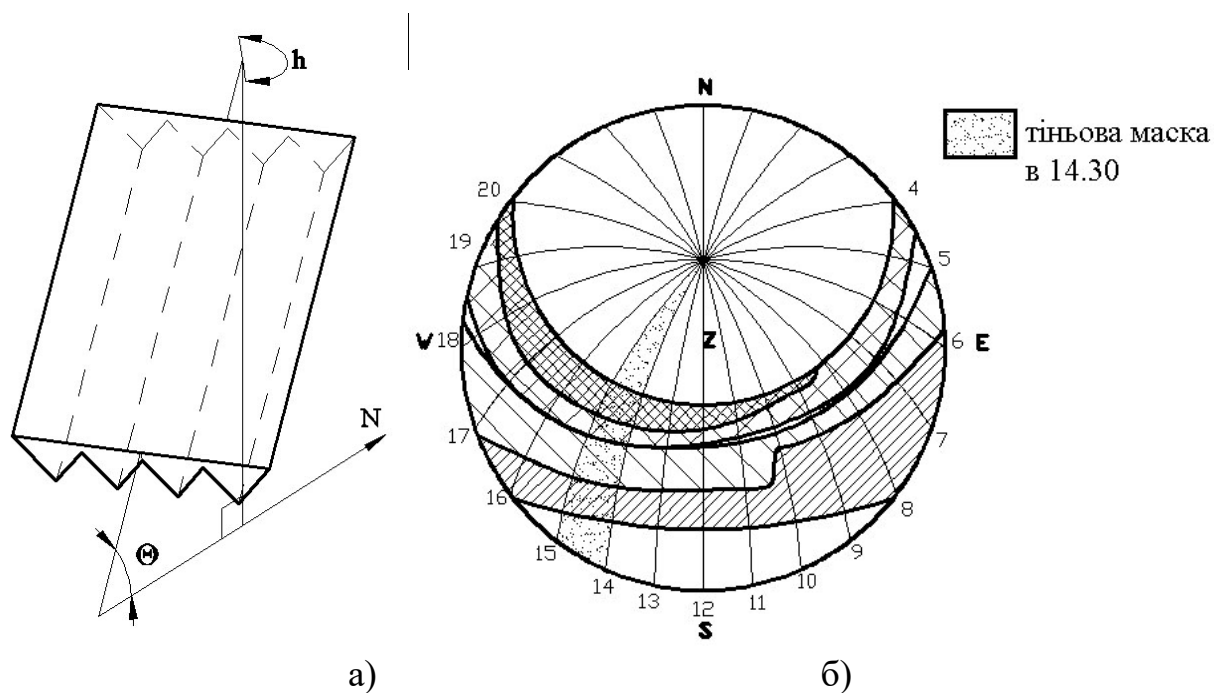


Рис. 2.11. Призматичний СЗП (тип 2) із направляючою,
паралельною земній вісі
а – схема, б – тіньова маска о 14:30 за сонячним часом

Основними перевагами призматичних СЗП є гарантований сонцезахист у визначеній області та майже повна прозорість у всіх інших на відміну від традиційних, де прозорість збільшується поступово. Світло відбивається в напрямку, з якого прийшло, що зменшує вірогідність засліплення мешканців оточуючих будинків або водіїв дорожнього руху, що є характерним недоліком сонцезахисного скла. Недоліком є відсутність можливості якісного огляду навколишнього середовища через заломлення та розбиття цілісної картини. Також до нетрадиційних геометричних СЗП можна віднести і сонцезахисний пристрій „Зебра” (рис. 2.12).

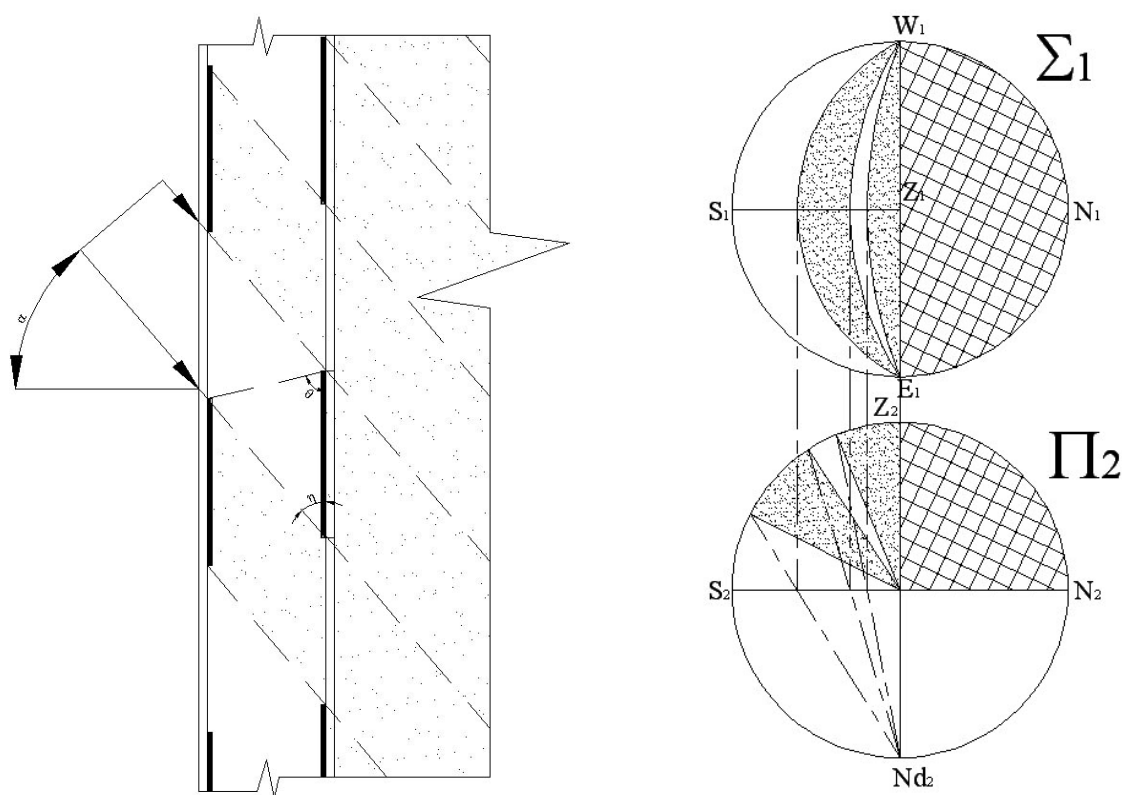


Рис. 2.12. Сонцезахисний пристрій «Зебра» та його тіньова маска

На відміну від традиційних СЗП «Зебра» утворює на тіньовій масці не одне поле зору, а велику кількість проміжків, у яких тіні ламелей двох шарів на площину світлопрозорої конструкції співпадають повністю або значною мірою. Відображувати всі проміжки на тіньовій масці не обов'язково – достатньо показати 3-4 найширших.

2.2. Розрахунок прозорості традиційних СЗП

Графічні методи розрахунку сонцезахисних пристроїв не дають повної інформації про запропоновані варіанти архітектурно-конструктивних рішень. Для отримання більш повної інформації проектувальник має порівнювати варіанти за кількісними показниками: пропускну здатністю як у всьому спектрі сонячних променів, так і на визначених його ділянках; енергетичний і біологічний вплив сонячної радіації на мікроклімат і режим експлуатації приміщення. В подальших розрахунках використана геометрична модель нескінчених сонцезахисних пристроїв (рис. 2.13).

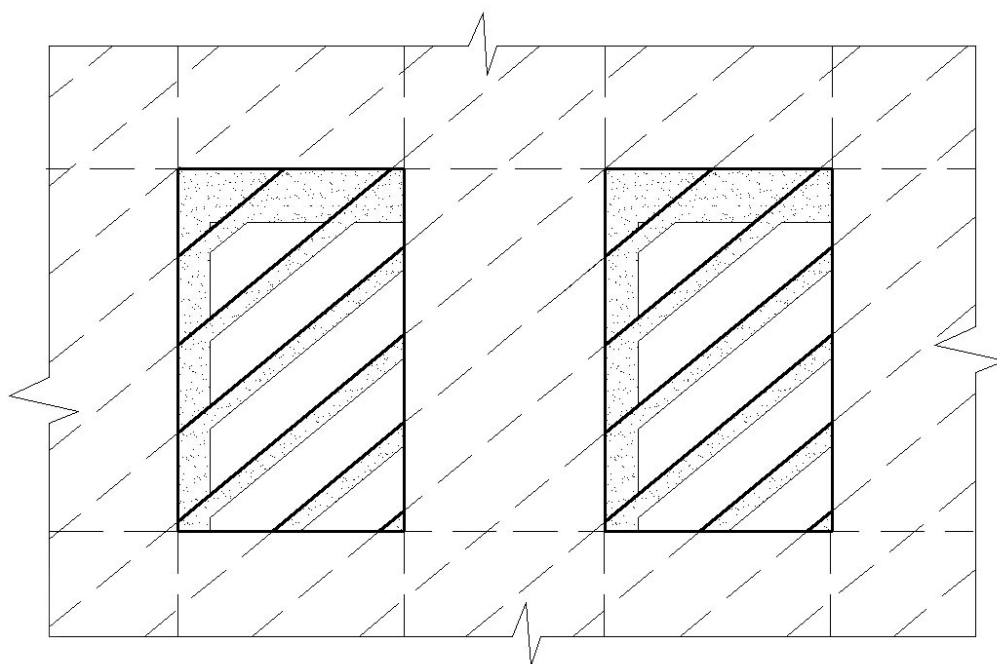


Рис. 2.13. Геометрична модель нескінчених сонцезахисних пристроїв

Світлопрозора конструкція вважається обмеженою з усіх боків системами паралельних СЗП, які поділяють її на множину опуклих багатокутників. При цьому щити СЗП, довжина яких обмежена точками перетину з щитами інших, непаралельних їм СЗП, можуть вважатися фрагментами нескінченно довгих щитів.

При розрахунках прийняті наступні припущення:

- 1) світлопрозора конструкція – площа необмежених розмірів;

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2) СЗП складаються з окремих однакових паралельних площинних щитів, що стикаються з площиною світлопрозорої конструкції;

3) довжина щитів – необмежена;

4) щити можуть бути суцільними, тоді їх товщина дорівнює нулю (назвемо такі СЗП – *суцільними*), і можуть складатися з окремих однакових паралельних площинних ламелей, необмеженої довжини, нульової товщини та ширини достатньо малої порівняно з шириною щита СЗП (назвемо такі СЗП – *дискретними*).

Попередньо введемо поняття *віртуального сонцезахисного пристрою* (рис. 2.14), який є проекцією усіх ламелей одного щита на довільну площину, паралельну площинам ламелей, променями, що визначаються кутом ν . Ширина віртуального сонцезахисного пристрою дорівнює сумі ширини всіх ламелей щита, b_L .

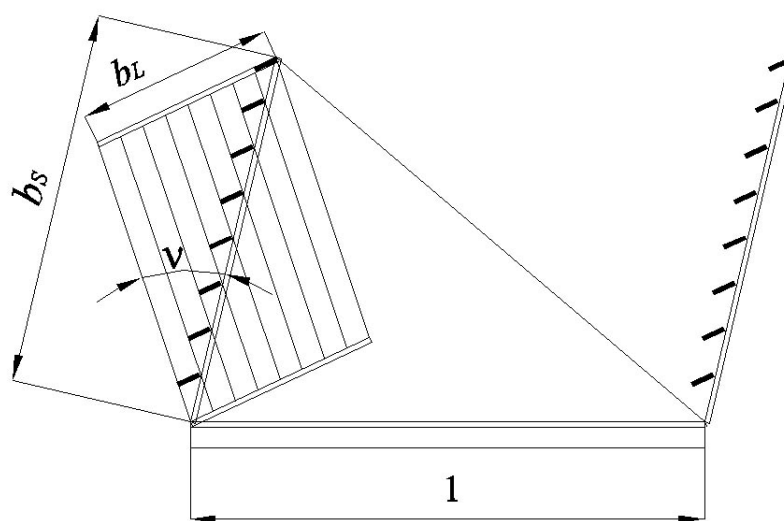


Рис. 2.14. Віртуальний сонцезахисний пристрій

Запропонуємо наступні методи розрахунку затінення дискретними сонцезахисними пристроями: метод порівняння тіней (рис. 2.15, а); метод опосередкованої тіні (рис. 2.15, б).

Вважаємо щит сонцезахисного пристрою та віртуальний сонцезахисний пристрій суцільними СЗП. Знаходимо довжину тіні від щита

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СЗП та від віртуального СЗП. Щільність тіні дорівнює відношенню довжини тіні від віртуального СЗП до довжини тіні від щита СЗП.

