

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво  
(повна назва)

## Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр  
(рівень вищої освіти)

на тему: «Застосування сучасних технологій та  
матеріалів при будівництві автовокзалу складної  
форми у місті Запоріжжя»

Виконав: студент 2 курсу,

Групи: 8.1921 – пцб-з

Щемелєв А. В.

(прізвище та ініціали)

спеціальність

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма

промислове і цивільне будівництво

(шифр і назва)

Керівник доц., к.т.н. Полтавець М.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Данкевич Н.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
(другий (магістерський) рівень)  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(шифр і назва)  
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(шифр і назва)  
Спеціалізація -  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

завідувач кафедри промислового та  
цивільного будівництва  
проф. І.А. Арутюнян  
“   ”     20    року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Щемелєв А. В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Застосування сучасних технологій та матеріалів при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя

керівник роботи Полтавець Марина Олександрівна,

доц., к.т.н.

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

затверджені наказом ЗНУ від “02” 06 2022 року № 508-с

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи грудень 2022 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати розгляд стану промислового будівництва України. Дослідити методологічні основи прогнозування надійності та якості в промисловому будівництві. Провести дослідження та розробку

технологій формування експлуатаційної якості промислового будівництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 2	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 3	Полтавець М.О., доц.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз застосування сучасних технологій та матеріалів для цивільного будівництва	1 жовтня	
2	Розділ 2. Методологічні основи використання полікарбонату при будівництві автовокзалу	1 листопада	
3	Розділ 3. Проектування технологічних рішень при зведенні автовокзалу із застосуванням сучасних технологій та матеріалів	1 грудня	

Студент \_\_\_\_\_ Щемелєв А. В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Полтавець М.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Данкевич Н.О.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Щемелєв Артем Вікторович. Застосування сучасних технологій та матеріалів при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Науковий керівник доцент кафедри промислового та цивільного будівництва М.О. Полтавець. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2022р.

В роботі розглядаються питання пов'язані із застосуванням сучасних технологій та матеріалів при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя. Особливу увагу приділено використанню іноваційних технологій та матеріалів в сучасному будівництві автовокзалів. Виконан аналіз застосування сучасних технологій та матеріалів при цивільному будівництві. Розглянуті значення і роль, актуальні технології, організаційно-технологічні особливості іноваційних технологій та матеріалів.

В роботі обґрунтовано методологічні основи використання полікарбонату при будівництві автовокзалу. Були проаналізовані фізико-механічні властивості різних видів полікарбонату. Досліджено застосування полікарбонату та як його використовують в різних галузях. Також було проведено порівняльну характеристику полікарбонату з аналогічними матеріалами.

Розроблено технологічну карту на виконання покрівельних робіт полікарбонатом при будівництві автовокзалу в місті Запоріжжя.

**Ключові слова:** *сучасні матеріали, іноваційні технології будівництва, актуальні технології, методологічні основи, фізико-механічні властивості полікарбонату, галузь застосування полікарбонату.*

Список публікацій магістранта:

1. Щемелєв А.В., Пастухова С.В., Полтавець М.О. Застосування сучасних технологій та матеріалів при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (18-20 жовтня 2022 року, м. Запоріжжя). Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запоріжжя : ЗНУ 2022. С. 382-384.

**ABSTRACT**

Shchemeliev Artem Viktorovich. Application of modern technologies and materials in the construction of a bus station of complex shape in the city of Zaporizhzhia.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 192 - Construction and Civil Engineering.

Supervisor Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering M.O. Poltavets. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebnya, Department of Industrial and Civil Construction, 2022.

The paper deals with issues related to the use of modern technologies and materials in the construction of a complex bus station in the city of Zaporizhzhia. Particular attention is paid to the use of innovative technologies and materials in the modern construction of bus stations. The analysis of the use of modern technologies and materials in civil construction is carried out. The importance and role, actual technologies, organizational and technological features of innovative technologies and materials are considered.

The paper substantiates the methodological basis for the use of polycarbonate in the construction of the bus station. The physical and mechanical

properties of different types of polycarbonate were analyzed. The application of polycarbonate and how it is used in various industries is investigated. A comparative characteristic of polycarbonate with similar materials was also carried out.

A technological map for the implementation of polycarbonate roofing works during the construction of a bus station in Zaporizhzhia was developed.

**Key words:** *modern materials, innovative construction technologies, current technologies, methodological foundations, physical and mechanical properties of polycarbonate, polycarbonate application field.*

List of postgraduate publications:

1. Щемелєв А.В., Пастухова С.В., Полтавець М.О. Застосування сучасних технологій та матеріалів при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (18-20 жовтня 2022 року, м. Запоріжжя). Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запоріжжя : ЗНУ 2022. С. 382-384.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА</b> .....	10
1.1 Значення і роль інноваційних технологій та матеріалів у сучасному будівництві.....	10
1.2 Актуальні технології застосування сучасних матеріалів для цивільного будівництва.....	25
1.3 Організаційно-технологічні особливості інноваційних технологій та матеріалів.....	36
<b>2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІКАРБОНАТУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОВОКЗАЛУ</b> .....	42
2.1 Фізико-механічні властивості полікарбонату.....	42
2.2 Галузь застосування полікарбонату.....	63
2.3 Порівняння полікарбонату з аналогічними матеріалами.....	79
<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ АВТОВОКЗАЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ</b> .....	85
3.1 Об'ємно-планувальні та архітектурно-конструктивні рішення проектуємого автовокзалу.....	85
3.2 Технологічна карта на влаштування покриття з застосуванням сучасних будівельних матеріалів (полікарбонату).....	95
3.3 Технологічна карта на влаштування огорожувальних конструкцій із полікарбонату.....	108
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	116
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	117

## ВСТУП

Інноваційні будівельні технології та матеріали як безперервна реальність нашої будівельної галузі, в якій переважно домінують непереможні технології та знання. Тому починаючи з древніх часів коли тільки починало зароджуватись суспільство, будівництво займало ключову роль у розвитку поселень та цивілізацій в цілому. Без розвитку будівельних технологій та створення нових матеріалів, які могли використовуватись в різних галузях, не було б рушійної сили розвитку людства.

Зручності та бажання людства досягти нових висот, постійно спонукають нас досліджувати глибше та далі щось нове чи вже існуюче. Інновації не завжди являє собою створення нових технологій чи матеріалів, а розвиток того, що ми вже маємо, чи даного та експериментування з ним.

Технологічні процеси в будівельній індустрії при будівництві автовокзалу на даний момент не можуть бути реалізовані без систем автоматизації та комп'ютеризації, які допомагають управляти, вимірювати та контролювати основні технологічні параметри будівельних процесів та їх відхилення.

Потреби будівництва у вдосконаленні існуючих та пошуком нових технологій будівництва та матеріалів, спонукає нас до використання інноваційних технологій та матеріалів. Вивчення проблем використання нових технологій, привело нас до актуального дослідження використання полікарбонату при будівництві автовокзалу в місті Запоріжжя, з використанням BIM технології.

**Актуальність роботи** полягає в тому що прогрес не стоїть на одному місці і потребує введення нових та вдосконалення існуючих будівельних технологій та матеріалів. Технологічні процеси в будівельній індустрії при будівництві автовокзалу на даний момент не можуть бути реалізовані без систем автоматизації та комп'ютеризації, які допомагають управляти,



вимірювати та контролювати основні технологічні параметри будівельних процесів та їх відхилення.

Дослідження використання інноваційних технологій та матеріалів, таких як ВІМ технології та полікарбонат, дозволять продемонструвати переваги їх використання, в порівнянні із застарілими методами.

**Метою роботи** є обґрунтування методологічних основ використання полікарбонату при будівництві автовокзалу в місті Запоріжжя.

**Завдання дослідження.** Досягнення поставленої мети шляхом вирішення наступних питань:

- Виконати аналіз застосування сучасних технологій та матеріалів для цивільного будівництва, а також дослідження значення і ролі, актуальних технологій та організаційно-технологічних особливостей інноваційних технологій та матеріалів;
- Обґрунтувати методологічні основи використання полікарбонату при будівництві автовокзалу в місті Запоріжжя, а також дослідити фізико-механічні властивості полікарбонату, галузі застосування та виконати порівняльну характеристику з аналогічними матеріалами;
- Розробка технологічної карти на виконання покрівельних робіт полікарбонатом для автовокзалу в місті Запоріжжя.

**Предметом дослідження** є застосування сучасних технологій та матеріалів, таких як полікарбонат при будівництві автовокзалу.

**Об'єктом дослідження** є організаційно-технологічне використання полікарбонату при будівництві автовокзалу.

**Наукова новизна.** Досліджено використання інноваційних технологій та матеріалів у сучасному будівництві, та обґрунтовано актуальність використання полікарбонату при будівництві великих об'єктів через його унікальні фізико-механічні властивості, такі як висока світлопропускна властивість при гарній ударостійкості.

**Практична цінність** отриманих результатів дослідження полягає в тому, що проаналізовані властивості полікарбонату розкривають можливість

використання його в масштабних об'єктах, таких як автовокзал, завдяки його здатності витримувати великі навантаження в порівнянні з аналогічними матеріалами, простотою улаштування, а також здатності добре захищати від атмосферних впливів та УФ-випромінення.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення роботи докладалися в 2022 році на всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, 2022р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 120 сторінок тексту, у тому числі 81 рисунок, 21 таблиця. Список використаних джерел містить 27 найменувань.

# 1 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА

## 1.1 Значення і роль інноваційних технологій та матеріалів у сучасному будівництві

Інноваційні будівельні технології та матеріали як безперервна реальність нашої будівельної галузі, в якій переважно домінують непереможні технології та знання. Зручності та бажання людства досягти нових висот та постійно спонукають нас досліджувати глибше та далі щось нове чи вже існуюче. Еволюція спонукала людство на зміни, а воно в свою чергу спонукало на розвиток технологій та нашого суспільства (див. рис. 1.1). Інновації не завжди являє собою створення нових технологій чи матеріалів, а розвиток того, що ми вже маємо, чи даного та експериментування з ним. В будівництві іновації можуть використовуватись у мистецтві, основних будівельних матеріалах у більш культивованій спосіб, дотримуючись правила стійкості, або використовувати їх у більш визначений чи виразний спосіб.

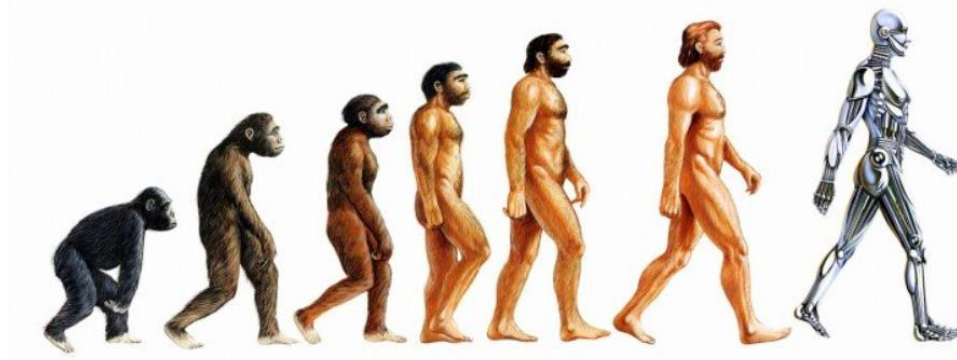


Рисунок 1.1 – Еволюція людини – розвиток технологій і суспільства

Починаючи з древніх часів коли тільки починало зароджуватись суспільство, будівництво займало ключову роль у розвитку поселень та

цивілізацій в цілому (див. рис. 1.2). Без розвитку будівельних технологій та створення нових матеріалів, які могли використовуватись в різних галузях, не було б рушійної сили розвитку людства.