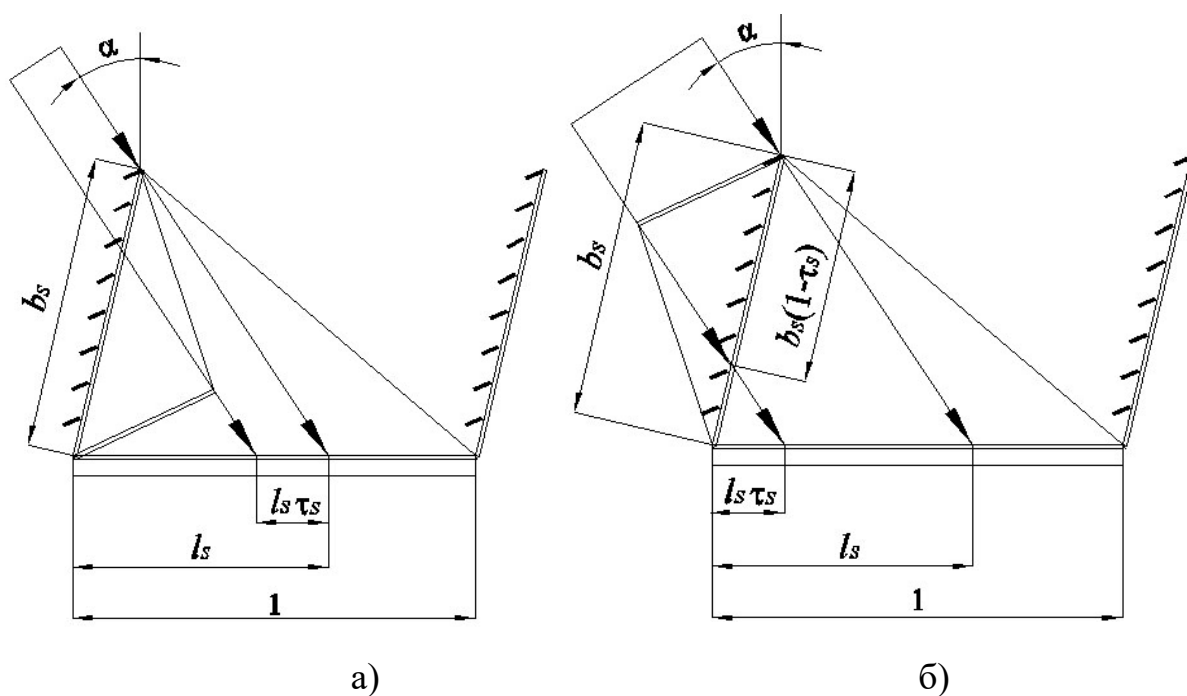


Рис. 2.15. Методи розрахунку затінення дискретними СЗП

а – порівняння тіней; б – опосередкованої тіні

Розглянемо випадок затінення натуральним числом щитів сонцезахисного пристрою. Поділимо світлопрозору конструкцію на N сегментів рівної площі. Із рис. 2.16 видно, що 1-й сегмент може затінюватися не більш як одним щитом, 2-й – не більш як двома, ..., N -й – не більш як N . При від'ємному значенні кута α те саме справедливо для зворотної нумерації сегментів, що не впливає на порядок розрахунку за формулами (2.1) та (2.2):

$$l_{Ln} \leq n; \quad (2.1)$$

де n – порядковий номер сегмента;

l_{Ln} – умовна довжина тіні в сегменті;

При достатньо великій кількості сегментів можна проводити розрахунок інсоляції за загальною формулою як для конструкції, що має

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

безліч сегментів, оскільки сегменти, затінені обмеженою кількістю щитів, складатимуть відносно незначну частину світлопрозорої конструкції. При меншому числі сегментів розраховується довжина тіні та затінення в кожному сегменті окремо

$$\tau_D = \frac{\tau_{D1} + \tau_{D2} + \dots + \tau_{DN}}{N}; \quad (2.2)$$

де τ_{D1}, τ_{D2} – пропускання прямої сонячної радіації у сегментах світлопрозорої конструкції.

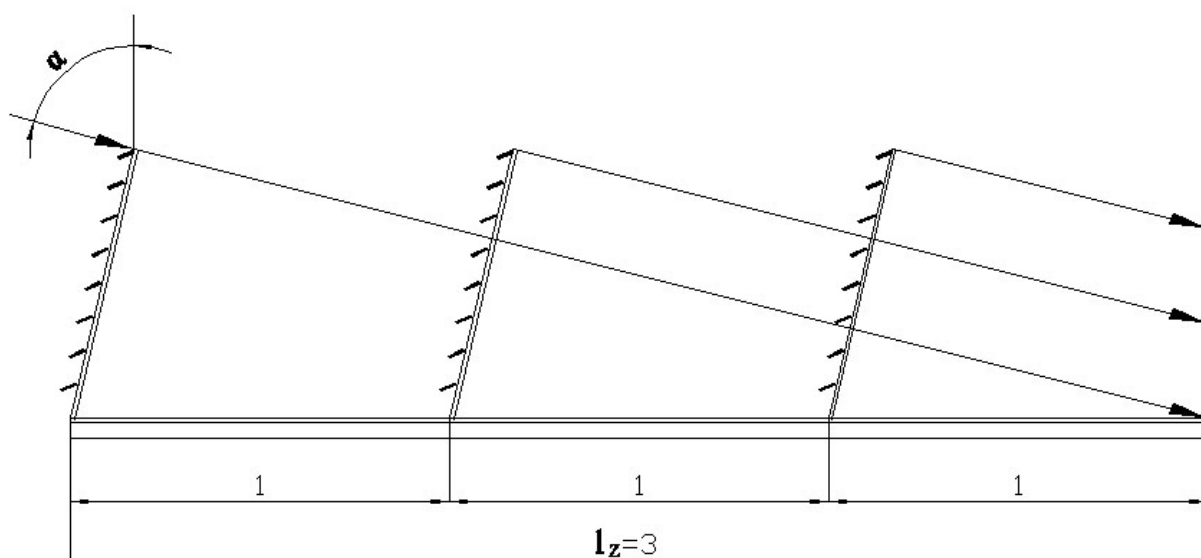


Рис. 2.16. Затінення частково прозорими щитами СЗП

Прозорість геометричного сонцезахисного пристрою є середнім арифметичним значенням від прозоростей всіх його сегментів.

В будь-якій практичній сонцезахисній конструкції звичайно присутні більш одного непаралельного геометричного сонцезахисного пристрою, що відрізняються кутами κ , наприклад верхній та бокові відкоси вікна. Оскільки непаралельні СЗП приховують точки сходу один-іншого, а сприймаються виключно точки перетину щитів СЗП, то фактичною довжиною щитів можна знехтувати та розраховувати їх як нескінченні. При розрахунку прозорості систем непаралельних геометричних сонцезахисних пристроїв (рис. 2.17),

окремо розраховується прозорість кожного з пристроїв для даного положення сонця та знаходиться їх добуток за формулою

$$\tau_D = \tau_{D1} \times \tau_{D2} \times \dots \times \tau_{Dn}; \quad (2.3)$$

де τ_{D1} , τ_{D2} – пропускання прямої сонячної радіації непаралельними геометричними сонцезахисними пристроями.

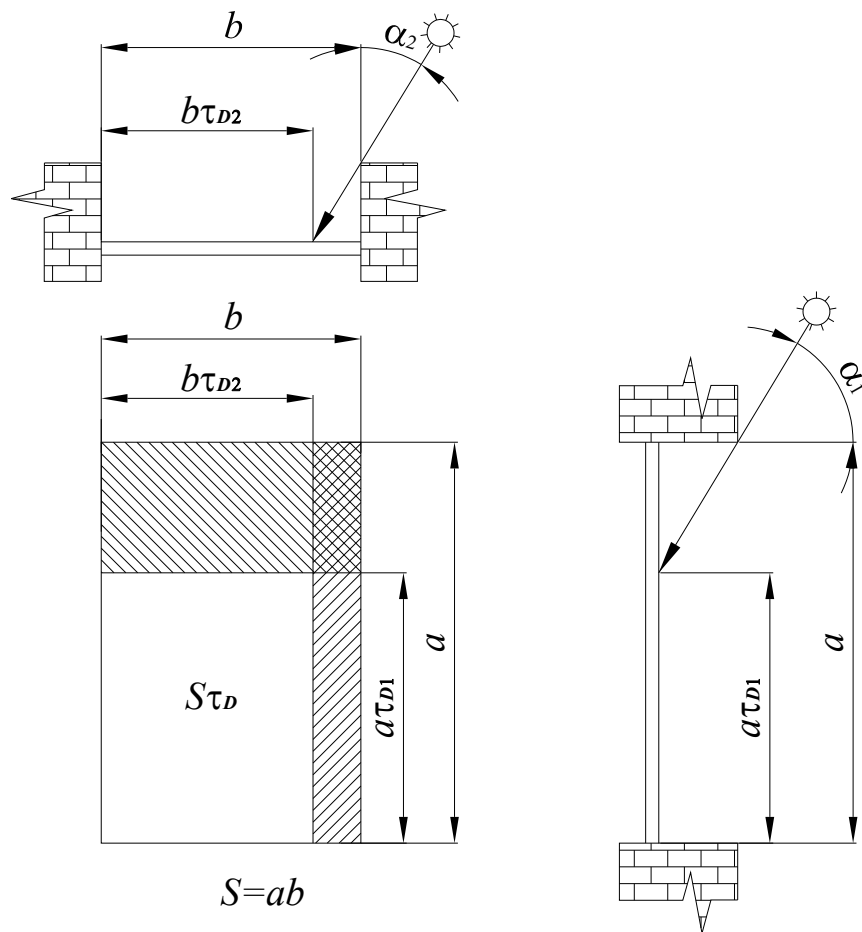


Рис. 2.17. Затінення системою непаралельних СЗП

2.3. Розрахунок прозорості нетрадиційних СЗП

До нетрадиційних СЗП належать *трансформовані* геометричні СЗП, що можуть змінювати свою форму через мануальний контроль – *активні* СЗП – через контроль центральною системою керування типу «розумний

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

будинок» – *активно-адаптивні* у залежності від розкладу – запрограмовані, чи змін погоди. В іншому разі система керування має включати в себе одну чи більше метеостанцій. Також трансформовані СЗП поділяють на *безперервно-трансформовані*, що можуть займати будь-яке положення в допустимих межах, та *дискретно-трансформовані*, що мають обмежене число визначених положень. Оскільки трансформовані СЗП не мають постійних значень η , θ , λ , μ , то задаються тільки значення при визначеному положенні щита чи ламелей.

Трансформовані сонцезахисні пристрої:

1. Сонцезахисні пристрої із *поворотними щитами* (рис. 2.18), де щити сонцезахисного пристрою суцільні чи дискретні, можуть повертатися навколо вісей, паралельних площині скління. Даний тип СЗП є ефективним як для регулювання кута затінення при горизонтальному розміщенні щитів, так і для забезпечення тимчасового повного затінення зі зменшенням кута θ до 0° при будь-якому розміщенні щитів.

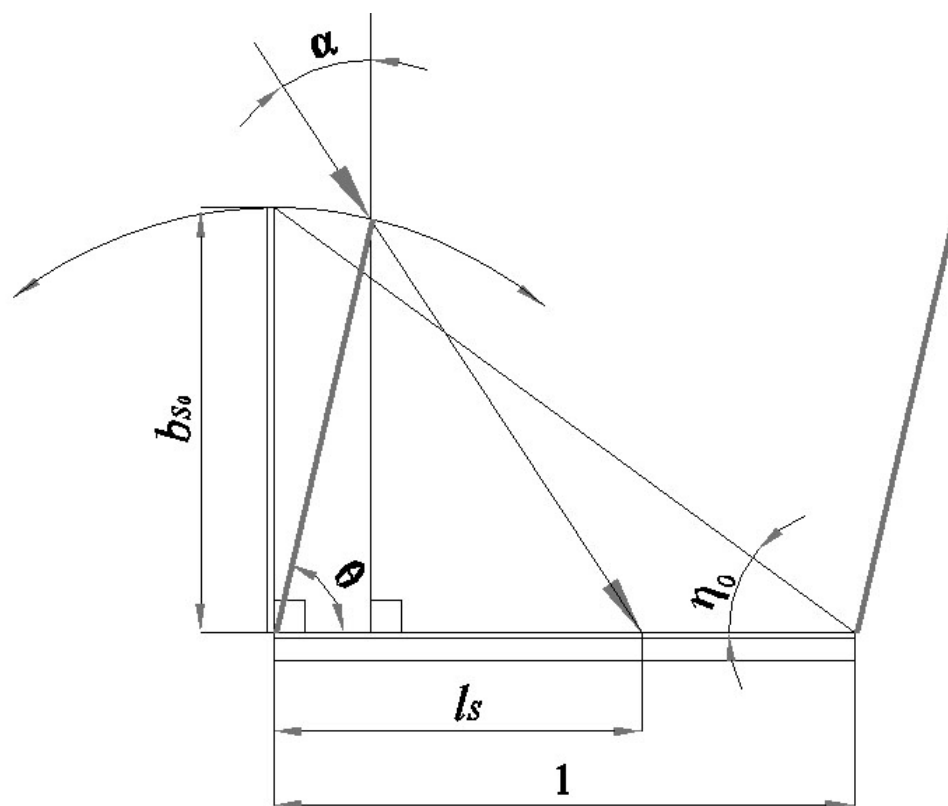


Рис. 2.18. Затінення геометричними СЗП із поворотними щитами

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Сонцезахисні дискретні пристрої з *поворотними ламелями* (рис. 2.19). В них щити СЗП закріплені стаціонарно, а ламелі можуть повертатися навколо осей, паралельних площині щита.

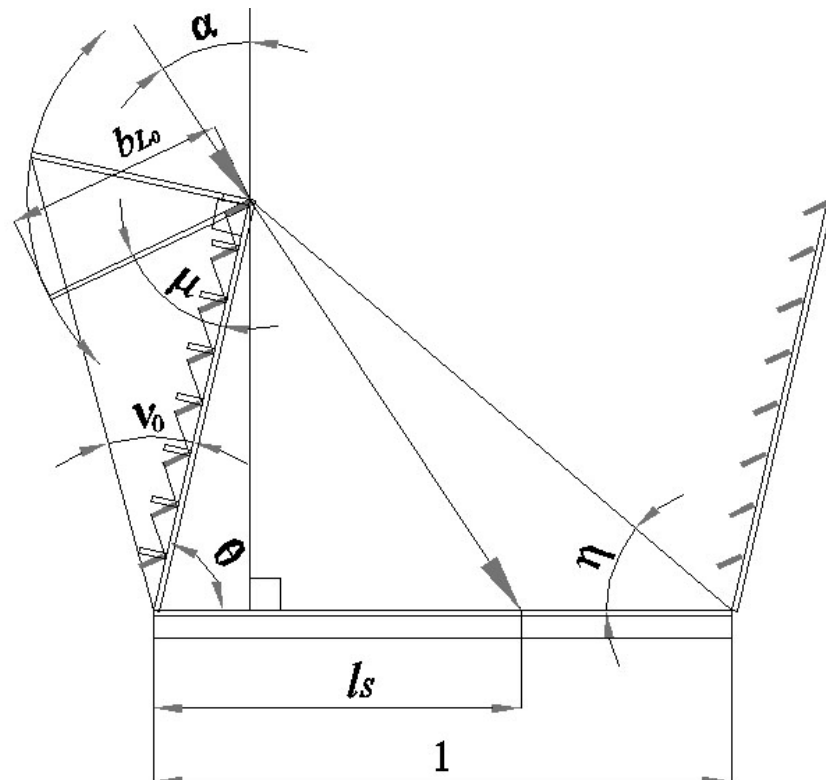


Рис. 2.19. Затінення геометричними СЗП із поворотними ламелями

3) Сонцезахисні пристрої із *взаємно-залежним поворотом щитів та ламелей* (рис. 2.20), де всі ламелі щита пов'язані з елементами щита, паралельними його твірній, в паралелограм. При цьому під час повороту щита навколо вісі, паралельної площині скління, ламелі зберігають сталий кут з останньою. Дана конструкція має певні переваги при конструюванні та експлуатації, як регулювання всіх щитів та ламелей СЗП одним механізмом.

Сонцезахисні пристрої типу «Зебра» (рис. 2.21) складаються із сонцезахисних смуг – непрозорих чи частково-прозорих ламелей, що розташовуються у двох паралельних площинах. При цьому ламелі в обох площинах розташовуються паралельно на рівних відстанях, що дорівнюють ширині сонцезахисних смуг. Сонцезахисні смуги можуть бути виготовлені з

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

різних матеріалів або просто нанесені фарбою на внутрішні чи зовнішні поверхні склопакету. СЗП „Зебра” також можуть виступати в якості щитів геометричного СЗП. Недоліком СЗП „Зебра” є понижене пропускання світла, що в найбільш прозорих напрямках пропускає не більше половини потоку радіації. Перевагою є компактність та можливість інтегрування їх у склопакети.

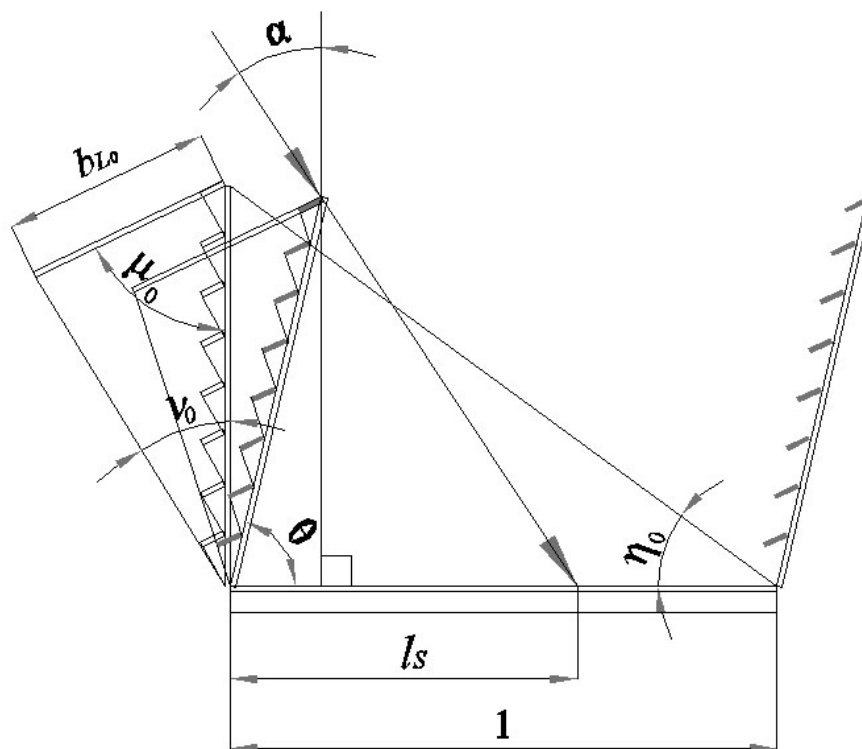


Рис. 2.20. Затінення геометричними СЗП із взаємно залежним поворотом щитів та ламелей

Геометричний розрахунок коефіцієнту прозорості призматичних СЗП позбавлений сенсу, оскільки вони змінюють прозорість від максимальної до 0 практично миттєво. Тому розрахунок надходжень променевої енергії в приміщення із призматичними СЗП має базуватися на часі інсоляції, що розраховується графічними методами, та на середній прозорості призматичних світлопрозорих матеріалів.

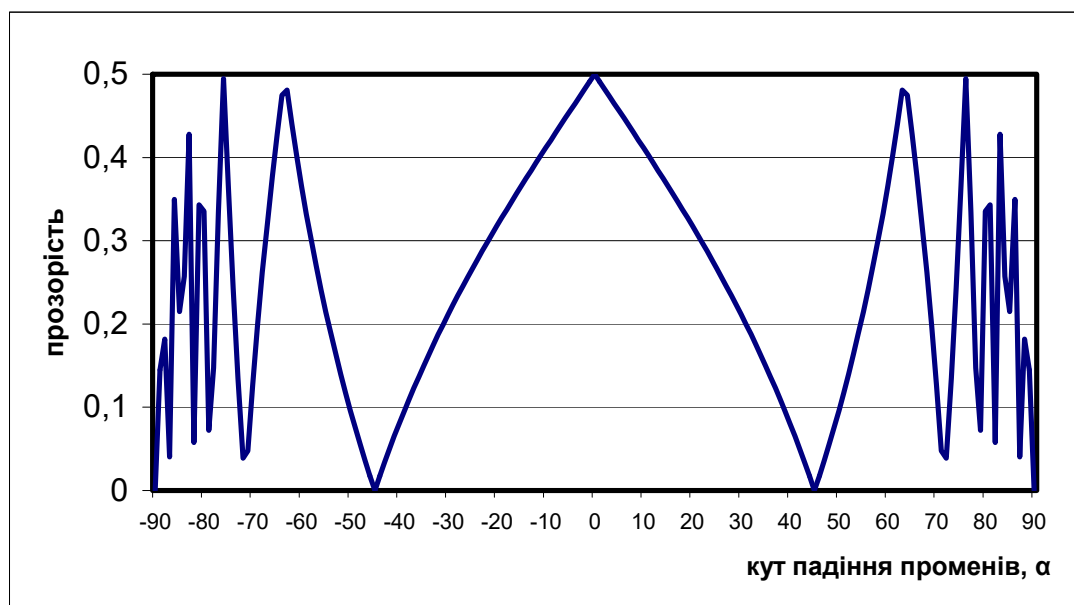
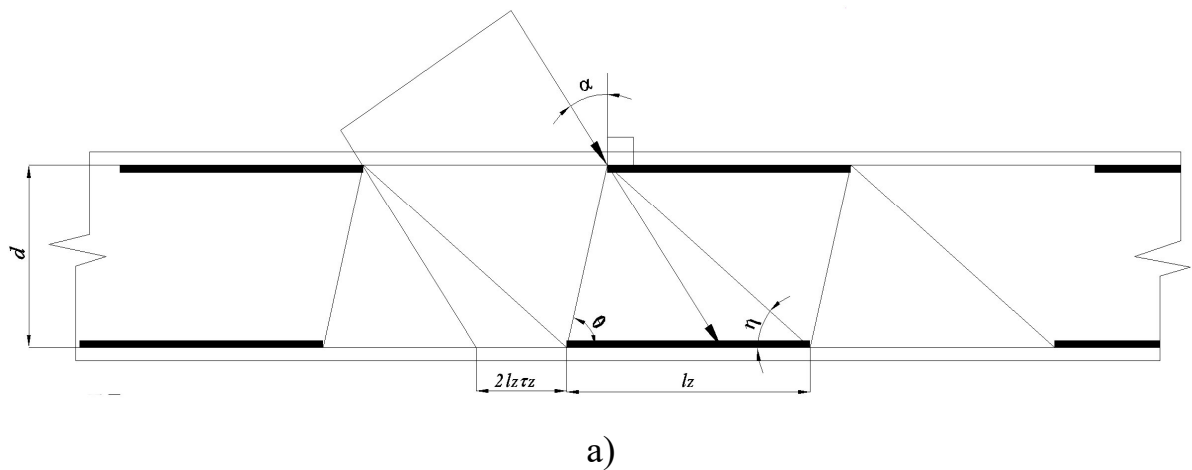


Рис. 2.21. Затінення СЗП типу «Зебра»

а – схема, б – залежність прозорості СЗП від кута падіння променів при $\theta=90^\circ$, $\eta=45^\circ$, $\tau_L=0$

2.4. Розрахунок кількості енергії, отриманої приміщенням за певний період

Окремим етапом розрахунку є обчислення потужності потоку прямої сонячної радіації, що потрапляє у приміщення у певний момент часу крізь світлопрозорі конструкції. Потужність потоку є прямо пропорційною інтенсивності прямої сонячної радіації на площину, нормальну до сонячних

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

променів, прозорості геометричних СЗП та скління та площі проекції світлопрозорої конструкції на площину, нормальну до сонячних променів

$$W = IS \tau_D \tau_G \cos \alpha; \quad (2.4)$$

де W – потужність потоку прямої сонячної радіації, що проходить крізь світлопроріз, Вт.

I – інтенсивність потоку прямої сонячної радіації на межі світлопрозорої конструкції, Вт/м²;

τ_D – коефіцієнт пропускання прямої сонячної радіації геометричними СЗП;

τ_G – коефіцієнт пропускання прямої сонячної радіації склом;

α – кут між променями сонця та нормаллю до площини світлопрозорої конструкції.

Оскільки кут падіння променів є функцією від координат положення сонця, які в свою чергу є функцією від часу та доби року, то можна виразити потужність як функцію від часу для визначеного дня року. Денна кількість енергії, що потрапляє до приміщення крізь світлопроріз, Q_d , Дж, розраховується за формулою:

$$Q_d = \int W(h) \cdot dh, \quad (2.5)$$

де Q_d – денна кількість енергії інсоляції, Дж.

При наявності у приміщенні більш ніж одного світлопрорізу добова кількість енергії знаходиться за принципом суперпозиції

$$Q_{\text{сум}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (2.6)$$

Отриману енергію можна включати в розрахунок енергетичного балансу приміщення – загальних витрат енергії та енергоносіїв протягом

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

періоду, як доби, року чи розрахункового терміну експлуатації для забезпечення комфортних умов проживання.

При розрахунку впливу інсоляції на енергетичний баланс приміщення є недоречним обчислення річної суми енергії інсоляції через те, що в різні пори року основне навантаження у забезпеченні умов комфорту лягає на різні інженерні системи, витрати яких вимірюються в різних енергоносіях. Зокрема, основними витратами протягом холодного періоду є витрати на опалення, звичайно у вигляді природного газу чи мазуту, а протягом теплого – на кондиціонування, що використовує електроенергію.

Витрати енергії на охолодження приміщення на 1 °С шляхом кондиціонування є в 3 рази більшими, ніж на підвищення температури на 1 °С через опалення, що дозволяє звести розрахунок загального річного енергетичного балансу приміщення до єдиного показника, за умов збереження цін на енергію та енергоносії або пропорційного їх росту.

Через виснаження та подорожчання традиційних енергоносіїв та запровадження нових джерел енергії це відношення може змінюватися. Тому рекомендується при розрахунку річного енергетичного балансу обчислювати витрати на опалення та кондиціонування як окремі статті. Відповідно, окремо обчислюються максимальні кількості енергії інсоляції протягом періодів перегріву та бажаної інсоляції, що уточнюються згідно комплексної сонячної карти для району будівництва. Далі розраховуються суми всіх денних енергій інсоляцій періоду:

$$Q_P = \sum_{i=d_1}^{d_2} Q_i; \quad (2.7)$$

де Q_P – кількість енергії інсоляції за розрахунковий період, Дж;

d_1 – перший день розрахункового періоду;

d_2 – останній день розрахункового періоду.

У практичному розрахунку з обчисленням тривалості інсоляції за

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сонячною картою аналогічно розраховується кількість енергії для кожного з місяців розрахункового періоду. Враховуючи, що траєкторія ходу сонця для розрахунку тривалості інсоляції будується для 22-го числа кожного місяця, то першим днем місця в розрахунку варто вважати 8-е число, а останнім – 7-е наступного місяця. Кількість надходжень енергії складає:

$$Q_P = Q_d n_{d1} + Q_{d1} n_{d2} + \dots + Q_{dn} n_{dn}; \quad (2.8)$$

де n_d – кількість діб місяця, що належать розрахунковому періоду.

2.5. Узагальнення методики оцінки інсоляційного режиму приміщення

Запропоновані варіанти архітектурно-конструктивних рішень будівель, приміщень чи світлопрозорих конструкцій можуть бути досліджені методами, наведеними в роботі, що дозволяє виконати їх порівняльний аналіз та обрати ті, що найкраще відповідають висунутим вимогам, зокрема вимогам енергоефективності.

Рішення світлопрозорих конструкцій та сонцезахисних пристроїв характеризуються значною кількістю параметрів, що робить оптимізацію виключно за одним параметром недостатньо ефективною, а багатопараметрична оптимізація ускладнена кількістю критеріїв, за якими оцінюються архітектурні рішення. При цьому варіанти, оптимальні для виконання кожної окремої вимоги, будуть описані рядом параметрів, які, зазвичай, не будуть раціональними за іншими критеріями.

В реальному архітектурному проектуванні через специфіку технології виготовлення елементів СЗП та зведення будівель багатопараметрична оптимізація є зазвичай неможливою. Тому на практиці задача оптимізації інсоляційного режиму приміщень будівлі зводиться до оптимізації одного параметру при сталих інших або до порівняльного аналізу запропонованих

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

архітектором різних варіантів архітектурно-конструктивного рішення, що відрізняються всіма або більшістю параметрів. Обрані варіанти можливо додатково оптимізувати за одним чи декількома параметрами.

Запропонована у роботі методика використана для оптимізації СЗП офісної будівлі (рис. 2.21, 2.22) із забезпеченням максимального надходження сонячних променів у зимовий період та блокуванням їх надходження із зони перегріву на сонячній карті.