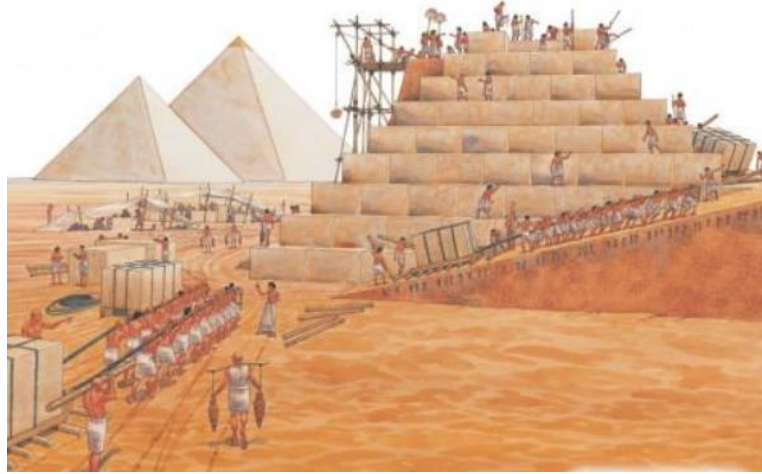


Рисунок 1.2 – Будівництво в стародавні часи

Увесь прогрес стояв би на одному місці, через те що всі існуючі галузі взаємо пов'язані між собою таким чином, що в одній галузі виготовляють те що потрібно в іншій, винаходиться новий матеріал чи технологія і цьому швидко знаходять використання навіть в тих галузях де ніхто не здогадався б, як приклад гіпс (див. рис. 1.3) – використовується в будівництві, мистецтві, стоматології, медицині, виробництві декору та багато інш.



Рисунок 1.3 – Приклади застосування гіпсу в різних галузях

В часи древніх єгиптян були видатні та масштабні забудови, що збереглись до наших часів, проектувались роками, а будувались десятками

років, а то і сотнями років. Технології які вони використовували на той час були кращими та інноваційними, навіть на сьогоднішній день досі залишаєть багато запитань про те як вони возводили свої піраміди (див. рис. 1.4). Проектування займало дуже багато часу, навіть сотні років тому, але з розвитком суспільства та приходом новіших технологій, час та якість зпроектваного покращувалась. Винахідники з часами створювали нові та покращували попередні технології та матеріали, замінюючи їх на кращі.



Рисунок 1.4 – Єгипетські піраміди та сфінкс

Методи та технології раціоналізації проектного та будівельного виробництва житла існували завжди. Можна виділити ремісничі (доіндустріальні), індустріальні та постіндустріальні підходи до здешевлення створення житла. Кожен їх формується під впливом низки взаємозалежних чинників: політичних, соціально-культурних, економічних, технологічних. Зміна одного з них не може не спричинити зміни решти. Проектно-будівельний метод є «комплексним обідом», «не можна, як на шведському столі, вибирати з усієї сукупності «страв» того чи іншого підходу до раціоналізації лише бажані (наприклад, будівельні технології)».

З плином часу людство дісталось до індустріального періоду розвитку (див. рис. 1.5), де почали використовуватись механізми, та пішла механізація

та автоматизація виробництва. Почалось масове виробництво товарів та за будова нових споруд для використання їх в різних галузях.



Рисунок 1.5 – Індустріальний період

Механізація будівельних процесів – це заміна ручної праці роботою машин і механізмів під керуванням і контролем робітників-операторів. За ступенем використання засобів механізації та характером виконання будівельних робіт робітниками будівельні процеси поділяють на:

- ручні процеси – всі робочі операції будівельного процесу виконують робітники вручну з використанням ручного або механізованого інструменту;
- механізовані процеси – одна або декілька частин робочих операцій будівельного процесу виконуються за допомогою машин і механізмів під керуванням і контролем робітників-операторів, а інші – виконуються вручну;
- комплексно-механізовані процеси – всі робочі операції будівельного процесу виконуються за допомогою машин і механізмів, а робітники виконують функції керування і контролю за роботою машин і механізмів;
- автоматизовані процеси – всі робочі операції будівельного процесу виконуються за допомогою машин і механізмів з автоматизацією окремих операцій керування і контролю за роботою машин і механізмів;
- комплексно-автоматизовані (автоматичні) процеси – всі робочі операції будівельного процесу виконують і зкерують машинами-

автоматами, які працюють на основі відповідного програмного забезпечення [1].

Створення першого автомобіля призвело до появи громадського транспорту, який створив швидке сполучення між містами, селами та країнами, що в свою чергу призвело до потреби створення автовокзалів у кожному населеному пункті з великою чисельністю населення.

Один з найдавніших будівельних матеріалів є цегла. Різновиди цегли використовувалися задовго до нашої ери. Спочатку була винайдена необпалена цегла, що виготовлялась шляхом засихання глини під сонячними променями. Така цегла мала форму бруска і дозволяла створювати цегляну кладку, схожу на вигляд на сучасну. Цегла, схожа за формою і способам виготовлення на сучасну, з'явилася тільки в XV-XVI століттях [2].

Еволюція методів проектування є складним, поступовим і незворотним процесом. Свій розквіт індустріальні технології набувають після Другої світової війни, коли гостро постала необхідність відновлення зруйнованих війною міст, забезпечення житлом величезної кількості людей. З цією метою було розроблено багаторазово повторювані типові проекти житлових будинків та індустріальні методи їх виробництва та монтажу. До 60-х років їхня частка становила нашій країні 90-95% всього житлового будівництва. У 70-ті роки ХХ століття були розроблені і почали застосовувати «покращені» серії блок-секцій. Суть цього методу полягала в членуванні будинку на різні за складом квартир та конфігурації блок-секції, формуванні з них різноманітної забудови. У 80-ті роки склався блок-квартирний метод – триступінчаста система типових проектних матеріалів: вихідна система блок-квартир, варіанти блок-секцій, варіанти компонування блок-секцій у забудові. Вже до 80-х років стало складатися так зване каталожне проектування, що пропонувало на вибір замовника індустріально виготовлені вироби. У СРСР існувала розвинена наукова сфера, яка досліджувала проектні методології індустріального типу. Так було в ЦНИИЭП житла під керівництвом Б.Р. Рубаненко у 1960-1980-ті роки розроблялися питання

вдосконалення цих методів на різних етапах економічного розвитку. Тим часом на Заході пік інтересу до індустріальності до кінця 1960-х років минув, йшли пошуки інших методів раціоналізації.

Автовокзал міста Запоріжжя введений в експлуатацію у 1964 році (див. рис. 1.6), складається з цегляних стін та цегляної адміністративної частини, металевих конструкцій та скляних вікон, був побудований за технологіями, які вже застаріли.



Рисунок 1.6 – Центральний автовокзал Запоріжжя

Через стрімкий розвиток інформаційних технологій та зміни потреб суспільства кращим рішенням буде побудова сучасного автовокзалу, за новими стандартами, тенденціями та потребами, так, як вже зробили чи планують зробити в інших містах України (див. рис. 1.7-1.9).

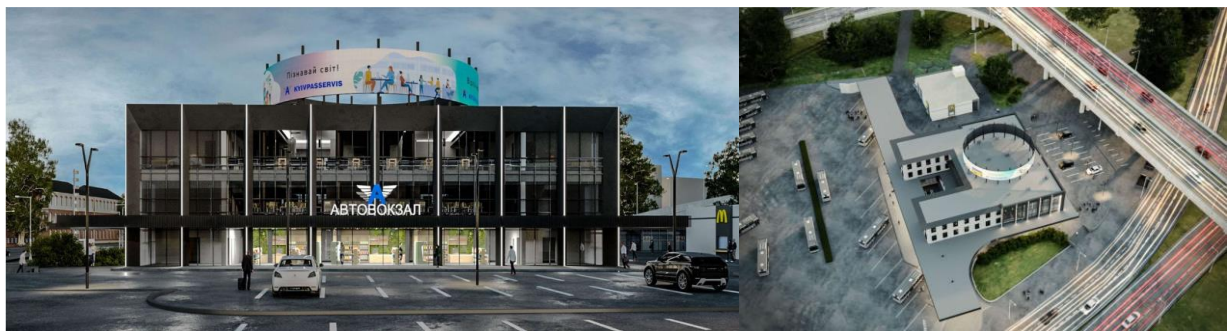


Рисунок 1.7 – Центральний автовокзал Київа





Рисунок 1.8 – Автовокзал – «Північний» Львів



Рисунок 1.9 – Проект майбутнього автовокзалу у Вінниці на площі Привокзальній

Основні засади індустріального методу проектування – масовість виробництва, великий масштаб об'єктів, уніфікація проектних рішень, довготривалість технологій – є обов'язковими умовами забезпечення його життєздатності. Ключовими факторами, що сприяють уніфікації архітектурних рішень є: уніфікація передпроектної моделі мешканця (людини, сім'ї, їх життєдіяльності та потреб), уніфікація моделей природно-кліматичних та містобудівних умов та структур (через кліматичне районування, містобудівну типізацію населених місць та ландшафтів із опорою на «бульдозерні технології», ігнорування історико-культурних контекстів із опорою на модерністську тезу про пріоритет «міста

майбутнього». Іншими словами, в основі архітектурної уніфікації лежить уніфікація всіх обставин, що «підлягають» архітектурі.

Модель постіндустріального розвитку, що складається в даний час, пропонує принципово новий підхід до проектування житла та автовокзалів. Базовими засадами проектування стають швидкість виробництва, дрібний масштаб об'єктів, індивідуальність, адресність проектних рішень, швидка зміна технологій. Якщо індустріальні технології вимагали організації великих будівельних виробництв, то постіндустріальні переносять вагу з домобудівних комбінатів на будмайданчик. Виробництво будівельних елементів набуває дрібного масштабу, «інформаційність» допомагає досягати високої швидкості (рис. 1.10).

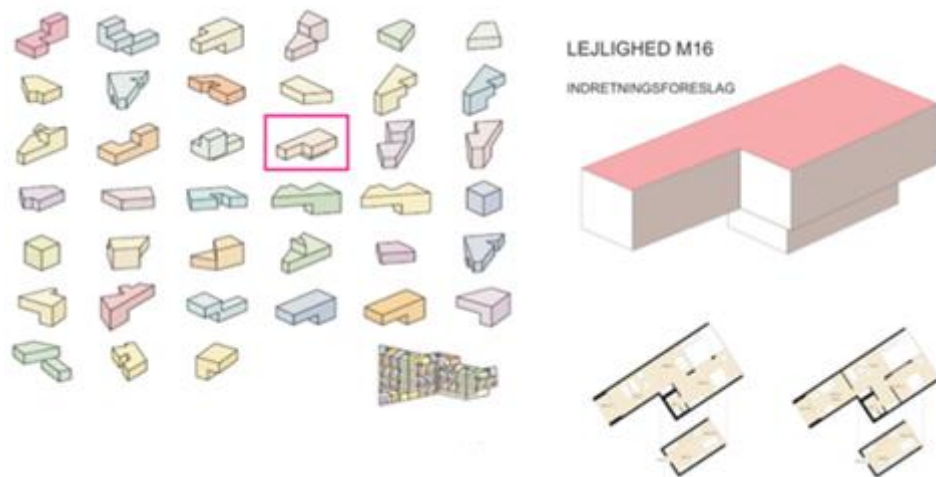


Рисунок 1.10 – Різноманіття варіантів функціонально-планувальних рішень

Місто постіндустріальної моделі розглядається як унікальна територіальна освіта зі своєю історією розвитку, особливими кліматичними умовами (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Район Каттенбрюк, Амерофорт, Нідерланди, Архітектор Ашок Бхалотра

Технологічні рішення «ПІ типу» породжують справжню різноманітність у всіх компонентах житлового середовища без звернення до комбінаторики, але як наслідок самоздійснення проектної «участі» чотирьох диференційних обставин: індивідуальності автора, унікальності місця, неповторності мешканця та специфіки часу. Можливість реалізації таких ексклюзивних поєднань забезпечують комп'ютерні інформаційні, проектні та будівельні технології, що дозволяють раціоналізувати без уніфікації. Можна відзначити, що такий адресний підхід до проектування не лише здатний забезпечити природне розмаїття житлового середовища, заощадити кошти за рахунок використання інтелектуального та виробничого потенціалу майбутніх мешканців, а й підвищити ступінь їхньої залучення та відповідальності за своє середовище.

Технологічні процеси в будівельній індустрії при будівництві автовокзалу на даний момент не можуть бути реалізовані без систем автоматизації та комп'ютеризації, які допомагають управляти, вимірювати та контролювати основні технологічні параметри будівельних процесів та їх відхилення. Здешевлення мікропроцесорних пристроїв і автоматизованих систем, значне розширення їх функцій дозволили створити «розумні

датчики», які допомагають розраховувати значення непрямих параметрів на основі прямих вимірювань за запрограмованими формулами, показують параметр значення на рідкокристалічних індикаторах, а також перетворювати виміряні параметри в уніфіковані сигнали для передачі їх по каналах зв'язку. Також були розроблені нові вимірювальні прилади, такі як електромагнітні, ультразвукові, коріолісові витратоміри, ультразвукові та радарні вимірювачі рівня тощо, які полегшують процес будівництва.