Рис. 2.22. Загальний вигляд офісної будівлі

При проектуванні сонцезахисних пристроїв для південно-західного та північно-східного фасадів офісної будівлі (рис. 2.24 – 2.25) ставилася задача захисту приміщень від перегріву протягом літа із забезпеченням максимальної інсоляції протягом опалювального сезону. Додатково до проектованої системи СЗП були зменшені матеріалоемності конструкцій, навантаження на несучі конструкції та забезпечено якомога краще природне освітлення у приміщеннях й широке поле зору.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

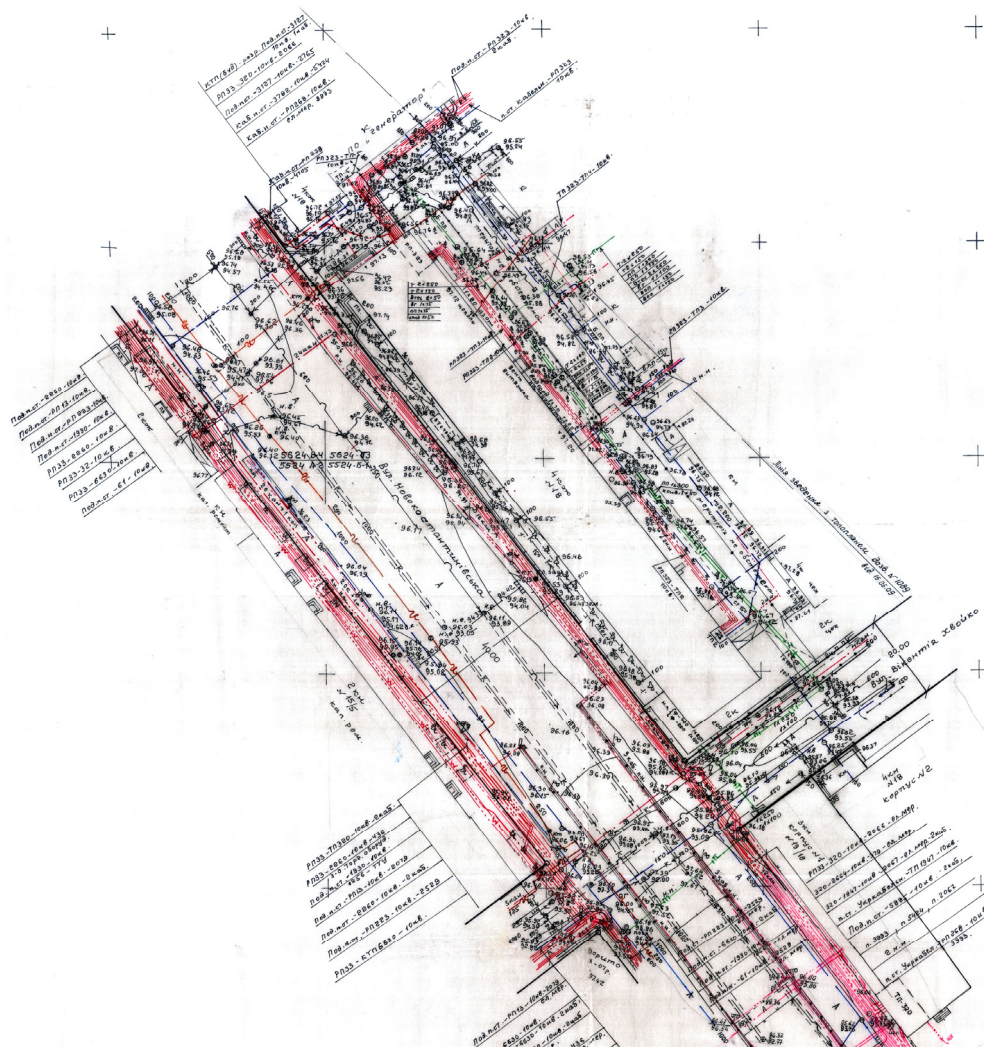


Рис. 2.23. Генплан ділянки забудови офісної будівлі

Тіньові маски скління наведених фасадів були проаналізовані із використанням комплексної сонячної карти. Для північно-східного фасаду були запропоновані горизонтальні СЗП із кутом затінення 28° , що в цілому збігалось з архітектурним ескізом. Для південно-західного фасаду використання горизонтальних СЗП, передбачених архітектором, було визнано недоцільним. Натомість, використовуючи можливості побудови

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тіньових масок від СЗП загального положення та розрахунку їх характеристик, були запропоновані діагональні сонцезахисні ламелі із кутом затінення 55° , нахилом твірної до площини фасаду 35° та нахилом прямої до площини горизонту 35° .

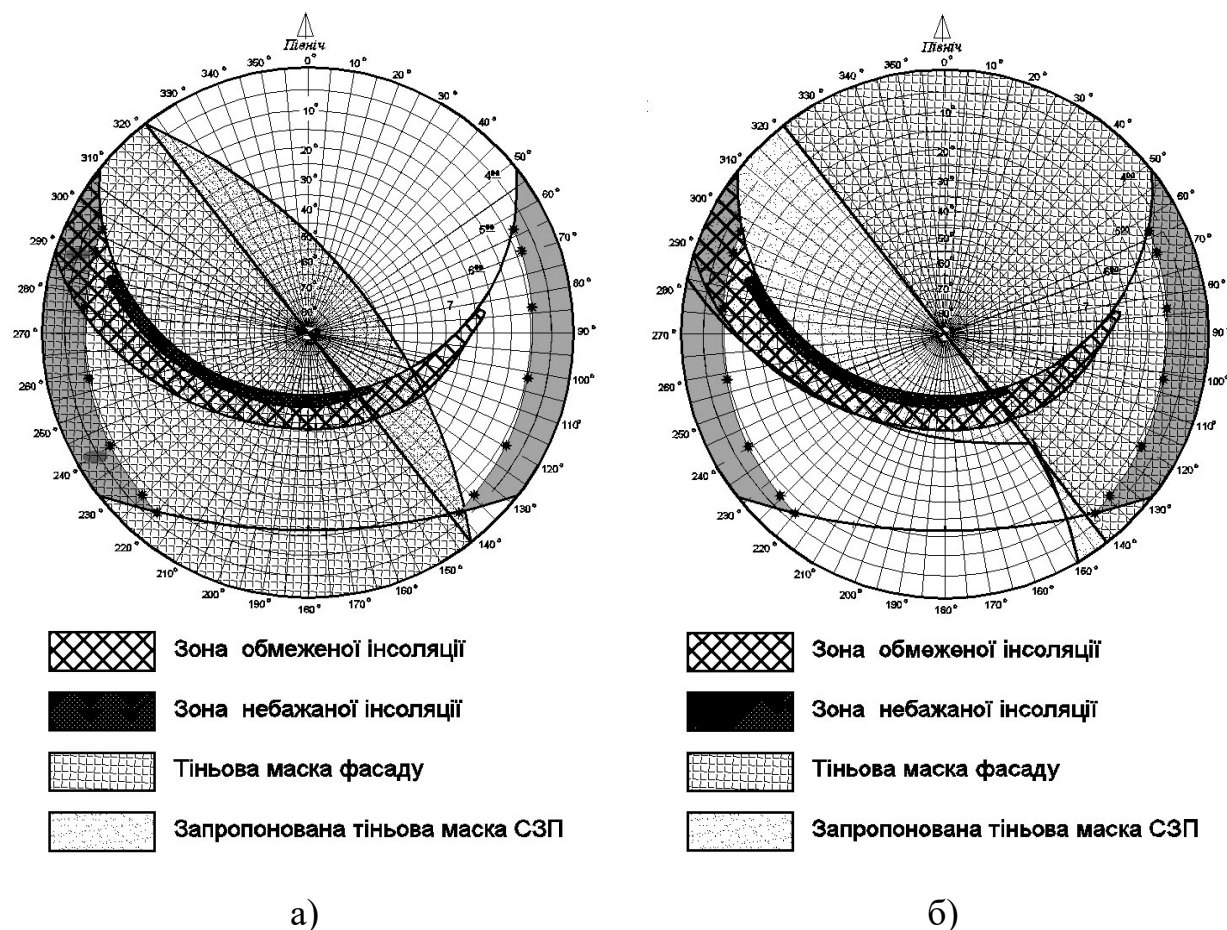


Рис. 2.24. Дослідження фасаду будівлі за допомогою температурних зон комплексної сонячної карти
а – північно-східного; б – південно-західного

Задля зведення ламелей до мінімальної кількості типорозмірів була запропонована модульна система сонцезахисту, що складалася з 252 модулів-касет розмірами 1190×3750 мм із 12 ламелями трьох типів: вісьмома повної довжини та чотирма коротшими. Задля забезпечення безперервності ліній ламелей кут нахилу прямої зменшено до 32° , що не вплинуло значно на енергетичні показники СЗП, а рамам модулів надано Р-подібний перетин, що

складається з прямокутного та плаского профілів. Модульна система є також придатною для монтажу ламелей з будь-яким іншим кутом нахилу напярмної ламелей, що дозволяє використовувати її на фасадах довільної орієнтації та відкриває перспективи впровадження та вдосконалення її на наступних об'єктах.

Розрахунок енергетичного паспорту показав, що застосування оптимізованих СЗП на південно-західному фасаді лише на 3-х поверхах (з 7-ми) дозволяє знизити питомі тепловитрати всього будинку на опалення на 4%.

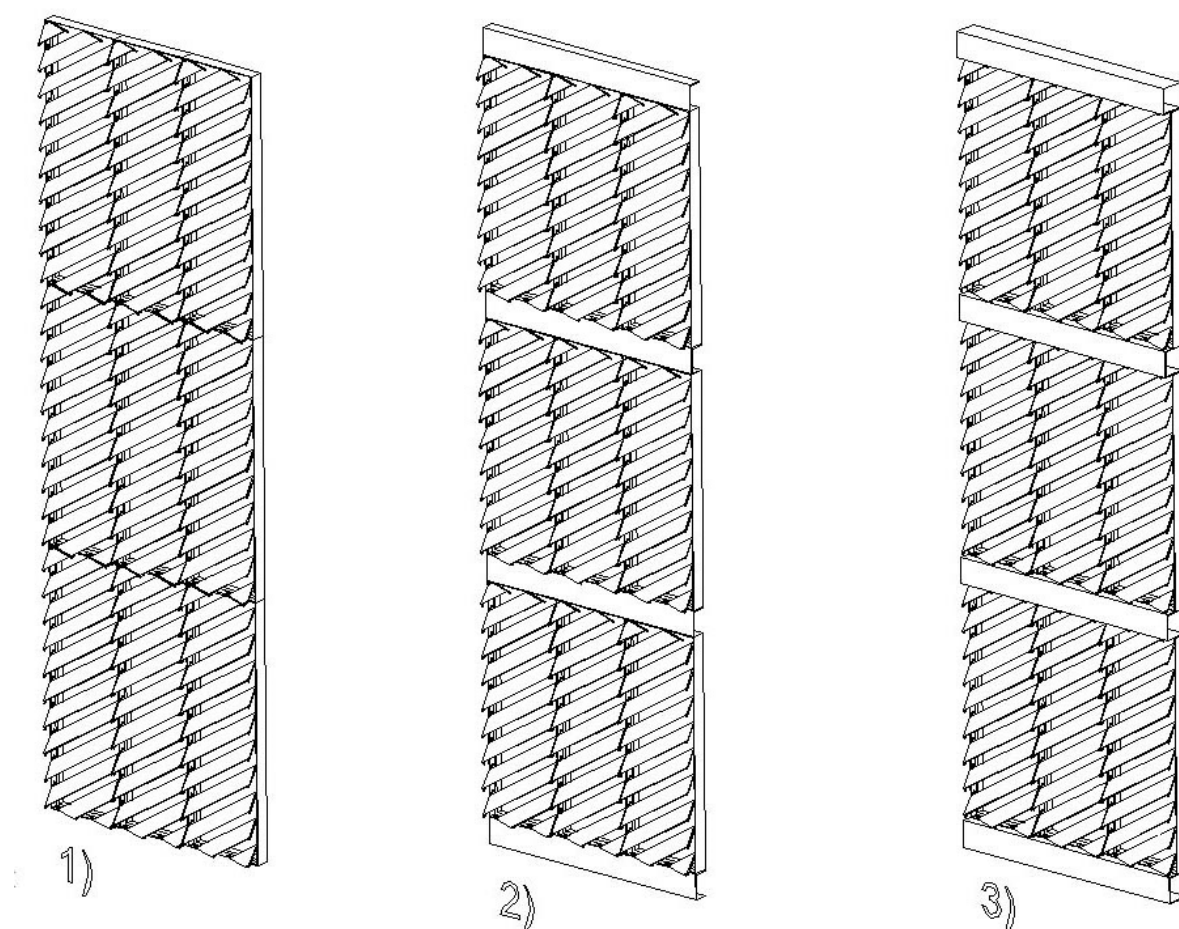


Рис. 2.25. Варіанти архітектурно-конструктивного вирішення модульної системи сонцезахисту

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

1. Поєднання комплексної сонячної карти з тіньовою маскою СЗП дозволяє цілеспрямовано проектувати сонцезахисні пристрої, забезпечуючи покращення енергетичного балансу приміщень протягом року.

2. Запропонована методика розрахунку прозорості суцільних та дискретних СЗП з непрозорих та частково прозорих матеріалів, в тому числі трансформованих та типу «Зебра».

3. Уточнена методика розрахунку впливу інсоляції приміщення на його енергетичний баланс з урахуванням матеріалу та геометричних параметрів світлопрозорої конструкції та СЗП.

4. Оптимізація геометричних параметрів сонцезахисних пристроїв за допомогою запропонованих у дипломній роботі комплексних сонячних карт та розробленої методики дозволяє суттєво вплинути на підвищення енергоефективності будівель.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Сучасні комп'ютерні методи розрахунку тривалості інсоляції будинків

Астрономічні та геометричні основи просторово-часового розрахунку інсоляції були закладені ще в Стародавньому Єгипті, Греції та Римі. У Європі в середині XVIII століття Л. Ейлер систематизував формули сферичної тригонометрії, що описують сонячні координати. У середині XX столітті рядом вчених були систематизовані методи просторово-часового розрахунку інсоляції та розрахунку екранування. Вони були класифіковані по геометричному признаку на метод центрального, ортогонального та косокутного проектування.

Для ручного розрахунку оптимальним був обраний та рекомендований метод ортогонального проектування. Цей метод ручного розрахунку за номограмами й сьогодні використовується, будучи нормативно встановленим для проектувальників. Ручний спосіб розрахунку тривалості інсоляції, представлений в нормативних документах, в епоху інформаційних технологій застарів. Однак використовуваний в цьому розрахунку метод нарисної геометрії (зводиться до другої позиційної задачі) дає об'єктивні дані про тривалість інсоляції, тому він покладений в основу сучасних комп'ютерних алгоритмів.

У світі існує кілька комп'ютерних програм для розрахунку інсоляції: MicroShadow for ArchiCAD, Lara, СИТИС: Солярис. Розглянемо останню із поданих програм, оскільки вона є найбільш функціональною.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		
Розробив	Шевчук В.М.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. Контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61		

3.2. Програмне забезпечення СИТИС: Солярис

СИТИС: Солярис – програмний комплекс для створення розрахункових світлотехнічних та акустичних моделей будівель і споруд, виконання світлотехнічних розрахунків інсоляції та освітленості за нормативними методиками (рис. 3.1). Програма розроблена компанією СИТИС (м. Єкатеринбург, Росія) та є на сьогодні найбільш популярною. Використовуваний у цій програмі алгоритм для розрахунку інсоляції має дискретний характер. У якості вихідного значення встановлюється початковий момент світлого часу доби. Потім час збільшується на 1 хвилину і в кожний наступний момент часу обчислюється положення сонця та перевіряється освітленість / затінення розрахункового вікна або розрахункової площадки навколишніми об'єктами.