Крім автоматизації індивідуальних засобів вимірювань і обладнання для управління і контролю будівельних процесів, на будівельних підприємствах тепер застосовуються також автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП). Інновації в будівельній галузі при будівництві автовокзалів пов'язані з впровадженням автоматизованих інформаційних систем у сфері управління будівництвом на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта, використанням інноваційних матеріалів і технологій у будівництві; та впровадження інновацій в інвестиційному менеджменті та маркетингу при реалізації будівельних проектів.

Технологія інформаційного моделювання будівель (BIM) є взірцевим перспективним підходом у сфері комп'ютеризації будівельної галузі. Це передбачає створення тривимірних будівельних моделей для представлення фізичних і функціональних властивостей проекту автовокзалу. Нещодавні дослідження потенціалу BIM для підвищення ефективності експлуатації автовокзалу, а також бар'єрів, що перешкоджають його використанню, показали, що потенціал BIM виникає завдяки вдосконаленню існуючих на даний момент ручних процесів передачі інформації, наприклад, будівельної документації. Було відзначено, що технологія також покращує точність даних і підвищує ефективність роботи з точки зору швидкості доступу до даних власності. BIM в управлінні нерухомістю — це процес генерування та управління інформацією про автовокзал протягом її життєвого циклу. Наприклад, уряд Великої Британії, як одна з країн-лідерів у використанні BIM-

технологій, з 2016 року дозволив використання BIM-моделей для всіх громадських будівель, включаючи передачу цифрових даних, необхідних для етапу експлуатації будівлі.

Усі нюанси та складові у проектуванні, що мають відношення до об'єкта, непримінно розглядаються та враховуються в єдиному проекті. При видаленні або заміні якогось елемента або доповнення вся модель перераховується з цим коригуванням [3].

Завдяки BIM створена віртуальна модель об'єкта дозволяє фахівцям:

- побачити всі проблеми та нестиковки;
- затвердити передбачувані переваги об'єкта;
- можливість користуватись моделлю всім учасникам проекту;
- вносити коригування;
- розраховувати кошторис;
- контролювати процес роботи;
- передбачати ризики майбутньої конструкції;
- розрахувати ресурси.

BIM-технології скорочують:

- матеріальні витрати;
- помилки у проектах;
- термін виконання.

Маючи в арсеналі цифрові дані про об'єкт, робота відбувається за допомогою мобільного девайсу, завдяки якому проводиться належний на всіх етапах контроль, наприклад, застосовуючи функціонал PlanRadar. Таке рішення суттєво спрощує управління та контроль за будівельними процесами, оптимізує результат.

Важливу роль у сфері будівництва займає програмне забезпечення процесу проектування та зведення будівлі, що дає можливість відстеження стану будівництва на конкретних етапах, збільшити якість проектування, зменшити кількість необхідних витратних матеріалів, скоротити строки виконання робіт. ІТ фахівцями створено ряд продуктів, що використовуються

у будівельній галузі, зокрема, це програми для проектування будівельних конструкцій (Autodesk Revit Structure; Tekla Structures), системи автоматизованого проектування загального призначення (AutoCAD; AutoCAD LT, Autodesk 3ds MaxDesign; Std Manager CS), програми для розрахунку будівельних конструкцій (SCAD Office, Комета, Камин, Монолит, КоКон), додатки для проектування і розрахунків сантехнічних систем (АРС-ПС, ВЕНТСИС), програми для проектування і розрахунків трубопроводів, теплообмінників тощо. (AutoCAD Plant 3D, Plant 4D, СТАРТ, ГИДРОСИСТЕМА, РЕСУРС, тощо).

Комп'ютерна програма Microsoft Project - це сучасний комп'ютерний інструментарій, призначений для реалізації календарного планування у будівництві, і належить до програм управління проектами. Обсяг ринку цих програм становить кілька десятків найменувань. Нині, за обсягом продажів, займає провідне місце комп'ютерна програма Microsoft Project (MP). Перевагою даного інструментарію є те, що програма MP має вбудовану мову програмування Visual Basic for Applications (VBA), що дозволяє створювати макроси (підпрограми), що можуть реалізовувати все те, що не може бути виконано основним модулем. Однак і в основний модуль програми введені, так звані, дані користувача і цілий арсенал формул, що дозволяють їх перераховувати відповідно до локальних потреб.

В даний час однією з найважливіших тенденцій сучасної будівельної індустрії (див. рис. 1.12) є використання інноваційних технологій, екологічно чистих матеріалів, енергозберігаючих матеріалів, інформаційних технологій та автоматизованого обладнання в облаштуванні житла. І хоча український ринок значно відстає за своїми тенденціями від країн Європи, тим не менш, нові цікаві рішення в області будівельних технологій впроваджуються і в Україні.

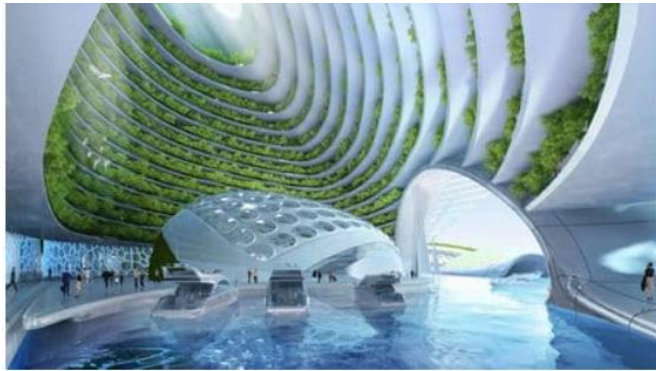


Рисунок 1.12 – Сучасні будівельні тенденції

Над створенням інноваційних матеріалів працюють інженери найбільших світових компаній, які дозволяють зводити будинки з унікальними характеристиками і незвичайної форми в стислі терміни, так як буде возводитись новий автовокзал в місті Запоріжжя. У сейсмічно небезпечних країнах розробляються проекти будівель, які здатні піднятися над землею під час землетрусів (див. рис. 1.13).

Українські девелопери поки не можуть похвалитися подібними інноваціями. Основна маса нових житлових споруд в Україні будуються по-старому – з цегли, бетону із застосуванням невігадливих матеріалів для оздоблення фасадів. Найчастіше вони готові встановлювати системи управління «розумний будинок» і використовувати геосистеми, які дозволяють заощаджувати на опаленні та кондиціонуванні будівель. Українські споживачі не можуть собі дозволити квартиру в будинку, при будівництві якого використовувалися найновіші технології [4].

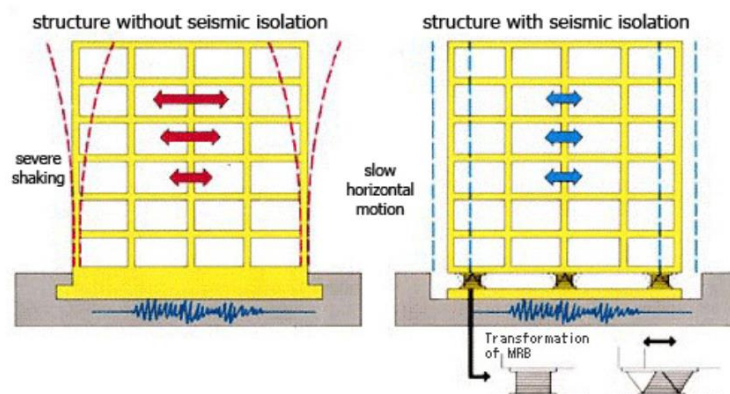


Рисунок 1.13 – Звичайний та сейсмостійкий будинки

Інновації в будівництві можна умовно розділити на продуктові (нові матеріали і комплектуючі, отримання принципово нових функцій) і процесорні (нові методи організації і технології виробництва, перехід на інший рівень автоматизації), рівень автоматизації мобільного робота (див. рис. 1.14) [4].

Сучасні будівельні технології ґрунтуються на виконанні будівельних процесів при будівництві автовокзалу комплексно-механізованими методами, які широко використовують системи автоматизації окремих технологічних процесів і операцій, діагностиці технічного стану машин та оптимізації параметрів їх використання. Використання роботизованих технологічних комплексів збільшується під час виконання монтажних, земляних, малярних, бетонних та інших процесів і робіт, гнучких автоматизованих виробництв – заводів і установок з приготування напівфабрикатів (бетонних сумішей, будівельних розчинів, фарб, шпаклівок, тощо), виготовлення конструкцій і арматурних виробів тощо. Збільшення використання будівельних машин багатофункціонального призначення, що мають в обладнанні спеціальний робочий орган (іноді два і більше), що в свою чергу дає змогу виконувати однією машиною кілька робочих операцій.



Рисунок 1.14 – Швейцарський мобільний робот In Situ Fabricator1



Інноваційні технології у будівництві автовокзалів повинні забезпечувати енергозбереження та звукоізоляцію, можливість швидкого зведення споруди, невелику вагу споруди та комфортний мікроклімат усередині. Зниження витрат на будівництво та екологічна безпека відіграють важливу роль у впровадженні інновацій, адже саме ці якості відрізняють новітні технології від колишніх.

Сучасні технології будівництва стрімко розвиваються та переслідують певні цілі та завдання. До них відносяться: екологічність, економія ресурсів, довговічність, зовнішня відповідність тимчасовому проміжку та багато інших. Вони визначають якість продукту і підвищують рівень замовника. Крім перелічених, є й інший, щонайменше важливий чинник, що допомагає впроваджувати інноваційні технології. У будівництві це збільшення швидкості будівництва.

Жоден вид будівництва не може існувати без будівельних матеріалів. Вони бувають кількох видів:

1. В'язкі – гіпс, цемент, вапно;
2. Огороджувальні конструкції – панелі та блоки різних матеріалів;
3. Матеріали оздоблення;
4. Гідроізоляційні та покрівельні, які створені на основі полімерних або бітумних сполучних;
5. Герметизуючі – мастики, джгути, прокладки для кращої ізоляції;
6. Бетонні заповнювачі природного та штучного походження;
7. Санітарно-технічні вироби з металів, азбестоцементу, залізобетону та ін.

Значення впровадження інноваційних технологій у будівництві велике. Вони значно скорочують витрати і час на будівництво, збільшують термін служби споруди, забезпечують зовнішню відповідність часу. Модифіковані матеріали, призначені для будівництва автовокзалів, покращують якість перебування і очікування в середині мешканців та гостей міста. Усі

інноваційні технології розробляються з огляду на негативний вплив зовнішніх факторів; вони стають екологічними та безпечними.

Інноваційні технології у будівництві чи будівельних матеріалах потрібні не лише для того, щоб рухати науку вперед та покращувати якість будівель, але й для збільшення темпу суспільного розвитку, адже важливою характеристикою прогресу є сучасне технічне оснащення [5].

## **1.2 Актуальні технології застосування сучасних матеріалів для цивільного будівництва**

В сучасних реаліях, будівельні технології та матеріали для будівництва автовокзалу займають важливе місце серед різноманіття факторів, що визначають архітектурну цінність будівель та споруд, якість сучасного будівництва і техніко-економічні показники будівельних проектів. Асортимент і якість виробів будівельної індустрії визначають безпосередній вплив на довговічність, технічні та естетичні переваги об'єкта. Проблема підвищення загального рівня якості будівництва та архітектури безпосередньо пов'язана з підвищенням якості будівельних матеріалів, конструкцій та виробів, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які відповідають архітектурно-будівельним вимогам. Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність споруди чи будівлі. При цьому треба враховувати, що економічність проекту автовокзалу не завжди є доцільною. Неможливо економити на матеріалах для високоякісного оздоблювання, коли від цього залежить естетична виразність будівлі та довговічність. Низька якість допоміжних матеріалів, які використовуються для захисних покриттів або обробки поверхні, може призвести до передчасного старіння або руйнування дорогих за вартістю конструктивних елементів, від яких залежить термін служби всієї будівлі. Довговічність

будівель визначається довговічністю застосовуваних будівельних конструкцій і залежить від умов обслуговування, якості будівельно-монтажних робіт (взаємного сполучення конструкцій, ретельності виготовлення, правил виробництва і технічних умов, що набуті практикою та теорією будівництва).

Будівельні процеси потребують інноваційно нових технологій застосування сучасних матеріалів, через різноманітну кількість переваг від застарілих технологій і матеріалів.

Особливістю сучасного будівництва є надзвичайно широкий спектр нових матеріалів, виробів і технологій, які внаслідок інтенсивного розвитку будівельної техніки і науки змінюються кожні 5–10 років. Виробники будівельної продукції перейшли на випуск системних матеріалів і виробів, які дозволяють реалізувати принцип модульного будівництва. Його характерні ознаки: наявність широкого спектра матеріалів і виробів, які хімічно сумісні й адгезійно споріднені, взаємоузгодженні за розмірами тощо та дозволяють виконати всі будівельно-монтажні (ремонтні) роботи «під ключ». Завдяки союзу будівельної інженерії і науки створюються технології одержання нових, екологічно чистих, високоефективних матеріалів функціонального призначення. Виробництво таких матеріалів засновано на енергозберігаючих і безвідходних технологіях. Із використанням технології композиційних матеріалів стрімко росте виробництво композитів, питома міцність яких перевищує аналогічну характеристику сталі у 15 разів. Сьогодні в Україні великою популярністю користуються системи «сухого будівництва», які з успіхом замінюють традиційні штукатурку і цегельну кладку.

Класифікація будівельних матеріалів за призначенням найбільш зручна для використання технологіями-конструкторами в їх творчій роботі, таку класифікацію називають технологічно-будівельною [6]. Яка приведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація технологічно-будівельних матеріалів

Матеріали	Призначення	Використання
Конструкційні матеріали (цегла керамічна звичайна, залізобетонні конструкції, блоки з природного каменя)	Забезпечують захист від різних фізичних впливів, міцність і довговічність будівель та споруд	Використовуються для несучих і огороджувальних конструкцій (тепло і звукоізоляційні; покрівельні; гідро- і пароізоляційні; герметизуючі; для світлопрозорих огорожень, вікон, дверей та інш.)
Конструкційно-оздоблювальні матеріали (цегла керамічна лицьова, дошки, щити)	Забезпечують певний захист, міцність, а їх одна або кілька поверхонь, які називають лицьовими, сприймаються візуально в процесі експлуатації	Для лицьових шарів огороджувальних конструкцій типу сандвіч; для огорожі балконів і лоджій; для покриття килимів і сходів; для збірно-розбірних, мобільних перегородок; для підвісних стель; для обладнання і меблів; для дорожніх покриттів
Оздоблювальні матеріали (плитки керамічні, шпалери, плівки, фарби, лаки)	Основна функція – візуальне сприйняття (однієї або декількох лицьових поверхонь) і безпосередній вплив на естетичний вигляд фасаду, інтер'єру будівлі, споруди.	Для фасаду або внутрішнього облицювання стін, для спеціальних декоративних захисних покриттів (антикорозійні, вогнезахисні)

Поперечна клеєна деревина (CLT) — це стійка та пружна форма обробленої деревини, яка не потребує спалювання будь-якого викопного палива під час її будівництва (див. рис. 1.15). Його виготовляють шляхом склеювання шарів суцільно пиляних пиломатеріалів разом, а шари лежать перпендикулярно один до одного, що забезпечує більшу міцність на розтяг і стиск. Виникли в Європі, CLT зараз використовується у всьому світі, грає роль чудового будівельного матеріалу завдяки швидшому виробництву, високій якості та гнучкості дизайну. Початкові витрати на матеріал вищі, але якщо взяти до уваги повну вартість будівництва, це економить. Завдяки своїй природній естетиці та міцності дизайнери та будівельники зараз придумують будівництво хмарочосів на базі CLT. Одним із яскравих прикладів використання CLT у будівлі є:

34-метровий завдовжки та 3-метровий перевернутий, який подвійно консольний. Розкидана архітектура, публічне мистецтво та павільйон на парадному майданчику коледжу мистецтв Челсі, який демонструє потенційне використання CLT (див. рис. 1.16).

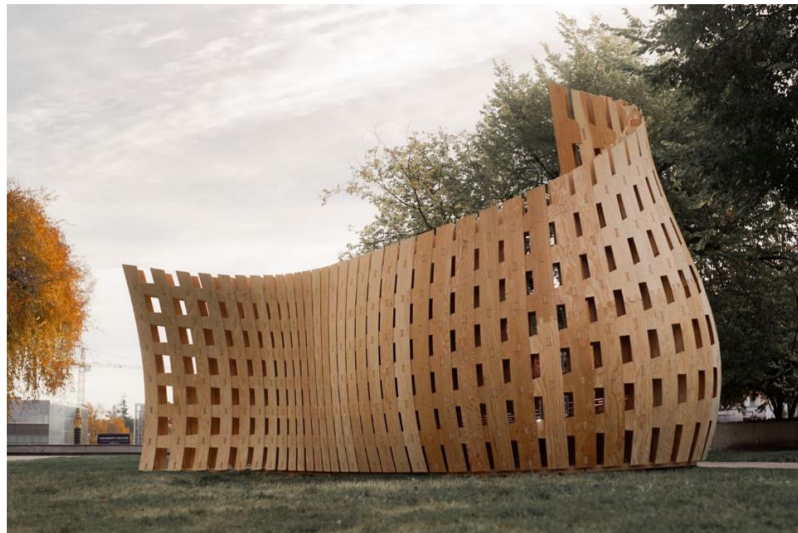


Рисунок 1.15 – Поперечна клеєна деревина



Рисунок 1.16 – Посмішка, Архітектор Елісон Брукс, Альтанка, Лондон

Пігментований бетон. Бетон — це ахроматичний символ міцності, який викликає суворість і грубість людських почуттів під час впливу. Однак, якщо відповідні пігментовані добавки додані до цементу, гравію, піску та води можуть призвести до кольорових бетонних сумішей. Окрім естетики, це додає відчуття перспективи та контрасту з оточенням, одночасно зменшуючи залежність від фарб та герметиків.

Червонувато-коричнева текстура цього будинку чудово доповнює навколишні пагорби та пишний ландшафт. Стіни емульговані пігментованим бетоном з оксиду заліза (див. рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Casa Terra, BernardesArquitetura, Житловий будинок,  
Ітайпава, Бразилія

Кабкома Strand Rod. Це термопластичний композит з вуглецевого волокна, який використовується на зовнішніх поверхнях будівель виключно з метою підвищення стійкості та захисту конструкцій від землетрусів

переважно в Японії. Це найлегша сейсмічна арматура, делікатна і, отже, надзвичайно міцна, що додає конструкції естетики.

Легко транспортувальний, стійкий і надзвичайно міцний будівельний матеріал створює натяг і стиснення, підтримуючи конструкцію. Він переносить всі бічні навантаження, тим самим захищаючи будівлю від будь-яких поштовхів. Він у 5 разів легший за класичні металеві стрижні, що сприяє ще легшій структурі (див. рис. 1.18).



Рисунок 1.18 – Головний офіс Komatsu Seiren, Кенго Кума, офіс, Японія

Прозоре дерево. Ми всі любимо дерев'яне оздоблення на підлозі, як конструкційний матеріал. Оскільки цей матеріал один із найстаріших, він на шляху до оновлення, тому дослідники експериментують із тим, щоб зробити його прозорим (див. рис. 1.19). Будучи чудовою альтернативою склу та пластику, прозора деревина є екологічно чистою та енергоефективною. У процесі виробництва лігнін замінюють полімерами, щоб зробити його прозорим.



Рисунок 1.19 – Прозоре дерево

Одним із видів оздоблення є декорування зовнішніх стін фасадною дошкою або блок хаусом. Цей вид облицювання частіше застосовують для дерев'яного будинку, але можна облицювати і будинок із піноблоків (див. рис. 1.20). Облицювання зі стійких порід дерева на багато років продовжить термін служби будинку. Блокхаус являє собою облицювальну дошку (вагонку), з лицьовою поверхнею, що має вид оциліндрованих колод. Виготовляється блок-хаус методом обрізки підготовленої сухої колоди з чотирьох сторін, і подальшої обробки обрізаних частин на високоточному обладнанні. При цьому мінімізуються відходи виробництва, адже середня частина в подальшому використовується для виготовлення бруса або дошки. Подальша обробка блок-хаусної дошки, як і при виробництві оциліндрованого бруса, дозволяє її зробити пожежо-, вологостійкою та довговічною. Розрізняють 2 види блокхаус: широкий блок хаус і вузький блок хаус. Широкий блок хаус імітує колоду діаметром 160 або 240 мм. Його найчастіше використовують для зовнішньої обробки будівель, укладаючи горизонтально. Вузький блокхаус ще називають декоративною євровагонкою, його розміри такі ж, як у єровагонки, тільки товщина в майже 2 рази більше. Його зазвичай застосовують для обробки всередині приміщень.



Рисунок 1.20 – Обшивка будинку фасадною дошкою

Клінкерні термопанелі та фасадний пінопласт. «Клінкерний» фасад важко відрізнити від стін з натурального цегли (див. рис. 1.21), при цьому



витрати на будівництво набагато нижче. Ще одним недорогим матеріалом є панелі і декоративні елементи з армованого пінопласту. Фасадні панелі – це одночасно і утеплювач, і декор. Панелі з пінопласту з захисним армованим шаром (штукатуркою) кріпляться до стіни в одну операцію. Панелі можуть імітувати різні матеріали, наприклад, цегляну кладку.



Рисунок 1.21 – Клінкерні термопанелі

Різновиди бетонних блоків. Інноваційні технології у малоповерховому будівництві досягли певних висот, і старі бетонні плити відійшли на другий план. Існує два види бетонних блоків (див. рис. 1.22):

1. Пінобетон виготовляється шляхом змішування будівельного розчину та піноутворювача. В результаті виходить легкий та недорогий матеріал, який забезпечує хорошу теплоізоляцію та дозволяє стінам "дихати".



Рисунок 1.22 – Відмінності пінобетону та газобетону

2. Газобетон має той самий склад, але з додаванням кварцового піску. Таким чином, міцність матеріалу значно перевершує бетонні блоки, виготовлені за застарілою технологією.

Самовідновлюваний бетон (див. рис. 1.23). Бетон сам собою крихкий матеріал. Але варто було додати у формулу бетону особливий черепашковий мінерал (перламутр), який і надає мушлям еластичність, ті ж характеристики прийняв і бетон. Крім того, він став і легшим, і еластичність набагато збільшилася. Ці якості ідеальні для будинків у сейсмічних зонах.



Рисунок 1.23 – Самовідновлюваний бетон

Розробкою вчених із Університету Суїнберн став гнучкий бетон. Технологія створення такого бетону ґрунтується на додаванні летючої золи — звичайний промисловий відхід. Завдяки цьому композитному полімеру у складі бетону новий матеріал має приголомшливу міцність при високих (у 400 разів) показниках згинання (див. рис. 1.24). Виробництво такого виду бетону також екологічно.

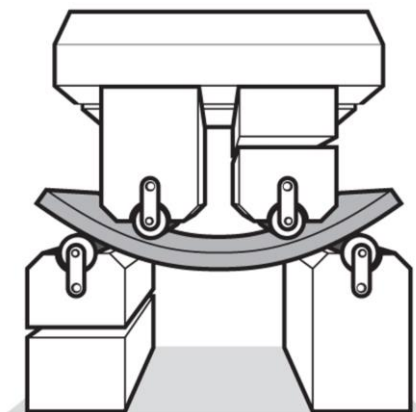


Рисунок 1.24 – Гнучкий бетон

Полігональна кладка — це будівельна технологія, відома досить давно поширеним застосуванням і зустрічається в багатьох точках планети, які знамениті слідами древніх цивілізацій (див. рис. 1.25). Вона являє собою використання багатокутних каменів різного розміру, які притісувались один до іншого і зістикувувались під довільними кутами. Головним достоїнством такої технології вважається економія сил і часу, адже під час її використання не було потрібно підганяти кожен камінь під однакові параметри.



Рисунок 1.25 – Технологія полігональної кладки

Яскравим свідченням широкого застосування такого типу кладки на території Європи є численні споруди епохи Давньої Греції та Риму. Серед інших можна виділити підпірну стіну тераси знаменитого храму Аполлона (див. рис. 1.26), розташованого на території давньогрецького міста Дельфи. Її довжина становить близько п'ятисот метрів, а датується вона приблизно 500 роком до нашої ери.