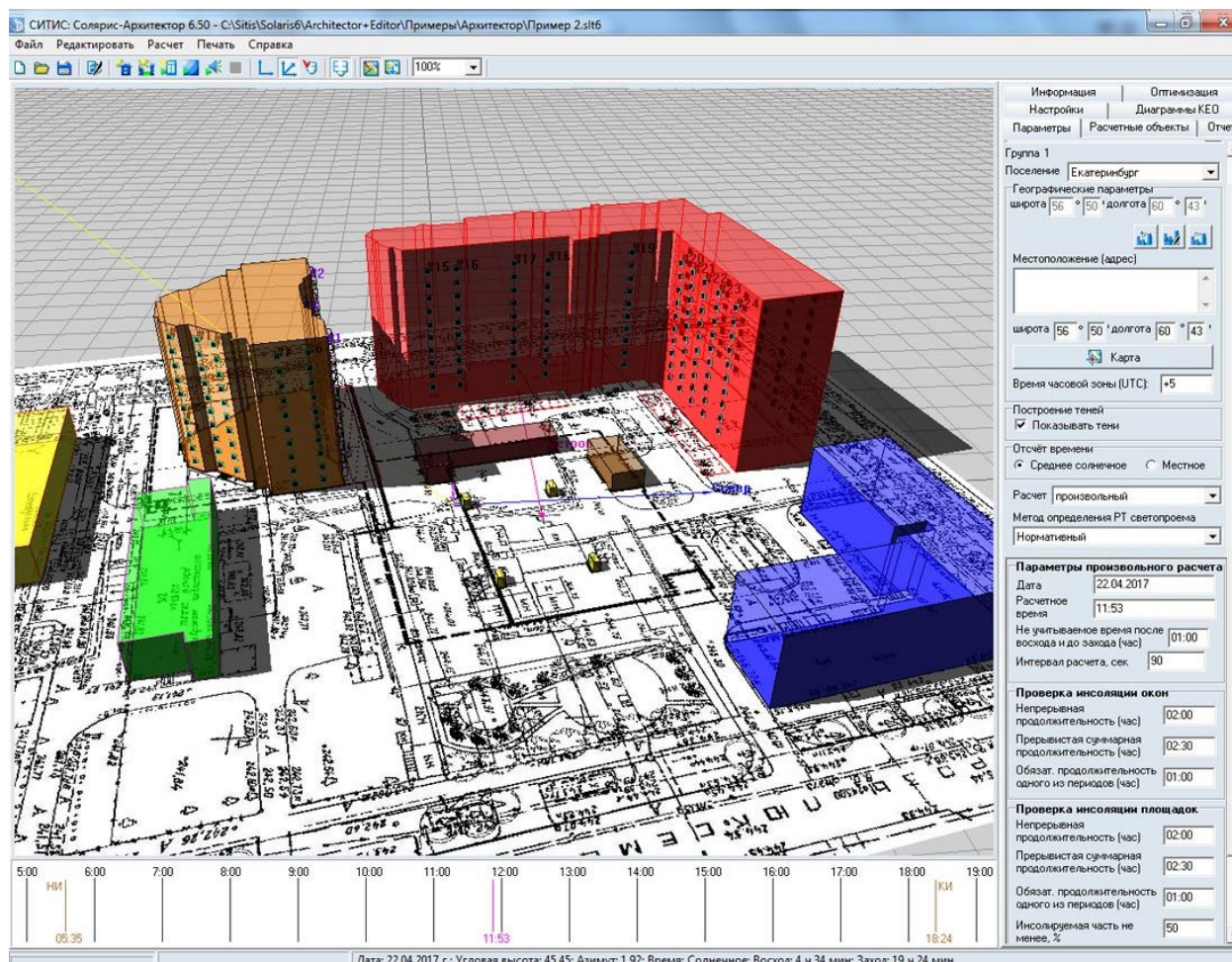


Рис. 3.1. Головне вікно програми «СИТИС: Солярис»

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

ДРМ 324.18.00.000 ПЗ

Програма «СИТИС: Солярис» дозволяє виконувати:

- розрахунок тривалості безперервної та переривчастої інсоляції вікон будівель та територій відповідно до стандартизованих методик;
- розрахунок інсоляції для будь-яких географічних координат та на будь-яку дату;
- розрахунок коефіцієнту природнього освітлення (КПО) приміщень;
- розрахунок КПО з урахуванням світла, відбитого від протилежних будинків;
- автоматичне визначення положення точки розрахунку КПО в залежності від типу приміщення;
- перевірку відповідності розрахункових значень КПО нормам, встановленим СНіП;
- розрахунок інсоляції для вікон, розташованих на довільній висоті від нульової позначки;
- розрахунок інсоляції для вікон з урахуванням конструкцій віконних прорізів (при цьому реальна розрахункова точка обчислюється автоматично при заданні параметрів віконного пройому);
- розрахунок шуму від промислових джерел на заданій території (акустичний розрахунок);
- створення та редагування бібліотек типових об'єктів (моделей будівель). На кожному поверсі можливе задання квартир, кімнат у цих квартирах, розрахункових вікон та точок розрахунку КПО в цих кімнатах. Бібліотеки об'єктів можуть використовуватися спільно різними користувачами, що дозволяє скоротити час на створення розрахункової сцени;
- побудова в графічному редакторі тривимірних моделей розрахункових сцен на основі сканованої підкладки (генплану або топозйомки масштабу 1: 500) з урахуванням орієнтації щодо сторін горизонту та масштабу підкладки;

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- редагування у графічному редакторі вже існуючих сцен з можливістю додавання нових підкладок та, відповідно, нових розрахункових об'єктів;
- створення, копіювання, вирізання, вставку, видалення об'єктів, зміна їх просторового положення (зміщення, поворот, переміщення вершин та ребер об'єктів), додавання й видалення граней об'єкта, розрізування об'єктів, каскадне виконання дій і т.д.;
- візуалізацію результатів розрахунку інсоляції на екрані комп'ютера у вигляді графіків, відображення тіней та затінених граней;
- друк звітів розрахунку інсоляції у вигляді графіків освітленості / затінення об'єктів та вікон протягом розрахункової доби, плану сцени (на підкладці та без неї) з усіма параметрами всіх об'єктів;
- формування звіту про розрахунок інсоляції та КПО бібліотечних об'єктів в файл MS Word та RTF.

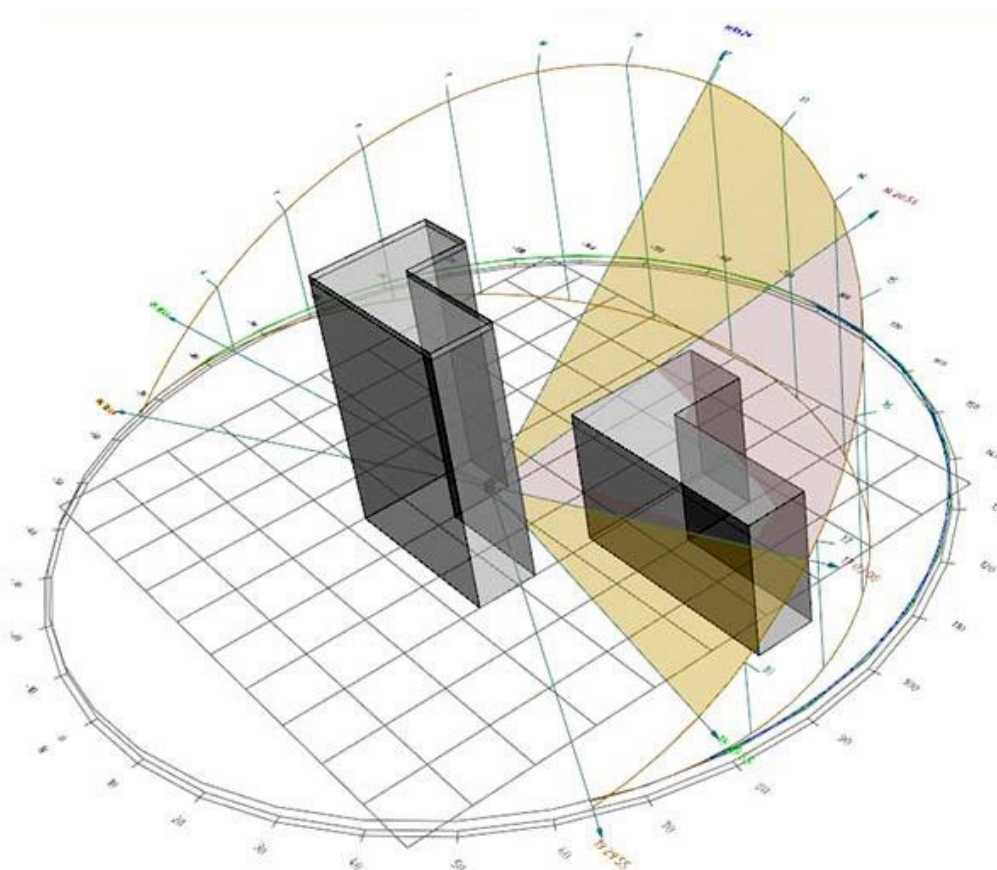


Рис. 3.2. Звіт програми «СИТИС: Солярис» у форматі PDF 3D

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Принцип роботи програми полягає в наступному. Ділянка містобудівного простору, для якого потрібно виконати розрахунок, у зменшеному тривимірному вигляді моделюється в графічному редакторі програми та створюється розрахункова сцена. У якості основи для її побудови використовується підкладка (графічний файл – генплан або топозйомка), яка завантажується на горизонтальну площину порожньої сцени. Далі встановлюються напрямки на північ та масштаб сцени. Згодом по підкладці мишкою обводяться контури об'єктів та задаються їх висоти, у результаті чого плоскі контури витягуються та перетворюються в тривимірні об'єкти.

На стіни створених розрахункових будівель наносяться точки, відповідні центрам розрахункових вікон. Для кожного вікна задаються параметри, що моделюють віконний отвір (балкон, лоджія і т.д.). У результаті цього програмою автоматично вираховується дійсна точка розрахунку інсоляції кожного вікна.

На таких сценах розрахунок інсоляції будівель обмежується визначенням розрахункових точок інсоляції вікон, без розрахунку інсоляції кімнат та квартир. Тому для ситуації, коли потрібно визначити дотримання норм інсоляції в кімнатах та квартирах, у програмі є можливість створювати більш складніші об'єкти та групувати їх в бібліотеки. Принцип створення бібліотечних об'єктів практично збігається з принципом побудови розрахункових сцен. Об'єкти створюються по поверхах, поверхи будуються на основі підкладок (планів поверхів будь-якого масштабу), по яких обводяться контури квартир та кімнат й розставляються розрахункові точки вікон.

На заключному етапі побудови об'єкта можна створити парапет або покрівлю. Готові об'єкти зберігаються в бібліотеки, з яких потім імпортуються на розрахункову сцену. Створення бібліотек, що містять типові, часто використовувані при розрахунках об'єкти (будівлі або секції

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

будівель), а також можливість здійснювати обмін готовими бібліотеками між користувачами істотно прискорюють процес побудови розрахункових сцен.

Для розрахунку інсоляції територій на сцені задаються розрахункові площадки довільної форми, що представляють собою сітку розрахункових точок. Готова сцена завантажується в розрахунковий модуль, де здійснюються розрахунки інсоляції. Для розрахунку інсоляції задаються розрахункові параметри: географічні координати, розрахункова дата, норми тривалості інсоляції і т.д. Потім запускається розрахунок, який проводиться в інтервалі від моменту сходу до заходу сонця. Для кожної хвилини всередині цього інтервалу програма обчислює положення сонця та визначає затінення кожної розрахункової точки віконним прорізом та об'єктами сцени, підсумовуючи при цьому час освітлення. Після закінчення розрахунку визначається виконання норм інсоляції для вікон, а також для кімнат й квартир бібліотечних об'єктів у відповідності до СНіП.

Розрахунок інсоляції майданчиків проводиться для кожної точки майданчика по тій же схемі, що й для вікон. В кінці розрахунку визначається кількість точок, продовж дня інсоляції яких відповідає нормам (якщо інсолюються мінімум половина точок – інсоляція майданчика виконується). Результати розрахунку інсоляції представляються у вигляді звітних таблиць та графіків інсоляції.

Тіні від об'єктів можна подивитися на екрані або винести в друкований звіт (безпосередньо на принтер або в графічні файли). Для бібліотечних об'єктів існує можливість формування у файл MS Word детального звіту, який містить результати розрахунків та обґрунтовані висновки про виконання норм інсоляції в кімнатах та квартирах.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Фінансові та законодавчі стимули розвитку сонячної енергетики – досвід передових країн для України

Законодавчі та фінансові стимули є вирішальним елементом стратегії розвитку відновлювальної енергетики (ВЕ). У свою чергу, на обсяг і ефективність тієї або іншої фінансової схеми впливають два основні фактори: динаміка інвестування і готовність комерційних і приватних інвесторів брати участь у даній схемі. Істотним фактором є постійний державний контроль за виконанням вимог законодавства та розроблених програм. Нами проведено аналіз зарубіжного досвіду підтримки ВДЕ.

В багатьох розвинутих країнах світу вже доведена доцільність стимулювання технологій, пов'язаних з використанням ВДЕ. Наприклад, завдяки програмі “100 000 дахів”, завершеної у 2013 р., а також введенню спеціальних тарифів на електроенергію, що постачається в мережу від фотоелектричних систем (ФЕС), у Німеччині створено найдинамічніший ринок.

В Україні прийнятий закон “Про альтернативні джерела енергії”, який ще не в повній мірі виконується урядом, особливо в питанні розвитку сонячної енергетики. Досвідом Німеччини доведено, що сонячні технології можна успішно використовувати і у країнах з помірним кліматом.

В галузі відновлювальної енергетики (ВЕ) існують технології, які потребують обов'язкової підтримки з боку держави (якщо держава зацікавлена в їх розвитку), такі, як теплова та фотоенергетика.