Рисунок 1.26 – Храм Аполлона

Використовувалася ця технологія і в епоху Середньовіччя, хоча на той момент вже були відомі більш досконалі методи зведення стін. Так, полігональну кладку можна побачити в деяких замках і оборонних укріпленнях, серед них — будівлі в місті Кронштадт на острові Котлін (див. рис. 1.27). Однак найбільше прикладів полігональної кладки можна знайти на території розселення стародавніх інків і майя, тобто, в сучасному Перу, Болівії, а також на території острова Пасхи. На думку істориків, саме інки опанували цю технологію краще за всіх. Яскравими прикладами використання технології можна знайти в перуанських містах Куско, Мачу-Пікчу і Пуно.



Рисунок 1.27 – Полігональна кладка

Справедливості заради, слід зазначити, що загальний механізм застосування даної технології відомі дослідникам. Однак ті ж інки настільки точно підганяли камені один до одного, причому без використання в більшості випадків закріплюючого складу, регулярно викликають суперечки в науковому середовищі, а також сприяють появі різного роду теорій і навіть легенд, якими пояснюють, як стародавні люди були здатні зводити настільки міцні споруди з величезних монолітів, використовуючи при цьому досить примітивну технологію [7].

### 1.3 Організаційно-технологічні особливості інноваційних технологій та матеріалів

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій, збільшенням населення міст, зміною потреб населення та багатьма іншими факторами, доцільно буде використати сучасний матеріал при будівництві пасажирського автовокзалу в м. Запоріжжя з дотриманням вимог проектувань відповідно до існуючих державних стандартів, галузевих і відомчих будівельних норм та типових рішень. Використання полікарбонатних панелей пришвидше будівництво автовокзалу, через їх зручність, надійність, а також має естетичний вигляд.

Монолітні полікарбонатні плити і листи схожі на акрилове скло, однак, за механічними властивостями – немає аналогів серед використовуваних зараз полімерних матеріалів. Цей матеріал поєднує в собі унікальну ударостійкість, високу термостійкість і високу прозорість. Не дарма монолітні листи, фахівці називають ударостійким склом (див. рис. 1.28).



Рисунок 1.28 – Монолітний полікарбонат

Фахівці сфери матеріалів з полікарбонату зазначають, що завдяки своїй високій ударній міцності в поєднанні з оптичними властивостями, монолітний полікарбонат головним чином використовується як захисне скління (при склінні промислових і житлових будівель, будівництві

спортивних споруд, об'єктів сільськогосподарського призначення, автовокзалів, магазинів, критих автостоянок, лікарень, при виготовленні захисних екранів, щитів і огорожень. Полікарбонат використовують і при монтажі Zenitних ліхтарів, веранд, зимових садів, при виготовленні освітлювального обладнання, пристрої шумозахисних бар'єрів на автострадах, при виготовленні вивісок і знаків. Монолітний полікарбонат є ідеальним матеріалом для елементів криволінійної форми, які отримують шляхом гарячого формування. Це різні куполи з круглою, квадратною або прямокутною підставою, протяжні модульні світлові ліхтарі з необмеженою довжиною і окремі секції величезних куполів, що досягають 8–10 м в діаметрі. На думку фахівців, монолітний полікарбонат унікальний матеріал, однак, у горизонтальних перекриттях сьогодні він все-таки використовується рідко. У першу чергу це пов'язано з його вартістю, що значно вище вартості стільникового полікарбонату. До того ж цей матеріал не забезпечує такої теплоізоляції, як стільниковий.

Стільниковий полікарбонат (іноді його ще називають комірчастим) широко застосовується в будівництві, являє собою полімер, профільований у дво-, тришарові або більше панелі з внутрішніми поздовжніми ребрами жорсткості (див. рис. 1.29). Спочатку листовий матеріал незвичайного перетину (багато перегородчастий) був розроблений для стійких до градобою і снігових навантажень покрівельних конструкцій – міцних, прозорих і одночасно з цим легких. Сьогодні стільниковий полікарбонат служить не тільки для покрівельного і вертикального скління будівель, парників, зимових садів і вітрин, але і для виготовлення різного роду захисних та декоративних, плоских і профільних перегородок, а також різних елементів із внутрішньою підсвіткою.

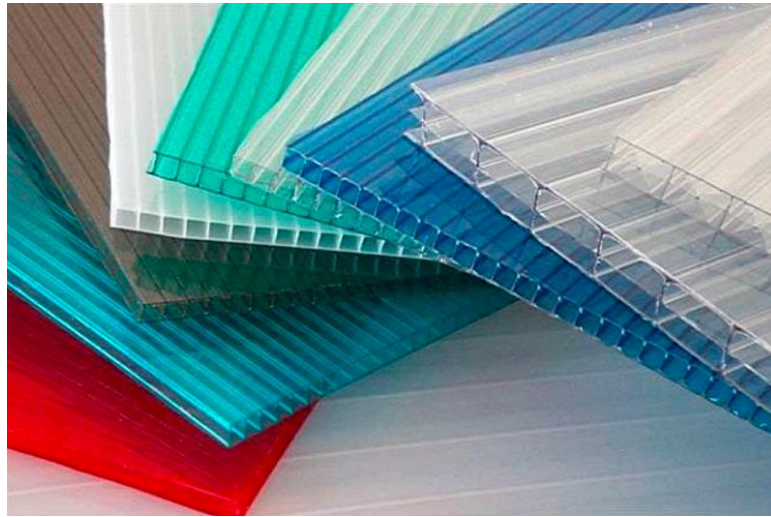


Рисунок 1.29 – Стільниковий полікарбонат

Різноманітність декорацій інтер'єрів може бути забезпечена не тільки фантазією дизайнера, але і правильно підібраним кольором матеріалу.

Полікарбонат за європейською класифікацією відноситься до класу В1 – важко займистих матеріалів. Панелі мають високу стійкість до граду, перепадів температур в діапазоні від мінус 40 до +120 °С і впливу сонячної радіації. Панелі ряду виробників зокрема, MACROLUX Longlife (Швейцарія) і MAKROLON компанії MAKROFORM (Німеччина), для захисту від ультрафіолетового випромінювання покриті невіддільним від них спеціальним захисним шаром. До того ж листи Makrolon на внутрішній стороні мають покриття «no drop», що запобігає утворенню крапель води на внутрішній стороні панелі. Волога в цьому випадку рівномірно розподіляється по поверхні листа тонким шаром, що не дозволяє порушити світлопропускаючу здатність полікарбонатного матеріалу. Гарантований термін служби 10–12 років [8].

Полікарбонат відносять до класу синтетичних полімерів. За хімічним складом він є складним полієфіром вугільної кислоти і фенолів. Завдяки присутності в складі полікарбонату ароматичних складових у поєднанні з вуглекислотними залишками він характеризується майже абсолютною

прозорістю, надзвичайною стійкістю до ударних навантажень, високою стійкістю на розтяг і згин, вогнестійкістю і термопластичністю [6].

Наведені характеристики незначно змінюються зі зростанням температури. Діапазон застосування листів з полікарбонату від мінус 40 °С до +120 °С.

Основні переваги застосування полікарбонатних аркушів:

- захист від ультрафіолетового (УФ) випромінювання; аркуші та плити в результаті природних факторів (сонце, дощ, град, мороз) протягом 10 років не змінюють своїх характеристик;

- пожежостійкість (за європейською класифікацією вони відносяться до класу В-1 – важкозаймисті самозатухаючі матеріали; під час горіння матеріали не виділяють токсичних газів);

- світлопроникність досягає до 90 % і обумовлена товщиною аркуша;

- полікарбонат найбільш міцний серед усіх відомих полімерів, при товщині від 8 мм (монолітний) він куленепробивний;

- маса 1 м<sup>2</sup> сотового полікарбоната товщиною 4 мм становить лише 0,8 кг, скло такої ж товщини важить 10 кг;

- полікарбонат характеризується високою хімічною стійкістю до більшості агресивних речовин. Він стійкий до дії кислотних дощів та вихлопних газів автомобілів;

- стійкість до температурних змін (аркуші з полікарбонату можна застосувати в температурному діапазоні: мінус 40 °С... +120 °С);

- полікарбонат стійкий до вологи (водопоглинання складає лише 0,15 %, але існує небезпека попадання вологи в канали, що може призвести до зниження прозорості, а взимку до розтріскування листа. Для запобігання цих явищ використовуються стрічка, що має здатність до само наклеювання) [6].

Більш детальні технічні характеристики приведені у таблиці 1.2.



Таблиця 1.2 – Технічні характеристики полікарбонату

Властивості	Полікарбонат
Механічні властивості:	
Щільність, г/см <sup>3</sup>	1,2
Ударна в'язкість по Шарпі, кДж/см <sup>2</sup>	700
Подовження при розриві, %	50-75
Модуль пружності, Н/мм <sup>2</sup>	2300
Оптичні властивості:	
Коефіцієнт світлопропускання, %	50-87
Термічні властивості:	
Коефіцієнт лінійного термічного розширення, мм/мК	0,065-0,07
Температура возгорання, °С	
Температура розм'ягчення по Віка, °С	145-150
Макс. робоча температура повітря, °С	+130
Мін. робоча температура, °С	-40
Відношення до води:	
Макс. збільшення ваги при зануренні, %	0,37
Пожежонебезпека:	
Кисневий індекс, %	25-27

Застосування сотового полікарбонату:

– улаштування прозорих покрівель промислових споруд, переходів, торгових центрів, ринків, теплиць, басейнів;

– улаштування покрівель, у тому числі і розсувних, спортивних.

Застосування монолітного полікарбонату:

– улаштування куполів і склепінь у місцях великого скупчення людей.

Як приклад можна навести Майдан Незалежності і Севастопольську площу в Києві [6].

Найбільш поширені і ефективні методи з'єднання листів полікарбонату:

1. Склеювання полікарбонату за допомогою розчинника. Один із найцікавіших способів з'єднання полікарбонатних листів, який використовують у різних галузях. Розчинник дозволяє розм'якшити матеріал. Після цього можна з'єднати дві поверхні. Компоненти зв'язуються поки розчинник висихає і випаровується. Процедура не вимагає значних зусиль, однак потрібна обережність і увага. Також важливо використовувати розчинник, який сумісний із полікарбонатом.

2. Склеювання полікарбонату за допомогою клею. Технологія використовується не тільки в промисловості, але і у побуті. На ринку представлений великий вибір клеїв, дуже важливо переконатися, що склад підходить для конкретних пластиків. Також необхідно уникати потрапляння клею на шкіру, тому будуть потрібні захисні пристосування..

3. Гарні результати демонструють нейтральні клеї, силіконовий і поліуретановий.

4. Зварювання листів полікарбонату. Процес включає використання звукових імпульсів, що передаються в зону з'єднання. Резонансний вібруючий пристрій полегшує передачу цих звукових імпульсів і змушує дві пластикові деталі вібрувати одну проти одної. Ця вібрація, у свою чергу, генерує тепло, яке в кінцевому підсумку об'єднує елементи. Метод дає прекрасні результати, але є досить дорогим [9].

Конструкція світлопрозорої покрівлі повинна забезпечувати незалежну роботу світлопрозорих елементів і несучої конструкції. Між світлопрозорими елементами зі скла і несучою конструкцією передбачають зазори, що заповнюються ущільнювальними і герметизуючими матеріалами. Листове скло в світлопрозорих покрівельних елементах слід кріпити до несучих (металевих) конструкцій за допомогою нащільників через еластичні прокладки або в гумових профілях, встановлюваних по контуру. Глибина закріплення скла в несучих елементах покрівлі повинна становити не менше 15 мм [10].

## 2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІКАРБОНАТУ В БУДІВНИЦТВІ АВТОВОКЗАЛУ

### 2.1 Фізико-механічні властивості полікарбонату

Полікарбонат — це міцний, прозорий високоефективний термопластиковий матеріал, який має виняткову міцність, жорсткість і стійкість до ударів навіть при низьких температурах. Полікарбонатні листи, прутки та труби легко обробляються та мають чудову стабільність розмірів. Він добре термоформується, легко фарбується та добре з'єднується за допомогою цементів або клеїв.

Доступно багато сортів полікарбонату, таких як полікарбонат загального призначення, клас для знаків, машинний клас, склонаповнений та відповідаючий санітарним вимогам.

Цей матеріал вперше було отримано наприкінці XIX століття як побічний продукт у процесі синтезу лікарських засобів для знеболювання. Виникає цілком закономірне питання: що таке полікарбонат, і які властивості він має? Це нерозчинне у воді та багатьох інших рідинах з'єднання по прозорості здатне скласти конкуренцію високоякісному силікатному склу.

Полікарбонат технічні параметри, якого перебувають на високому рівні, відноситься до групи термопластів. Найбільшого поширення набули ароматичні сполуки, синтезовані з бісфенолу А. У свою чергу, ця речовина виходить в результаті конденсації відносно недорогих компонентів ацетону та фенолу. Ця обставина уможливлює його широке застосування у будівництві та інших сферах.

Споживачу монолітний полікарбонат поставляється у вигляді листового матеріалу товщиною від 1 до 12 мм стандартного розміру 205×305 мм. За особливим замовленням можливе виготовлення панелей з іншими геометричними параметрами за умови збереження ширини. Це обмеження

пов'язане зі стандартними розмірами екструдера, який використовується для виготовлення полімеру.

Промислове виробництво полікарбонату здійснюється відповідно до DIN4102. Це забезпечує матеріалу необхідні характеристики за такими параметрами: міцність при розтягуванні, ударна в'язкість та стійкість до низьких та високих температур. В даний час номенклатура полікарбонатів, що випускаються в нашій країні та за кордоном, складається з десятків найменувань [11].

Переваги полікарбонатів:

– Міцність. Одним з найбільш відомих властивостей і вагомою перевагою полікарбонату є його висока опірність механічним ударам;

– Прозорість. Завдяки високим показникам світлопропускання полікарбонати успішно замінили силікатне скло у багатьох сферах життя і виробництва, оскільки володіють при цьому ще й відносно малою вагою;

– Термічна стійкість. Значення температур плавлення (розм'якшення) полікарбонатів дещо відрізняються один від одного в залежності особливостей будови макромолекули, але, як правило, вона не перевищує 200 °С;

– Термопластичність. Полікарбонат відноситься до такого типу полімерів, які можна багаторазово переплавляти. При цьому після затвердіння він буде відновлювати свої властивості;

– Екологічність. Завдяки попередньому властивості виробу з полікарбонату можна піддавати вторинній переробці;

– Пожежна безпека. Температура займання перевищує температуру плавлення полікарбонату, вона становить близько 570 °С;

– Хімічна стійкість. Завдяки цій властивості матеріал успішно застосовується в різних агресивних середовищах;

Недоліки:

Варто відзначити, що всі перераховані вище переваги полікарбонату має лише в тому випадку, якщо складові його макромолекули мають

молекулярну масу понад 25 000. В іншому випадку він досить неміцний і володіє значно більш низькою температурою плавлення. Полікарбонат виготовлений з порушенням технології, може містити доволі високу кількість молекул зі зниженою молекулярною масою, що негативно позначається на його міцнісних і експлуатаційних характеристиках.

Ще одним істотним мінусом полікарбонатів, є їх низька стійкість до дії ультрафіолету. Проте сьогодні існують технології, що дозволяють захистити полімер від прямого впливу УФ-променів. Зазвичай це робиться за допомогою захисних плівок, які сплавляються з полікарбонатом на етапі виготовлення виробу. Також обмежуючим фактором у застосуванні полікарбонату є його високе значення розширення при підвищенні температури [12].

Стільниковий і монолітний полікарбонат:

Стільниковий полікарбонат представляє собою панель з декількох шарів пластика, між якими розташовані поздовжні ребра жорсткості. У розрізі такий лист віддалено нагадує стільники, за що і отримав свою назву. Такі листи легко можна гнути в холодному стані досягаючи мінімально можливого радіусу згинання. Стільниковий полікарбонат найчастіше використовується для спорудження декоративних перегородок і зведення прозорих покрівель (див. рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Теплиця із стільникового полікарбонату

Монолітний полікарбонат володіє більш високими ударостійкістю і прозорістю. Істотним плюсом є висока теплостійкість монолітного полікарбонату, температура плавлення досить висока, що дозволяє застосовувати його без побоювань при температурах, що досягають 120 °С. Також важливою властивістю є його морозостійкість, що дозволяє застосовувати вироби з даного виду пластику при температурах до мінус 50 °С [12].

Рівняння статичної рівноваги полікарбонатних листів:

$$\sum Y_i = q_0 \cdot a \cdot b - 2(F_{mp}^x \sin \alpha + F_{mp}^z \sin \beta) - Q_y = 0 \quad (2.1)$$

де  $q$  – надлишковий тиск вибуху, Па;

$a$  – найменший габаритний розмір прорізу рами, м;

$b$  – найбільший габаритний розмір прорізу рами, м;

$F_{mp}^x, F_{mp}^z$  – сили тертя, що утримують кінці ПЛ у вузлі кріплення вздовж осі  $x$  та осі  $z$ , Н;

$\alpha, \beta$  – кути нахилу дотичних до пружної лінії згину ПЛ із найбільшої та найменшої сторін прорізу рами, рад;

$Q_y$  – поперечна сила в точці на перетині діагоналей прорізу рами секції, Н.

Синуси кутів нахилу дотичних до пружної лінії згину ПЛ із найбільшої та найменшої сторін прорізу рами елемента системи ЛСК визначають за виразами:

$$\sin \alpha = \frac{\pi w_{max}}{\sqrt{a^2 + \pi^2 w_{max}^2}}, \sin \beta = \frac{\pi w_{max}}{\sqrt{b^2 + \pi^2 w_{max}^2}} \quad (2.2)$$

Ефективний параметр жорсткості ПЛ визначають за формулою:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2.3)$$

де  $E$  – модуль пружності I роду, Па;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона;

$h$  – товщина ПЛ, м.

Конструктивна схема вузла кріплення полікарбонатних листів у рамі віконного профілю наведено на рис. 2.2.

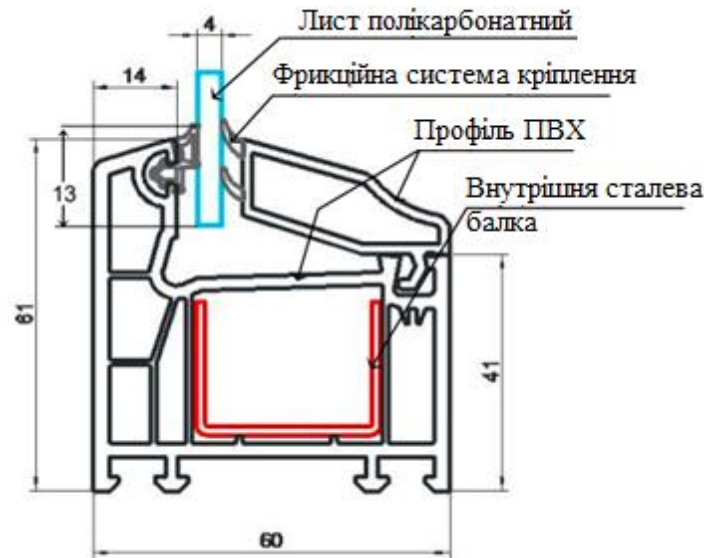


Рисунок 2.2 – Вузол кріплення полікарбонатних листів

Сили тертя визначають за таким виразом:

$$F_{mp}^x = q_{mp} \cdot b; F_{mp}^z = q_{mp} \cdot a \quad (2.4)$$

де  $q_{mp}$  – розподілені сили тертя по довжині вузла кріплення в рамі елемента ЛСК, Н/м.

Максимальний прогин ПЛ визначають за формулою:

$$w_{max} = \frac{16q_0}{\pi^6 D} \left[ \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}-1}}{mn \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{a^2} \right)^2} \right] \quad (2.5)$$

Записуючи вираз через максимальний прогин ПЛ, фіксують вираз для функції прогинів у напрямку найменшого розміру прорізу:

$$w(x) = w_{max} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \quad (2.6)$$

Унаслідок нескладних алгебраїчних перетворень, записаний вираз для наближеного визначення максимального прогину ПЛ (див. рис. 2.3) за умов досягнення критичного переміщення його кінця у вузлі кріплення рами з віконного профілю, що має такий вигляд:

$$\Delta x_{kp} = 0,25 \sqrt{36a^2 + 16a\pi w_{max} + \pi^2 w^2} - 1,5a - 0,25\pi w_{max} \quad (2.7)$$

де  $\Delta x_{kp}$  – критичне переміщення країв ПЛ у поздовжньому напрямку вбік найменшого габаритного розміру прорізу рами.

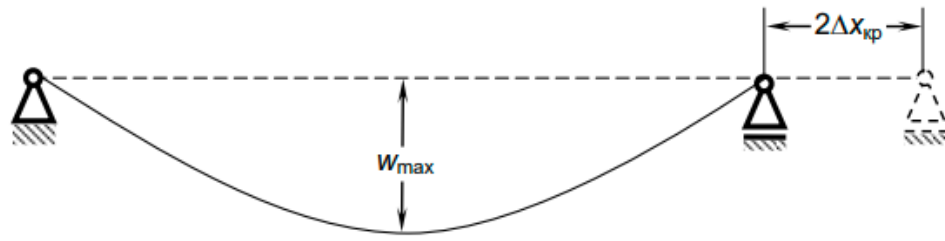


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема деформування полікарбонатного листа в рамі з віконного профілю до визначення критичного переміщення його кінця

Отже, розроблений математичний апарат дає змогу визначати конструктивні параметри елементів ПЛ за допомогою чисельного розв'язку нелінійного трансцендентного рівняння із використанням виразу  $\Delta x_{kp}$  [13].

Характеристики монолітного полікарбонату:

*Стійкість до погодних умов*

Монолітному полікарбонату не страшні, а ні сильні поривчасті вітри, а ні завірюха. Він має спеціальне покриття, яке забезпечує нейтралізацію ультрафіолетового випромінювання. Це сприяє більш тривалому терміну експлуатації і робить його придатним для укриття автовокзалу.

Панелі з полікарбонату монолітного мають вибіркоче світлопропускання. Досягнення такого ефекту на поверхню листа методом екструзії наноситься захисне покриття. Товщина даного шару достатня для затримки та поглинання випромінювання з ультрафіолетової частини спектру, при цьому видиме та м'яке інфрачервоне світло вільно проникає через перешкоду. Залежно від марки плити захисне покриття наноситься з одного або з обох боків.

Технологія екструзії, що використовується, виключає можливість відшарування його від основи внаслідок взаємопроникнення матеріалів. Інша технологія захисту панелі від впливу UF випромінювання полягає у застосуванні спеціальних добавок стабілізаторів до об'єму пластику. Цей спосіб захисту полімеру дорожчий, але його ефективність значно вища.



Для запобігання монолітного полікарбонату від пошкоджень на час зберігання і транспортування він обклеюється поліетиленовою плівкою. На ній вказується марка панелі та сторона, на яку нанесено захисне покриття. Плівка знімається безпосередньо в процесі монтажу або відразу після нього, інакше її складно видалити з поверхні панелі.

### *Ударостійкість*

Панелі такого типу дуже виділяються своєю міцністю. В порівнянні зі склом, монолітний полікарбонат приблизно в 250 разів міцніший. В наш час його частіше встановлюють там, де потрібно міцне скління. Найбільша актуальність його установки замість скла в тих місцях, де на них буде вплив сильного тиску.

Панелі відрізняються здатністю протистояти різноманітним навантаженням протягом значного періоду часу. Сертифікація полікарбонату за показниками механічної міцності здійснюється відповідно до вимог українських, американських та міжнародних стандартів.

До переваг цього матеріалу слід згадати такі:

- Межа міцності полімеру при згинанні перевіряється ISO 178 і становить величину до 95 МПа в залежності від марки;
- Модуль пружності при цьому випробуванні знаходиться в межах 2600 МПа;
- Межа міцності листа під час перевірки на розрив відповідно до ISO 527-60 МПа;
- Модуль пружності при таких навантаженнях - до 2200 МПа при відносному подовженні зразка в окремих випадках сягає 100 %;
- В'язкість монолітного полікарбонату під час проведення випробувань за методикою Шарлі для виробу з надрізом певної глибини становить не більше 30 – 40 кДж/м<sup>2</sup>;
- Аналогічний показник Ізоду знаходиться в межах від 600 до 800 Дж/м.