					<i>ДРМ 324.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Шевчук В.М.</i>			<i>ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Малюта Л.Я.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

Є і технології, які уже можна розвивати без підтримки держави в тих країнах, що вже пройшли початковий розвиток в даній галузі ВДЕ, наприклад, в використанні сонячних теплових колекторів для гарячого водопостачання. Такі країни, як Німеччина та США надавали тимчасові гранти населенню для придбання теплових сонячних колекторів в рамках державних програм підтримки – німецької “100 000 сонячних дахів”, чи американської “один мільйон сонячних дахів”.

Австрія була й залишається світовим лідером з використання сонячних технологій для гарячого водопостачання на душу населення країни (0,25 кв.м на людину). Велику роль в цьому досягненні відіграла громадська думка, що була сформована освітніми та рекламними заходами. В 80-х роках минулого століття в цій країні було створено мережа кооперативів, які почали виготовляти саморобні сонячні колектори, що були значно дешевші від колекторів заводського виготовлення. Цей рух існує й сьогодні. А ось в Ізраїлі чи Туреччині жодна нова будівля не може бути прийнята в експлуатацію, якщо не має гарячого сонячного водопостачання.

Виробництво енергії з відновлювальних джерел (ВДЕ) – пріоритетний напрямок енергетичної політики Європейського Союзу. Починаючи з 1979 року ЄС активно підтримує розвиток сонячних технологій, зокрема розробкою та виконанням різноманітних програм технічної підтримки (наприклад THERMIE і ALTENER). Важливою віхою відновлювальної енергетики у світі став документ Євросоюзу “Білий лист щодо розвитку ВДЕ” (White Paper on Renewable Sources of Energy), який визначив головні цілі галузі аж до 2030 року.

Нині розроблено багато стратегій, спрямованих на швидкий розвиток фотоелектричного ринку. В багатьох країнах, прийняті урядові програми розвитку ВДЕ, якими передбачаються квоти, субсидії, фіксовані тарифи, “зелені” сертифікати, стандарти і сценарії впровадження ВДЕ. В деяких країнах були введені податкові пільги. Задачею нашого дослідження є аналіз

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

інформації по законодавчій та урядовій підтримці сонячної теплової та фотоенергетики в передових країнах світу.

Як приклад урядової програми розглянемо програму “Мільйон сонячних дахів” (США). У 1997 році президент США ознайомив громадськість з програмою “Million Solar Roofs” Initiative. Згідно з її положеннями, мільйон дахів країни будуть обладнані ФЕС і (або) сонячними колекторами для систем гарячого водопостачання. До цієї програми приєдналося вісім солідних компаній. Були виділені податкові кредити в розмірі 2 000 доларів США для приватних осіб. Однак програма не була реалізована в повному обсязі.

Податкові пільги. У деяких країнах діють податкові пільги, згідно з якими сума інвестицій, призначених для розвитку теплової та фотоенергетики (подекуди це стосується й інших технологій з використанням ВДЕ), при визначенні податку на прибуток частково або й повністю не включається в базу оподаткування. Наступним механізмом стимулюванням розвитку ВДЕ є зниження ставки ПДВ.

Досвід показав, що обидва механізми позитивно впливають на розвиток ринку. Особливості податкових пільг у різних країнах наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Податкові пільги для заохочення впровадження ВДЕ

Країна	Податкові пільги, пов’язані з інвестиціями
Австрія	Приватним інвесторам надаються податкові пільги на інвестиції у ВДЕ, звільнення від прибуткового податку.
Бельгія	13,5 – 14 % від суми інвестицій у ВДЕ не враховується при розрахунку податку на прибуток.
Велика Британія	Скорочення ПДВ із 17,5 % до 5 % на витрати по виробництву ФЕБ або ВЕУ.

Країна	Податкові пільги, пов'язані з інвестиціями
Греція	До 75 % суми інвестицій у ВДЕ не враховується при визначенні розміру оподаткування.
Ірландія	Звільнення від податку інвестицій у розвиток деяких видів ВДЕ.
Італія	Зменшення на 36 % розміру оподаткування інвестицій у фотоелектричні системи та скорочення ПДВ із 20 % до 10 %.
Нідерланди	Схема VAMIL: інвестори розвитку деяких видів ВДЕ можуть компенсувати частину своїх капіталовкладень за рахунок зменшення оподаткування прибутку. Схема EIA: інвесторам у розвиток ВДЕ (такі самі технології, що й для схеми VAMIL) можна додатково зменшити податок на прибуток (від 52,5 % до 40 %, залежно від розміру інвестиції).
США	25 % віднімається з інвестицій при нарахуванні прибуткового податку. Частина програми Friendly PV Programms зменшують оподатковувану суму на \$ 2000 за 1 кВт.
Японія	Оподаткована вартість майна зменшується на 5/6 протягом трьох років, якщо встановлено ФЕБ.

Підвищені тарифи. Нещодавно в деяких країнах почали застосовувати фінансові моделі, що базуються на регульованих тарифах. Суть даної фінансової схеми полягає в тому, що електроенергія, вироблена з відновлювальних джерел, продається в мережу за дещо вищими тарифами. Такий механізм почав з'являтися в деяких країнах наприкінці 1980-х років. Нині найвищі тарифи на електроенергію від ВДЕ встановлено в Іспанії, Німеччині, Австрії.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Техніко-економічний розрахунок сонячної пасивної системи опалення

Вихідні дані для розрахунку:

1. Будинок площею 300 м², 2 поверхи, об'єм 900 м³, розташований у південній області України. Південна сторона має висоту $h = 6$ м і довжину $l = 12,5$ м. Пасивна система (ПС) повністю займає площу південного фасаду (тип системи – зашлена стіна або стіна Тромба – Мішеля)

2. Середньомісячні температури довкілля наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Середньомісячні температури зовнішнього повітря

Місяці	9	10	11	12	1	2	3	4
$t_{\text{міс}}^{\text{м}}$	17	11	4,1	-0,8	-3,2	-2,6	2,2	9,3

Теплові втрати при розрахунковій температурі $t_p = -9$ °С (що буває 1 раз в 8 – 10 років протягом 2 – 3 днів) знаходяться за формулою

$$Q_p = q_v V (t_D - t_p^p), \quad (4.1)$$

де $q_v = 0,5 \dots 1,2$ Вт/(м³·К). Значення q_v приймається в залежності від теплоізолюючих властивостей будівлі. Приймаємо $q_v = 1$ Вт/м³·К.

При $t_D = 18$ °С отримаємо $Q_p = 33,3$ кВт.

Втрати теплоти для кожного місяця

$$Q_{\text{міс}} = Q_p \frac{t_D - t_{\text{міс}}}{t_D - t_p}, \quad \text{кВт.} \quad (4.2)$$

Енергія, необхідна для опалення у кожному місяці

$$E = Q_{\text{міс}} \cdot 24 \cdot 30, \quad \text{кВт·год.} \quad (4.3)$$

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаючи коефіцієнт затінення $K_3 = 1$ та коефіцієнт орієнтації $K_O = 1$ (південь), отримаємо для південного фасаду з ПС площею $S = 12,5 \cdot 6 = 75 \text{ м}^2$ енергію від Сонця

$$E_C = E_M \cdot e \cdot \eta_{PS} \cdot K_O \cdot K_3 \cdot S. \quad (4.4)$$

Результати розрахунків проведено для місяців опалювального сезону та занесено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Теплова потужність на опалення Q_{mic} , необхідна кількість енергії на опалення E та енергія E_C , що отримана від Сонця пасивною системою по місяцях

Місяці	9	10	11	12	01	02	03	04	Всього
Q_{mic} , кВт	0,9	6,3	12,51	16,92	19,08	18,54	14,22	7,83	-
E , кВт·год/міс	648	4687	9007	12588	14195	12458	10579	5637	69860
E_C , кВт·год/міс	5602	4361	2368	1950	2450	3000	4998	4763	24470
e	0,66	0,62	0,4	0,37	0,4	0,46	0,59	0,69	—
η_{PS}	0,4	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	—

З таблиці видно, що у вересні потрібно вентилювати теплоту з ПС у атмосферу, а у жовтні і квітні сонячної теплоти майже достатньо для опалення будівлі. Віднімаючи частину енергії, що вентилюється в докiлля у вересні, отримаємо корисну сонячну енергію $E_C^{KOP} = 19500 \text{ кВт·год}$ у рік, що складає біля 28 % від загальної витрати енергії на опалення за сезон.

Термін окупності

$$\tau_{ок} = \frac{K}{P}, \quad (4.5)$$

де K – капіталовкладення в ПС, грн.;

P – прибуток від енергії, отриманої від ПС, грн.

Капіталовкладення при ціні 750 грн/м² пасивної сонячної системи

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

(скло, рами та монтаж) складають

$$K = 750 \times 150 = 112\,500 \text{ грн.}$$

Прибуток залежить від енергії, яку ми заміняємо. При заміні природного газу його кількість зменшується на ΔB

$$\Delta B = \frac{E}{Q_H^P \cdot \eta_K}.$$

де $E = E_C \cdot 3600 \text{ кДж}$, $Q_H^P = 35 \cdot 10^3 \text{ кДж/м}^3$; $\eta_K = 0,9$.

Підставивши значення, отримаємо

$$\Delta B = \frac{19500 \cdot 3600}{35 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 2228 \text{ м}^3/\text{сезон.}$$

Прибуток при ціні газу 6,879 грн за 1 м³

$$\Pi = 2228 \cdot 6,879 = 15326 \text{ грн.}$$

Термін окупності складає

$$\tau_{ок} = \frac{112500}{15326} = 7,34 \text{ роки.}$$

У випадку, коли будинок, в якому є ПС на південному фасаді, опалюється електроенергією, вартість заощадженої енергії буде більша, ніж на природному газі. Приймаючи тариф на електроенергію $C_{ел} = 1,56 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год}$ (за обсяг, спожитий понад 100 кВт·год електроенергії на місяць),

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

отримаємо прибуток

$$П = C_{ел} \cdot E_C^{KOP} = 1,56 \cdot 19\,500 = 30\,420 \text{ грн.}$$

Тоді термін окупності при електроопаленні складе

$$\tau_{ок} = \frac{112\,500}{30\,420} = 3,70 \text{ роки.}$$

Це у 2 рази менше, ніж при опаленні природним газом. При влаштуванні пасивної системи на будинках з об'ємними тепловими втратами $q_v = 0,5 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$ отримаємо до 50 % економії традиційної енергії.

Висновки до розділу 4

1. Проаналізовано досвід передових країн по стимулюванню відновлювальної енергетики (фінансово і законодавчо), який може бути використаний в Україні для більш широкого застосування сонячної енергії.

2. Пасивні системи сонячного опалення по питомій вартості встановленого кіловата теплової потужності близькі до котлів, але не вимагають витрати палива.

3. Термін окупності пасивної сонячної системи в залежності від енергоносія, яким опалюється житлова зона будинку, складає у цінах 2019 року при заміні газу 7,34 року, при заміні електроенергії – 3,70 року.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз факторів ризику при експлуатації систем сонячного теплопостачання

Основним фактором, який має безпосередній вплив на організм людини при експлуатації та обслуговуванні систем сонячного постачання, є ультрафіолетове випромінювання. Ультрафіолетовим випромінюванням (УФВ) називають електромагнітні випромінювання в оптичній ділянці з довжиною хвилі в діапазоні 200-380 нм. За способом генерації воно належить до теплового випромінювання, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання. Природним джерелом УФВ є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла. Генерація ультрафіолетового випромінювання починається при температурі тіла понад 1200 °С, а його інтенсивність зростає з підвищенням температури. Енергетичною характеристикою УФВ є густина потоку потужності, яка вимірюється у Вт/м².

Інтенсивність випромінювання та його електричний спектральний склад залежить від температури поверхні, що є джерелом УФВ, наявності пилу та загазованості повітря. Вплив УФВ на людину кількісно оцінюється за еритемною дією, тобто в почервонінні шкіри, яке в подальшому (як правило, через 48 годин) призводить до її пігментації (засмаги).

УФВ має незначну проникаючу здатність. Воно затримується верхніми шарами шкіри людини. Ультрафіолетове випромінювання необхідне для нормальної життєдіяльності людини. За тривалої відсутності УФВ в організмі людини розвиваються негативне явище, яке отримало назву "світлового голодування".

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Шевчук В.М.			ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Гурик О.Я.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

У той же час тривала дія значних доз УФВ може призвести до враження очей та шкіри. Враження очей гостро проявляються у вигляді фото-або електрофтальмії. Тривала дія УФВ довжиною хвилі 200-280 нм може призвести до утворення ракових клітин. УФВ впливає на центральну нервову систему, викликає головний біль, підвищення температури, нервові збудження, зміни у шкірі та крові.

Випромінювання ділянки 315-380 нм має слабку біологічну дію, переважно флуоресценцію. Випромінювання в ділянці 200-280 нм руйнує біологічні клітини, викликає коагуляцію білків. Короткохвильове випромінювання змінює освітлення робочих місць, іонізує повітря. Природне короткохвильове ультрафіолетове випромінювання (виходить від сонця) не потрапляє на Землю, а поглинається озоновим шаром. Для УФВ, в залежності від ділянки випромінювання, встановлена допустима густина потоку енергії у Вт/м², яка наведена у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Допустима густина потоку енергії

Ділянка випромінювання	Довжина хвилі, нм	Допустима густина потоку енергії, Вт/м ²
A	380...315	10
B	315...280	0,05
C	280...200	0,001

До заходів захисту від УФВ належать конструкторські та технологічні рішення, які або усувають генерацію УФВ, або знижують його рівень. Застосовується екранування джерел УФВ. Екрани можуть бути хімічними (хімічні речовини, які містять інгредієнти, що поглинають УФВ) і фізичними (перепони, віддзеркалюючі або поглинаючі промені). Ефективним засобом захисту від дії УФВ є одяг, виготовлений із спеціальних тканин, що затримують УФВ (наприклад, із попліну, бавовни). Для захисту очей використовують окуляри із захисним склом. Руки захищають рукавицями.

5.2. Заходи для забезпечення електробезпеки

Експлуатація обладнання неминуче пов'язана з використанням електричної енергії. Електробезпека – це система організаційних, технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму. Електричний струм, проходячи через тіло людини, спричиняє термічну, електролітичну і біологічну дію, викликає місцеві і загальні електротравми. Дія електричного струму на організм людини супроводжується зовнішнім ураженням тканин та органів у вигляді механічних ушкоджень, електричних знаків електрометалізації шкіри, опіків.