Граничні напруження для полікарбонату наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Граничні напруження для полікарбонату

Характер деформацій	Граничні напруження, МПа		
	При статичному навантаженні	При ударному короткостроковому навантаженні	При довгостроковому динамічному навантаженні
Розтяг	2,5- 3,0	3,5- 5,0	2,0- 3,0
Стиск	5,0- 7,0	6,0- 8,0	2,5- 3,5
Паралельний зсув	4,0- 6,0	5,0- 7,0	2,0- 2,5
Зсув з поворотом	3,5- 5,0	4,0- 5,0	1,0- 1,5
Зсув із скрученням	3,5- 5,0	3,0- 4,0	1,0- 1,5

Листовий полікарбонат має високу стійкість до ударних впливів. Так, при проведенні випробувань без попереднього надрізу матеріалу він залишився цілим при максимальних досяжних навантаженнях в умовах лабораторії. Особливо міцні панелі використовуються для виготовлення захисних виробів та засобів для забезпечення безпеки громадян та правоохоронців.

Полікарбонат монолітний на відміну від скла здатний згинатися за нормальних умов середовища. Зазначена властивість матеріалу широко використовується при виготовленні різноманітних закруглених конструкцій: навісів, огорож тощо. Ця якість характеризується граничним радіусом вигину, який залежить від товщини листа (див. рис. 2.4) [11].

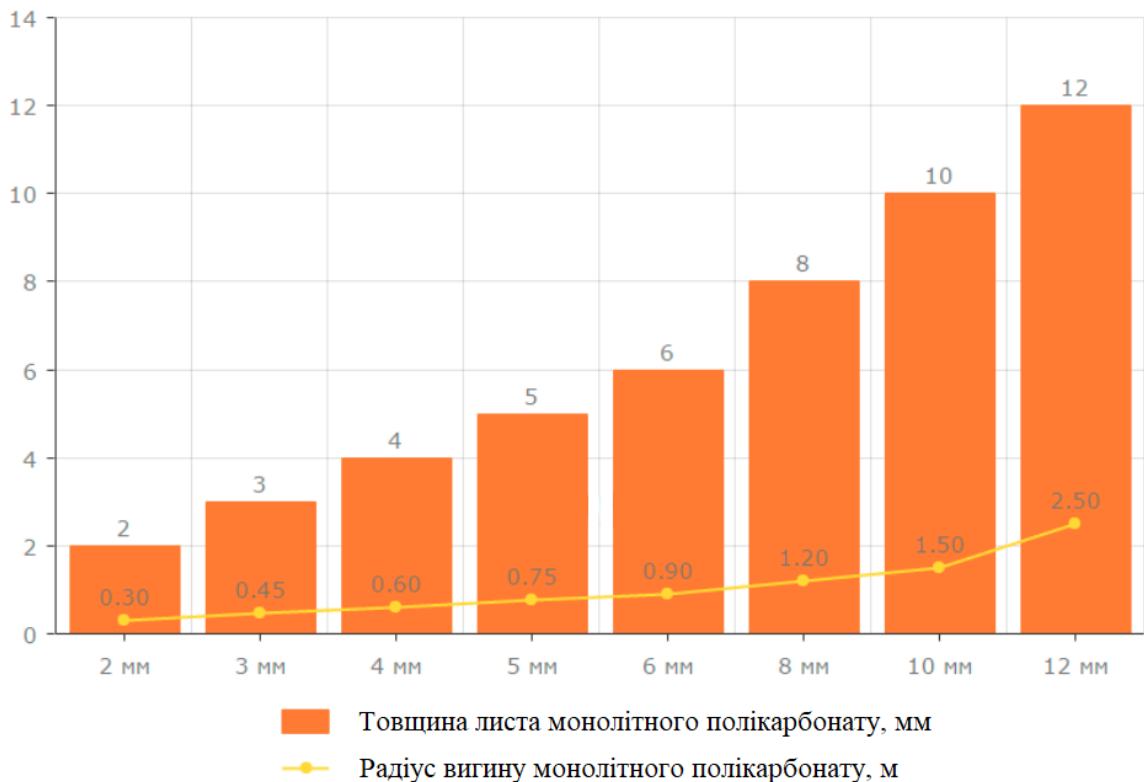


Рисунок 2.4 – Залежність максимально можливого радіусу вигину від товщини листа монолітного полікарбонату.

### *Втілення різних дизайнерських рішень*

Завдяки гарній гнучкості матеріалу з нього можна споруджувати конструкції різної форми, такі як, напівкруглі навіси, козирки, дахи і навіть хвилясті поверхні.

Мінімальний радіус згинання аркуша залежить від його товщини:

$$R_{\text{хв.}} = 175 * t, \quad (2.8)$$

де  $t$  – товщина листа.

### *Вага, товщина і розміри*

Низька вага полікарбонатних листів спрощує їх транспортування і монтаж. Порівнюючи зі склом такий лист буде в два рази легший.

Промисловість пропонує велику номенклатуру прозорих та світлопроникних панелей найрізноманітніших кольорів. Монолітний

полікарбонат характеристики, якого унікальні за багатьма показниками, має щільність 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Це значно нижче, ніж у шибки, що має більш ніж удвічі перевищує питому вагу. Ця обставина дозволяє значною мірою полегшити багато будівельних конструкцій за умови збереження їх механічної міцності на належному рівні. Стандарні розміри полікарбонатних панелей наведено у таблиці 2.2.

Знання такого показника, як вага одного квадратного метра монолітного полікарбонату, необхідне для визначення маси покрівельного матеріалу при проведенні розрахунково-проектних робіт (див. рис. 2.5) [11].

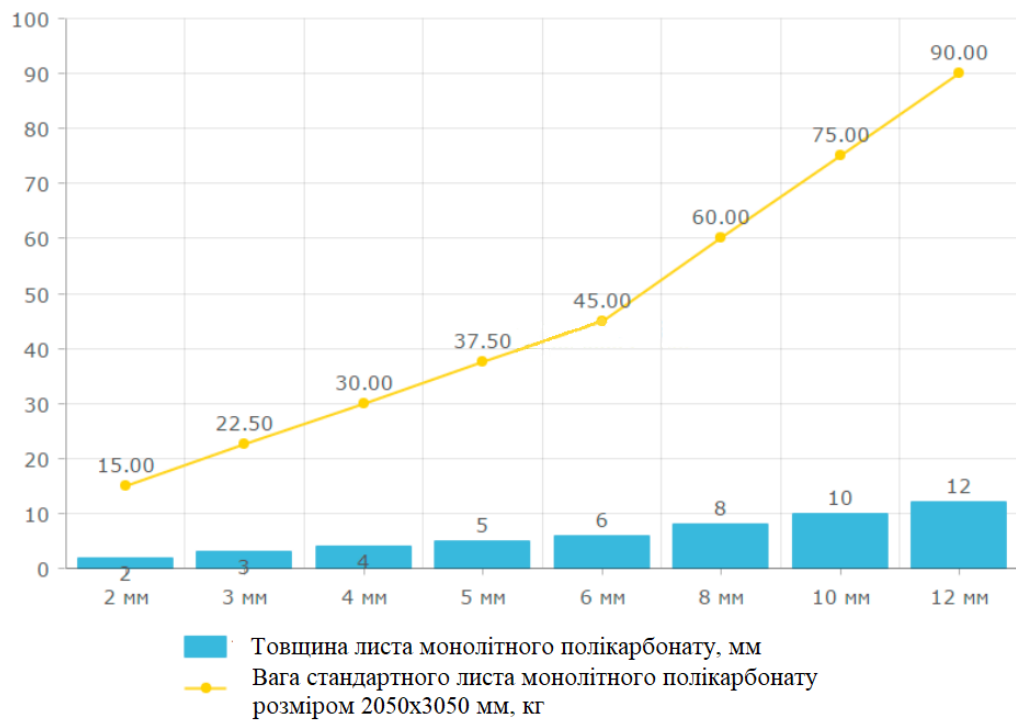


Рисунок 2.5 – Залежність ваги стандартного листа монолітного полікарбонату розміром 2050x3050 мм від його товщини.

Таблиця 2.2 – Стандарні розміри полікарбонату

Вид матеріалу	Товщина листа, мм	Габаритні розміри, мм
Стільниковий полікарбонат	4, 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32	2100 × 6000, 2100 × 12000
Монолітний полікарбонат	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12	2050 × 3050

При монтажі полікарбонату на вулиці, необхідно враховувати термічне розширення листів, що характеризується показником термічного розширення  $a = 0,065 \text{ мм/м } ^\circ\text{C}$ .

Зміна розміру аркуша розраховується за формулою:

$$DL = L \times a \times Dt, \quad (2.9)$$

де  $L$  – початкова довжина листа (м),

$Dt$  – діапазон зміни температур, зазвичай приймається рівним  $60 \text{ } ^\circ\text{C}$  (від  $-30^\circ$  до  $+30^\circ$ ).

Т. о. зміна розміру листа полікарбонату становить  $3,9 \text{ мм/м}$  при  $Dt=60^\circ\text{C}$ .

#### *Стійкість до перепадів температури*

Такий полікарбонат може бути використаний при температурі до  $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$  за умови відсутності механічних навантажень, при  $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$  цей матеріал здатний витримувати навіть ударні дії.

Теплостійкість більшості марок полікарбонатів становить до  $+120 \text{ } ^\circ\text{C}$  в окремих зразків цей показник доходить до  $+150 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Як і всі матеріали при нагріванні полімер збільшується у розмірах, коефіцієнт теплового лінійного розширення визначається за спеціальною методикою. Для монолітного полікарбонату його величина становить  $6,5 \times 10^{-5} \text{ м/}^\circ\text{C}$ , що дозволяє його використовувати для виготовлення особливо відповідальних зовнішніх конструкцій. Вони успішно працюють в умовах із значними перепадами температур.

#### *Стійкість до хімічних речовин*

Монолітний полікарбонат є полімером, здатним ефективно протистояти деструктивним факторам навколишнього середовища. Матеріал є інертним по відношенню до багатьох агресивних середовищ, і ця його здатність залежить від температури та концентрації речовин [11].

Панелі відрізняються високою хімічною стійкістю по відношенню до наступних сполук:

– органічні та неорганічні кислоти та розчини їх солей;

- відновники та окислювачі різних видів;
- спирти та синтетичні миючі засоби;
- органічні жири та паливно-мастильні матеріали.

Разом з тим, деякі хімічні сполуки здатні вступати в реакцію з полімером, що призводить до поступового руйнування панелей. Стійкість полікарбонату до певних рідин приведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Стійкість полікарбонату

Оцтова кислота	+	Гексан	+
Кухонна сіль	+	Перекис водню, концентрація до 30%	+
Бутиловий спирт	+	Бензин, дизпаливо та мінеральні олії	+
Етиловий спирт	+	Аміак	–
Соляна кислота, до 20%	+	Бутилацетат	–
Пропан	+	Діетиловий спирт	–
Борна кислота	+	Метиловий спирт	–
Перманганат калію, макс. конц. 10%	+	Лужні розчини	–
Знак «+» у таблиці означає стійкість матеріалу до тривалого впливу вказаної речовини.			

### *Звукоізоляція*

Панелі полікарбонату відмінно справляються з поглинанням шуму, через це вони дуже часто використовуються там, де потрібно ізолювати будинок чи споруду від зайвих звуків.

Полікарбонат монолітний має в'язку внутрішню структуру плити і через цю особливість здатний ефективно поглинати звуки. За результатами вимірювань рівень шумоізоляції для плит товщиною від 4 до 12 мм

коливається в межах з мінімальним значенням 18 дБ і максимальним 23 дБ [11].

Полікарбонат монолітний має більш низьку щільність, ніж шибка і як наслідок здатний значно послаблювати звукові хвилі особливо низькочастотного діапазону. Ця властивість матеріалу дозволяє його використовувати для виготовлення та встановлення звукопоглинаючих екранів вздовж жвавих автомобільних доріг. Коефіцієнт акустичної ізоляції відповідно до NFS 31051 приведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт акустичної ізоляції

Товщина листа	4 мм	6 мм	8 мм	10 мм	16 мм К	25 мм К
А, дБ	15	15	16	17	21	22

#### *Пожежні характеристики*

Полікарбонат володіє низькою горючістю, що забезпечить господарів від пожежі.