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, ураженні внаслідок високої температури кровоносних судин, нервових клітин, серця, мозку, що призводить до серйозних функціональних розладів.

На підприємствах будівельної галузі споживачами електроенергії є: баштові крани, електроприводи, освітлювальні прилади. Все це обладнання може стати небезпечним при виникненні короткого замикання, пробою ізоляції, оголення проводів, попадання струму на струмоведучі частини обладнання. Для уникнення небезпечної дії електричного струму на персонал котелень проводяться заходи з метою уникнення ураження працівників струмом.

Для забезпечення роботи електрообладнання використовується напруга 380 та 220 В, яка є смертельно небезпечна для людини. Вражаюча дія електричного струму при цій напрузі залежить від наступних факторів: величини і тривалості протікання струму через тіло людини, роду і частоти струму, індивідуальних властивостей людини. Людина починає відчувати струм величиною 0,6 – 1,5 мА. Струм 10-15 мА (при $f = 50$ Гц) викликає судомні м'язів, які людина не може подолати сама. Цей струм називається пороговим невідпускаючим. При 100 мА і тривалості дії більше 0,5 с струм може спричинити зупинку або фібриляцію серця. Опір тіла людини різко падає в залежності від часу дії струму. Найбільш небезпечним є змінний струм з частотою 20 – 100 Гц. Постійний струм людина відчуває при 6-7 мА, пороговий невідпускаючий

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

струм складає 50-70 мА, а фібриляційний – 300 мА.

При нормальному режимі роботи безпека в електроустановках забезпечується наступними заходами:

- ізоляцією струмоведучих частин;
- виконання електричних мереж, ізольованих від землі;
- компенсацією ємнісної складової струму замикання на землю;
- недоступністю струмоведучих частин.

Захисне заземлення – це спеціальне електричне з'єднання з землею металічних не струмопровідних частин обладнання, які можуть опинитися під напругою. Заземлюючий пристрій складається з заземлювача і заземлюючого провідника, який з'єднує заземлювані частини з заземлювачем. В якості заземлювачів використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій, які мають сполучення з землею.

Захисне відключення – це швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження людини електричним струмом. Установа автоматичного відключення, яка застосовується на котельнях повинна відповідати наступним вимоги: висока чутливість, малий час відключення, селективність роботи, самоконтроль і надійність.

5.3. Загальні принципи організації пожежної безпеки

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки підприємств будівельної галузі покладається на його керівника, уповноважених керівником осіб та на відповідні служби. Відповідно до цього, вони зобов'язані:

- розробляти комплексні заходи щодо пожежної безпеки, впроваджувати досягнення у цій сфері науки і техніки, прогресивний досвід;
- відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти та затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

підприємства, здійснювати постійний контроль за їх дотриманням;

- забезпечувати виконання протипожежних вимог стандартів, норм, правил приписів і постанов органів Державного пожежного нагляду;

- організувати навчання працівників правил пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;

- утримувати у справному стані засоби протипожежного захисту та зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;

- створювати у разі потреби відповідно до встановленого порядку підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;

- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправності пожежної техніки, систем протипожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;

- проводити службове розслідування випадків пожеж.

Керівник визначає обов'язки посадових осіб, у тому числі і своїх заступників, призначає відповідальних за пожежну безпеку окремих реакторів, будівель, споруд, приміщень, ділянок, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання та експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях).

Встановлюється відповідний протипожежний режим, у якому визначено:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;

- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);

- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– місце для зберігання та допустима кількість радіоактивної сировини, яка може одночасно знаходитись у виробничих приміщеннях та на території (у місцях зберігання);

– порядок прибирання пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу та шмаття, очищення повітропроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;

– порядок відключення від мережі електрообладнання у випадку пожежі;

– порядок огляду та зачинення приміщень після закінчення роботи;

– порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;

– порядок організації експлуатації та обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту;

– порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;

– дії працівників у випадку виявлення пожежі.

Працівники підприємства ознайомлюються з цими вимогами під час проведення інструктажів, проходження пожежно-технічного навчання.

На підприємстві приймають загальнооб'єктову інструкцію про заходи пожежної безпеки та інструкції для всіх вибухопожежних та пожежонебезпечних приміщень (дільниць, цехів, складів, майстерень).

Ці інструкції вивчаються під час проведення протипожежних інструктажів, проходження пожежно-технічного мінімуму, а також в системі виробничого навчання вивішуються на видних місцях.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Класифікація та загальні характеристики надзвичайних ситуацій

Всі відомі надзвичайні ситуації (НС) за причинами їх походження можна розділити на групи: 1) стихійні лиха; 2) техногенні аварії; 3) антропогенні та екологічні катастрофи; 4) соціально-політичні конфлікти. Стихійні лиха, промислові аварії, катастрофи на транспорті, застосування супротивником у випадку війни різноманітних видів зброї створюють ситуації, небезпечні для життя і здоров'я великій кількості людей. Часто самі люди стають причиною надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок недостатності знань, навичок. Це основні причини зростання НС техногенного характеру.

Серед надзвичайних ситуацій природного походження в Україні найчастіше трапляються:

- геологічні небезпечні явища (зсуви, обвали та осипи, просадки земної поверхні);
- метеорологічні небезпечні явища (зливи, урагани, сильні снігопади, сильний град, ожеледь);
- гідрологічні небезпечні явища (повені, паводки, підвищення рівня ґрунтових вод та ін.);
- пожежі лісових та хлібних масивів;

Надзвичайні ситуації природного походження ділять на групи: геологічні, географічні, метеорологічні, агрометеорологічні, морські гідрологічні, гідрологічні небезпечні явища, природні пожежі тощо.

					<i>ДРМ 324.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Шевчук В.М.</i>			<i>БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Клепчик В.М.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
						<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>
							<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

Їх виникненню сприяє ряд факторів, зокрема, особливості географічного положення України, атмосферні процеси, наявність гірських масивів, підвищень, близькість теплих морів та ін. Також, як не прикро це визнавати, величезною «рушійною силою» природних стихійних явищ є людська діяльність.

За умови високого ступеня антропогенізації території України, з перевищенням техногенного навантаження на природне середовище у 5–6 разів, порівняно з іншими розвинутими країнами, окремо виділяється група природно-техногенних небезпечних явищ. Вони пов'язані з експлуатацією гребель, водосховищ, проведенням заходів з меліорації та водопостачання, гірничих видобувних робіт. З іншого боку, завжди є загроза дії стихійних явищ на різні промислові об'єкти, споруди тощо.

Руйнування чи пошкодження таких об'єктів з небезпечними виробництвами може призвести до пожеж, вибухів, викидів небезпечних речовин, затоплення територій, радіоактивного забруднення. Стихійні лиха можуть призводити до аварій на транспорті, в електроенергетичних спорудах.

Відомо, що існує кореляція між динамікою зростання кількості НС техногенного характеру та природного, бо часто ініціатором останніх теж є людина, суспільство. Кожна НС має фізичну сутність, свої, тільки їй властиві причини виникнення, рушійні сили та характер розвитку, свої особливості впливу на людину і середовище. Виходячи з цього, всі НС можна класифікувати за рядом ознак.

За швидкістю поширення небезпеки всі НС ділять на: раптові – землетруси, вибухи, виверження вулканів, транспортні аварії; стрімкі – пожежі, гідродинамічні аварії з утворенням хвилі прориву, аварії з викидом газоподібних сильно діючих отруйних речовин; повільні – з невеликою швидкістю поширення – посухи, епідемії, аварії на промислових, очисних об'єктах, забруднення води шкідливими хімічними речовинами.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Найважливіша ознака НС – масштабність, яка характеризує не тільки розміри території, яка піддалася впливу вражаючих чинників, але й можливі непрямі наслідки. Вони можуть викликати серйозні порушення економічних, соціальних, природних, організаційних та інших зв'язків у суспільстві та природі. Ці ознаки враховують тяжкість наслідків, які при малій площі прояву, можуть сприяти дуже значним й трагічним загальним результатам. Тому для визначення категорії масштабності НС необхідно оцінити одночасно результативність первинних та вторинних наслідків, їх непрямі результати, а також їх вагу, яка залежить від масштабності сил та ресурсів, необхідних для ліквідації наслідків.

Ця комплексна ознака складається з п'яти типів: локальні (об'єктні), місцеві, регіональні, національні та глобальні надзвичайні ситуації.

При локальних (об'єктових) НС наслідки обмежуються розміром об'єкта народного господарства – промислового або сільськогосподарського? і можуть бути усунуті за рахунок сил та ресурсів підприємства.

Місцеві НС мають масштаби поширення у межах населеного пункту, в тому числі великого міста, адміністративного району, кількох районів або навіть області, але і в цьому випадку наслідки можуть бути усунені власними силами.

Регіональні НС охоплюють території кількох областей, тобто проявляються на досить великій площі території держави.

Коли ж наслідки НС охоплюють всю територію однієї або кількох держав, то треба казати відповідно про НС національного або глобального масштабів.

Надзвичайна ситуація, незалежно від походження, масштабу, має чотири характерних стадії: ініціювання, зародження, кульмінація, затухання, кожна з яких потребує певних дій, робіт. В стадії ініціювання велику роль відіграє людський фактор, зокрема різні помилки, невірні дії. За статистичними даними так виникають 60 % аварій.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На стадії зародження активізуються несприятливі процеси – природні, антропогенні. Проявляються проектно-виробничі дефекти споруд, об’єктів, з ладу виходять різні пристрої, системи. Цю стадію можна передбачити за допомогою регулярного аналізу статистичних даних кількості неполадок, відхилень у процесах – природних, техногенних.

Кульмінаційна стадія – зовнішня проява НС супроводжується різкими змінами у системі – вибухами, пожежами, отруєнням середовища, загибеллю людей, тварин, рослин у великій кількості. Її тривалість порівняно невелика.

Стадія затухання – зменшення активності НС до повного припинення явищ і можна приступати до ліквідації наслідків. Іноді тривалість цієї стадії може складати роки, навіть десятиріччя. Ліквідація наслідків – система дій та заходів, спрямованих на відновлення життєдіяльності території, об’єктів.

Отже, щоб зменшити негативні наслідки НС треба бути завжди готовим до її прояву. Для цього необхідно заздалегідь спланувати дії на випадок виникнення аварії, надзвичайної ситуації. Це основна функція керівництва, центральна ланка у забезпеченні безпеки життєдіяльності. Це дозволяє досягти цілей, які забезпечують зменшення втрат.

Планування дій на кожній стадії ґрунтується на наукових прогнозах обстановки, яка складається на певний момент часу, на всебічному аналізі та оцінці людських й матеріальних ресурсів, а також на досягнутому рівні розвитку теорії та практики захисту населення в надзвичайних ситуаціях.

Найбільш поширені надзвичайні ситуації обумовлені природними або антропогенними причинами. Вони виникають в результаті впливу зовнішніх або внутрішніх чинників, що призводять до старіння або корозії матеріалів конструкцій, споруд та зниженню їх міцнісних якостей.

Часто причиною НС є проектно-виробничі дефекти споруд – похибки ще на початкових стадіях проектування та будівництва об’єкта, низька якість будівельних матеріалів, конструкцій, а також неякісне виконання будівельних робіт. У виробничій сфері НС виникають через відхилення від правил

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

техніки безпеки при будівельних та ремонтних роботах.

Надзвичайні ситуації виникають в результаті порушень технологічних процесів промислового виробництва.

Коли навантаження перевищують допустимі норми, виникають високі температури, вібрації, діють агресивні середовища, можуть спалахнути мінеральні масла, нафтопродукти.

Інша причина – порушення правил експлуатації обладнання, що сприяє вибухам котлів, хімічних речовин, вугільного пилу і метану в шахтах, деревинного пилу на деревообробних підприємствах, пилу на зернових елеваторах.

Дуже небезпечна військова діяльність, особливо у непередбачених ситуаціях. В результаті виникає надзвичайна ситуація, головною властивістю якої є гостра необхідність у захисті людей від впливу небезпечних чинників. Ефективним засобом проти надзвичайної ситуації є цивільний захист.

6.2. Надзвичайні ситуації воєнного часу

Найбільш небезпечна ситуація може скластися при застосуванні зброї масового ураження, до якої можна включити ядерну, хімічну та бактеріологічну (біологічну) зброю.

Ядерна зброя – це сукупність ядерних боєприпасів, засобів їхньої доставки до цілі й засобів керування, що є зброєю масового ураження. Ядерні боєприпаси можуть виконуватися у вигляді боєголовок для ракет, авіабомб, артилерійських снарядів, мін, торпед і т.д. Їхня дія заснована на використанні внутрішньоядерної енергії, що виділяється при ланцюгових реакціях поділу деяких ізотопів урану й плутонію або при термоядерних реакціях синтезу легких ядер ізотопів водню у важкі.

При ядерному вибуху в атмосфері виникають такі уражаючі фактори:

1. Повітряна ударна хвиля – це різке стиснення повітря, що

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

поширюється в усі сторони від центра вибуху з надзвуковою швидкістю. Джерелом виникнення є високий тиск у зоні вибуху й температура, що досягає мільйонів градусів. На відкритій місцевості дія ударної хвилі знижується різними заглибленнями, перешкодами. Рекомендується лягти на землю головою в напрямку до вибуху, краще в заглиблення або за складку місцевості.

2. Світлове випромінювання – це потік променистої енергії, що включає ультрафіолетову, видиму й інфрачервону зони спектра. Джерелом є світло вибуху, що складається з нагрітих до високої температури пар конструкційних матеріалів боєприпасів і повітря, а при наземних вибухах – і ґрунту, піднятого в повітря. Захистом від світлового випромінювання може служити будь-яка непрозора перешкода.

3. Проникна радіація – це гамма-випромінювання та потік нейтронів, що випускаються із зони ядерного вибуху. Проникна радіація може викликати оборотні й необоротні зміни в матеріалах, елементах радіотехнічної, оптичної й іншої апаратури за рахунок порушень кристалічних решіток речовини, а також у результаті різних фізико-хімічних процесів під впливом іонізуючих випромінювань. Захистом служать різні матеріали, що послабляють гамма-випромінювання та потік нейтронів.

Хімічною зброєю називають отруйні речовини й засоби їхнього застосування. До засобів застосування належать авіаційні бомби, касети, бойові частини ракет, артилерійські снаряди, хімічні міни, виливні авіаційні прибори, генератори аерозолів і т.д. Основу хімічної зброї складають отруйні речовини – токсичні хімічні сполуки, що уражають людей та тварин, а також заражають повітря, місцевість, водойми і різні предмети на місцевості.

При застосуванні хімічних боєприпасів утворюється первинна хмара отруйних речовин. Під дією мас повітря, що рухається, хмара поширюється на деякому просторі, утворюючи зону хімічного зараження. Захист від отруйних речовин досягається використанням засобів індивідуального

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

захисту органів дихання й шкіри, а також колективних засобів.

Біологічною зброєю називають хвороботворні мікроби й засоби їхнього застосування. Основу уразливої дії складають хвороботворні мікроорганізми-бактерії, віруси, рикетсії, гриби та бактеріальні отрути (токсини). Біологічні засоби застосовуються у вигляді біологічних рецептур – сумішей біологічного агенту і спеціальних препаратів, що забезпечують сприятливі умови біологічному агенту в умовах збереження й застосування. Для запобігання поширення інфекційних захворювань установлюється карантин або обсервація.

Карантин – це система протиепідемічних і режимно-обмежувальних заходів, спрямованих на повну ізоляцію вогнища та ліквідацію в ньому інфекційних захворювань.

Обсервація – це система режимно-обмежувальних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на попередження поширення інфекційних захворювань. У зонах карантину та обсервації проводяться медичні профілактичні заходи, організуються й проводяться дезінфекція, дезінсекція (знищення комах) і дератизація (винищування гризунів). Проводиться профілактичний прийом антибіотиків та інших препаратів усім населенням. Усі хворі, а також підозрювані на захворювання, негайно госпіталізуються.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7

ЕКОЛОГІЯ

7.1. Актуальність охорони навколишнього середовища

Охорона довкілля та раціональне використання природних ресурсів є невід'ємною частиною процесу суспільного розвитку української держави, адже природні ресурси є основою життєдіяльності населення та економіки держави, тому забезпечення їх збереження, відтворення та невиснажливого використання є однією з основних передумов сталого соціально-економічного розвитку країни. Сучасне екологічне становище України не може розглядатись без минулого нашої країни, без історії природокористування, без врахування важливої моделі: людина – виробництво – природа. Зміни, які відбуваються внаслідок людської діяльності, негативно впливають на довкілля, тому в сучасному світі надзвичайно важливого значення набула справа охорони навколишнього природного середовища.

Як свідчить досвід, проводити ефективну політику невиснажливого розвитку в державі досить важко, навіть за умов процвітаючої економіки. Тим складнішою виглядає ця проблема в Україні – молодій державі, яка переживає успадковану кризу і змушена одночасно вирішувати безліч проблем: політичних, економічних, соціальних, екологічних.

В Україні щороку продовжує зростати антропогенне та техногенне навантаження на навколишнє середовище. Наша держава має найвищий в Європі рівень розораності сільськогосподарських угідь, споживання водних ресурсів, вирубки лісів. Близько 15 % території України з населенням понад 10 млн. осіб знаходиться в критичному екологічному стані.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЕКОЛОГІЯ		
Розробив	Шевчук В.М.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Лясота О.М.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

В Україні близько 70 % поверхневих вод і значна частка запасів підземних втратили своє значення як джерела питної води. Занепокоєність викликає стан басейну річки Дніпро, який забезпечує питною водою понад 75 % (35 млн.) населення країни. Якість води Дніпровського басейну поступово погіршується. Збільшуються середньорічні показники вмісту у воді амонійного азоту, нітратів, фосфатів та підвищення мінералізації води, забруднення водних об'єктів фенолами та нафтопродуктами. Погіршується і якість підземних вод внаслідок інтенсивної експлуатації продуктивних водоносних горизонтів. Виявлено понад 290 сформованих осередків забруднення підземних вод в основних водоносних горизонтах.

Політика України у сфері екології спрямована на забезпечення охорони навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, розвиток заповідної справи, поводження з відходами, геологічне вивчення надр, а також топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Основною метою екологічної політики є забезпечення конституційного права громадян на безпечне навколишнє природне середовище. Тому інтеграція екологічної політики в усі напрями діяльності є обов'язковою умовою переходу до екологічно збалансованого розвитку держави. Розвиток країни та регіонів, структура економічного зростання, матеріального виробництва та споживання, а також інших видів діяльності суспільства функціонує в межах здатності природних екосистем відновлюватися, поглинати забруднення та підтримувати життєдіяльність теперішнього і майбутніх поколінь.

Одним з пріоритетних напрямків державної політики України в сфері охорони природного середовища визначено формування інформаційного простору щодо питань збереження довкілля, екополітики та сталого розвитку, сприяння впровадженню системи безперервної екологічної освіти, активне залучення громадськості до розв'язання екологічних проблем. Створення державної системи екологічного інформування населення, започаткування на національних каналах радіо і телебачення та в інших ЗМІ регулярних програм,

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рубрик з питань збереження довкілля, збалансованого розвитку, раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів, поводження з відходами, небезпечними хімічними речовинами, пестицидами та агрохімікатами, екологічної та радіаційної безпеки є вимогою часу.

Оточуюча нас природа практично повністю втягнута в забезпечення життєдіяльності людини, яка вже не задовольняється різноманіттям її дарів, а невпинно експлуатує цілі екосистеми. Екологічна рівновага порушена, людина поставлена перед фактом виникнення незворотних згубних процесів в природі, включаючи підриг природних відновлювальних сил. Уся планета опинилася в тенетах суцільної механічної цивілізації. Настав час схаменутись, задуматись над тим, а що далі, що ми залишимо наступним поколінням? Тому вкрай необхідно на всіх рівнях – від планетарного, національного до місцевого – підносити загальну культуру населення й екологічну в тому числі.

7.2. Екологізація виробництва та «зелені» технології

З метою подолання екологічної кризи в країні потрібно здійснити екологізацію виробництва. Екологізація виробництва – це поступове розширення дії екологічних пріоритетів у виробничій діяльності, підвищення екологічної освіченості й свідомості управлінського персоналу, поступове проникнення екологічних нововведень у виробництво, екологічна модернізація виробництва.

Екологізація виробництва може здійснюватися різними шляхами:

- впровадженням раціонального природокористування – заощадження природних ресурсів, економія витрат сировини, палива та енергії тощо;
- проникненням екологічних нововведень у промисловість – виробництво продукції тривалого і багаторазового використання, споживання відновних природних ресурсів взамін невідновних, комплексне перероблення сировини та утилізація відходів виробництва і споживання, мінімізація розсіюваних і невідновних відходів, використання нетрадиційних джерел енергії тощо.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Одним із основних шляхів екологізації промисловості є вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі уловлювання викидів, комплексне перероблення стічних вод і відходів та використання продуктів перероблення як вторинної сировини, тобто перетворення забруднювальних речовин на корисні продукти.

Другий напрям екологізації виробництва полягає в очищенні викидів і стоків від забруднення і третій – це виробництво обладнання та устаткування для здійснення екологічно безпечних («зелених») технологій. Очікують, що останній напрям, пов'язаний з виробництвом устаткування для «зелених» технологій, набуватиме дедалі більших масштабів у промисловості розвинених країн. Модернізацію виробництва потрібно здійснювати на основі системно-екологічного механізму. Під останнім розуміють процес, що відбувається між вихідним і завершальним еколого-економічними станами виробничої системи, з урахуванням поставлених цілей екологічної модернізації виробництва. Отже, в результаті екологізації виробництва отримують модернізовану модель з поліпшеними еколого-економічними характеристиками, яка може бути одержана лише завдяки застосуванню системного підходу та екологічного менеджменту.

На основі комплексного аудиту, який включає обстеження промислової ділянки, прилеглої місцевості, відходів та системи екологічного менеджменту тощо, розпочинають процеси екологізації виробництва з формулювання завдань та розроблення програми. Після цього перехід від вихідної до кінцевої, або модернізованої, екологічної моделі здійснюють шляхом екологічного інжинірингу та екологічного маркетингу модернізації діючого технологічного процесу. В результаті у виробництво впроваджуються «зелені» технології, тобто екологічно безпечні технології, що забезпечують випуск екологічно безпечної продукції. Отже, за допомогою екологічного аудиту розробляють програму екологічного та технічного оздоровлення виробництва, за допомогою екологічного маркетингу – управлінські й технологічні рішення, спрямовані на виконання запропонованих заходів, за допомогою екологічного інжинірингу здійснюють впровадження всіх

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

запланованих заходів у виробництво.

Таким чином, екологічний інжиніринг – це еколого-інженерна діяльність, що має на меті техніко-еколого-економічне обґрунтування комплексу заходів та їх виконання, які спрямовані на «зелену» модернізацію виробництва. У процесі екологічного інжинірингу проводять технологічні дослідження на пілотному устаткуванні. Наприклад, перевіряють технологічні рішення щодо очищення газодимових викидів, стічних вод або перероблення відходів виробництва. Це можуть бути також дослідження різних процесів удосконалюваної технології з метою зменшення витрат сировини, енергії, викидів, стоків та відходів виробництва.

Основними завданнями екологічного інжинірингу є:

- проведення пошуку на ринку «зелених» технологій відповідних технічних рішень, здатних задовольнити можливість виконання програми екологічної модернізації підприємства;
- еколого-економічне обґрунтування запропонованої програми екологізації виробництва;
- проведення необхідних технологічних досліджень на пілотних установках щодо доцільності використання запропонованих для модернізації технічних рішень (очищення стоків і викидів, перероблення відходів тощо);
- розроблення програми впровадження «зеленої» технології в діюче виробництво (програми екологічної модернізації виробництва);
- організація виконання програми впровадження «зеленої» технології;
- екологічне навчання персоналу підприємства;
- виробництво екологічно безпечної продукції та продуктів.

Екологічне навчання персоналу підприємств проводиться на всіх етапах екологічної модернізації. Воно має на меті реалізацію програми екологізації виробництва за умови досягнення бажаного ефекту при найменших витратах. Екологічне навчання підвищує інтелектуальний потенціал підприємств та забезпечує свідоме ставлення персоналу до вирішення екологічних завдань.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз тенденцій сучасного енергоефективного будівництва, який показав важливість засобів сонцезахисту для регулювання мікроклімату та енергетичного балансу будівель. Зроблено класифікацію засобів сонцезахисту. Відзначено важливість геометричних методів розрахунку для їх проектування.

2. Запропоновано методику побудови комплексних сонячних карт як відкритої системи взаємопов'язаних координатних систем різних фізичних і геометричних параметрів, яка перетворює сонячні карти у ефективний засіб для раціоналізації інсоляційного режиму приміщень і проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

3. Запропоновано спосіб побудови тіньових масок світлопрозорих конструкцій та СЗП довільного положення на основі методу заміни площини проекції з використанням різних методів проєціювання, що дає можливість раціоналізації інсоляційного режиму приміщень і проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв наочними графічними засобами.

4. Запропоновано методику розрахунку ефективності сонцезахисних пристроїв із використанням геометричної моделі нескінченних СЗП, в тому числі мало поширених типів: дискретних ламелярних щитів, двошарових дискретних щитів «зебра» та призматичних СЗП. Це дає можливість виконувати розрахунок впливу інсоляції на енергетичний режим приміщень із означеними типами світлопрозорих конструкцій і СЗП.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Шевчук В.М.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бохонюк А. И. Инсоляция жилища. Пособие по проектированию инсоляции жилых зданий и территорий застройки (для широт Украины) / А. И. Бохонюк. – К.: КиевЗНИИЭП, 2004. – 55 с.

2. Вернеску Д. Инсоляция и естественное освещение в архитектуре и градостроительстве / Д. Вернеску, А. Эне; Пер. с рум. А. Бондаренко. – К.: Будівельник, 1983. – 86 с.

3. Гусев Н.М. Основы строительной физики: Учебник для вузов. / Н.М. Гусев - М: Стройиздат, 1975. – 440 с.

4. ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення. — К.: Мінрегіонбуд України, 2010 – 66 с.

5. Зоколей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой / С.В. Зоколей – М.: Стройиздат, 1984. – 670 с.

6. Кащенко Т.О. Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форми: дисертація на звання кандидата архітектури: 18.00.02 / Тетяна Олександрівна Кащенко – К, 2001. - 285 с.

7. Кащенко Т.О. Формування інтер'єру енергоефективних будівель / Тетяна Олександрівна Кащенко // Збірник наукових праць КНУТД: міжвідомчий науково-технічний збірник. – К: ДОП КНУТД, 2006 – № 4(30) – С. 156-160.

					<i>ДРМ 324.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
<i>Розробив</i>		<i>Шевчук В.М.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

8. Маркус Т.А. Здания, климат и энергия / Т.А. Маркус, Э.Н. Моррис - Л.: Гидрометеиздат, 1996. – 543 с.

9. Методичні рекомендації з обґрунтування техніко-економічної доцільності застосування альтернативних джерел енергії на об'єктах житлово-громадського будівництва – К: Державний Комітет України з будівництва та архітектури, 2005 – 38 с.

10. Підгорний О. Л. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на різні поверхні / О. Л. Підгорний // Прикл. геометрія та інж. графіка : збірник статей. – К. : КІБІ, 1993. – Вип. 54. – С. 10—12.

11. Пугачев Е.В. Геометрическое моделирование светопотерь от прямоугольных солнцезащитных козырьков / Е.В. Пугачев // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 1996 - № 61. – С. 92-95.

12. Світлопрозорі огороження будинків. Навч. Посібник. / О.Л. Підгорний., І.М. Щепетова, О.В. Сергейчук та ін. – К.: Видавець Домашевська О.А., 2005. – 282 с.

13. Сивков С.И. Методы расчёта характеристик солнечной радиации / С.И. Сивков– Л: Гидрометеиздат, 1968 – 335 с.

14. Сик Ф. Расчёт потребления энергии в зданиях с полностью стеклянными фасадными конструкциями / Ф. Сик // Оконные технологии – К., 2006, № 23. – с. 28 – 31.

15. Скриль І.Н. Інсоляція житла / І.Н. Скриль – К: Будівельник, 1981 – 76 с.

16. Суханов И.О. Лучистая энергия солнца и архитектура / И.О. Суханов – Ташкент: ФАН, – 1973. – 224 с.

17. Харкнесс Е., Мехта М. Регулирование солнечной энергии в зданиях / Е. Харкнесс, М. Мехта. – М: Стройиздат, 1984. – 176 с.

					ДРМ 324.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		