Полікарбонат під впливом відкритого полум'я та при перевищенні певної температури починає плавитися і відбувається його загоряння. При припиненні зовнішнього впливу цей процес мимоволі згасає. Панелі з полімерного матеріалу мають такі особливості в плані забезпечення пожежної безпеки:

- стійкість до впливу високих температур та відкритого вогню;
- у процесі горіння утворення диму мінімальне;
- продукти згоряння не відрізняються токсичністю;
- показник кисневого індексу матеріалу становить 28-30%.

Полікарбонат монолітний відноситься до категорії самозагасних матеріалів. Це дозволяє його віднести до категорії V-1 (B1) з пожежної безпеки відповідно до вимог стандартів UL-94 та DIN 4102. При цьому в процесі виробництва матеріалу не використовується жодних антипіренів та інших добавок.

### *Світлопропускання*

Промисловість випускає кілька видів полікарбонату з різними показниками проникності для сонячних променів та штучного освітлення. По світлопропусканню прозорі панелі мають такі показники від 86 до 89%. При цьому введення в матеріал спеціальних добавок дозволяє змінити оптичні властивості матеріалу і досягти максимального поглинання променів ультрафіолетової частини спектру [11].

Інші оптичні показники полікарбонату характеризують рівень його прозорості, що приведені у таблиці 2.5. Так, індекс жовтизни для безбарвних зразків становить трохи більше однієї одиниці, а ступінь каламутності вбирається у 0,5 %. Панелі з цього полімеру нітрохи не поступаються кремнієвому склу, і поряд з іншими перевагами вони зберігають свої властивості протягом усього терміну експлуатації.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт світлопропускання

Товщина листа	4 мм	6 мм	8 мм	10 мм	16 мм	16 мм К	25 мм К
Прозорий	89	89	88	88	87	87	86
Бронза	-	-	44	42	29	29	22
Опал	73	64	64	62	57	57	54

### *Екологічні параметри*

Монолітний полікарбонат виготовляється із сировинного грануляту на спеціальному устаткуванні із закритим технологічним циклом. Даний спосіб виготовлення панелей дозволяє мінімізувати негативні впливи на навколишнє середовище. Сам по собі матеріал відрізняється хімічною інертністю і не виділяє будь-яких шкідливих та небезпечних речовин для людини та тварин.

Монолітний полікарбонат за своїми екологічними характеристиками рекомендований для застосування всередині житлових приміщень. Спеціальні марки панелей виготовляються спеціально для застосування в



медицині та фармацевтичній промисловості. Допускають використання даного матеріалу в будівництві для виконання зовнішньої та внутрішньої обробки.

### *Теплоізоляція*

Монолітний полікарбонат не відноситься до категорії матеріалів, призначених для зниження втрат енергії через будівельні конструкції, що захищають. Разом з тим ці панелі мають нижчу теплопровідність, ніж звичайне шибку. Для полікарбонату зазначена характеристика має величину 0,2 Вт/мК, вимірювання проводилися за методикою, затвердженою стандартом DIN 52612. Віконне скло має велику теплопровідність (див. рис. 2.6).

У цьому слід враховувати, що ізоляційні властивості матеріалу зростають із збільшенням його товщини. Так, за інших рівних умов лист монолітного полікарбонату в 8 мм майже на 20 % ефективніший за аналогічне скло. Ще більша різниця спостерігається при встановленні двох і більше панелей з повітряним прошарком між ними. В останні роки цей полімер все частіше використовується в склопакетах замість традиційного скла.

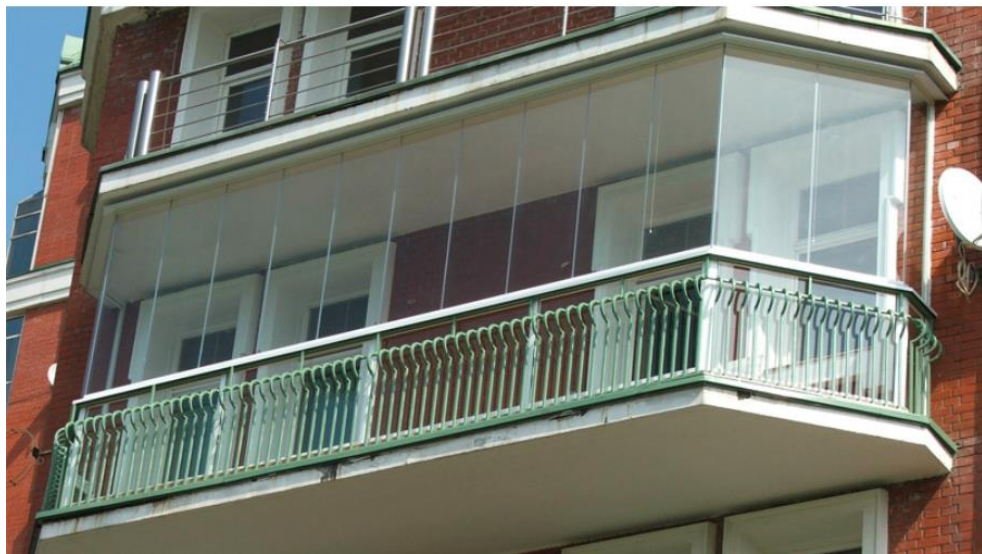


Рисунок 2.6 – Балкон застлений монолітним полікарбонатом.

Коефіцієнт теплопередачі ширини листа приведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнт теплопередачі ширини листа:

Коефіцієнт теплопередачі							
Товщина листа	4 мм	6 мм	8 мм	10 мм	16 мм	16 мм К	25 мм К
(Вт/кв.мС)	3,9	3,6	3,4	3,1	2,3	2,0	1,7

За відсутності джерел теплового нагрівання, рівняння збереження енергії може бути записане так:

$$\frac{d}{dt} \int_{\Omega} \rho w^{int} + (0,5\rho v \cdot v) d\Omega = \int_{\Omega} v \cdot \rho b d\Omega + \int_{\Gamma} v \cdot t d\Gamma \quad (2.10)$$

Перетворене рівняння збереження енергії для деформованого твердого тіла записане у вигляді:

$$\rho \frac{d}{dt} w^{int} \left[ \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right] \quad (2.11)$$

На границі тіла  $\Gamma_f$  рухомі граничні умови описані рівнянням:

$$\sigma_{ij} n_j = t_i(t) \quad (2.12)$$

де  $n_j$  – зовнішньоспрямована нормаль до границі твердого тіла.

Для граничних умов, що описують деформацію на границі твердого тіла, застосовуване рівняння:

$$x_i(X, t) = \bar{x}_i(t) \quad (2.13)$$

### *Стійкість до вологості*

Монолітний полікарбонат негігроскопічний, інакше кажучи, полімер не поглинає воду. Дана властивість уможливорює його використання в приміщеннях з високою вологістю повітря в теплицях, парниках, басейнах та інших спорудах такого роду. Для запобігання утворенню конденсату на внутрішній поверхні плити в процесі виробництва може наноситися спеціальна полімерна плівка. Спеціальні марки матеріалу мають відповідні позначення на захисній плівці та під час монтажу встановлюються покриттям усередину.

### *Термін експлуатації*

Панелі з полікарбонату монолітного виготовляються з гранул методом екструзії або лиття під тиском.

Термін експлуатації даного матеріалу визначається такими факторами:

- якістю сировини та дотриманням технічних умов виготовлення;
- правильністю монтажу;
- кліматичними умовами та впливом несприятливих факторів

середовища.

Різні виробники декларують свої терміни використання матеріалу, мінімальний показник перевищує 10 років. Дослідження, проведені у спеціалізованій лабораторії, показали довготривале опромінення (понад 2000 годин) спричиняє зниження проникності панелі менш ніж на 10%. Це відповідає приблизно 20 рокам експлуатації полікарбонату у пустельних районах Аризони чи Ізраїлю. Фізико-механічні властивості полікарбонату приведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Фізико-механічні властивості полікарбонату

Модуль Юнга	2200	МПа
Модуль зсуву	700	МПа
Міцність на розрив	70	МПа
Подовження	95	%
Міцність на стиск	86	МПа
Втома	39	МПа
Міцність на вигин	90	МПа
Твердість	121.5	Роквелл
Ударна міцність	8	Дж/см
Межа текучості	60	МПа
Теплове розширення	68	Е <sup>-6</sup> /К
Теплопровідність	0,2025	Вт/м*К
Питома теплоємність	1380 рік	Дж/кг*К
Vicat	170	°С
Температура плавлення	267	°С

Продовження таблиці 2.7 – Фізико-механічні властивості полікарбонату

Температура скла	150	°C
Мінімальна робоча температура	-135	°C
Максимальна робоча температура	130	°C
Щільність	1210	кг/м <sup>3</sup>
Питомий опір	2,1E+20	Ом*мм <sup>2</sup> /м
Можливість поломки	41	кВ/мм
Коефіцієнт діелектричних втрат	0,00075	
Коефіцієнт тертя	0,445	
Показник заломлення	1,586	
Усадка	0,75	%
Водопоглинання	0,15	%

#### *Колірна гама панелей*

Виробники монолітного полікарбонату пропонують своїм клієнтам окрім прозорих листів також і пофарбовані. У різних компаніях колірна гама плит може значно відрізнятись від продукції конкуруючих підприємств (див. рис. 2.7-2.12) [11].

Найбільшого поширення набули такі кольори плит:



Рисунок 2.7 – Прозорий

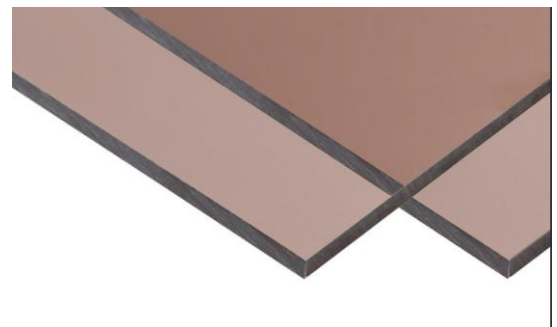


Рисунок 2.8 – Бронзовий



Рисунок 2.9 – Чорний



Рисунок 2.11 – Молочний



Рисунок 2.10 – Червоний

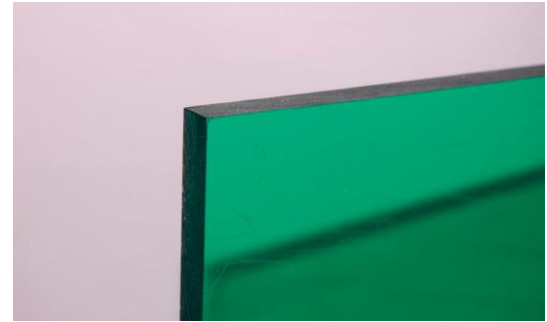


Рисунок 2.12 – Зелений

Фарбування панелі проводиться шляхом введення пігменту масу матеріалу безпосередньо перед формуванням. Така технологія забезпечує високу однорідність кольору та значну довговічність. Фарбувальний склад рівномірно розподіляється у всьому обсязі панелі, що захищає його від вигорання. Окремі компанії виробники даного матеріалу пропонують інші кольорові рішення за індивідуальним замовленням.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (2.14)$$

$$\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}, \quad (2.15)$$

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min} \quad (2.16)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для

термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ ;

$R_{q\min}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі прозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ ;

$\Delta\theta_{\text{int-si}}$  – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$  – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\theta_{\text{si,tb,min}}$  – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\theta_{\text{si,min}}$  – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

При новому будівництві що веде до зміни функціонального призначення, житлових або громадських будівель в цілому, чи їх відокремлених частин (за умови їх автономності) при застосуванні системного принципу проектування відповідно ДБН В.2.6-31:2021 [14] та ДБН В.1.2-11:2021 [15] допускається застосовувати огорожувальні конструкції із зниженими значеннями приведенного опору теплопередачі до рівня 80 % від  $R_{q\min}$ , при цьому повинні виконуватись умови за формулою (2.14), при обов'язковому виконанні для цих елементів теплоізоляційної оболонки умов за формулами (2.15) та (2.16) [14]. Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{q\min}$  наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{qmin}$

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qmin}$ , $m^2 \cdot K/Вт$ , для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

#### *Складність монтажу конструкцій із монолітного полікарбонату*

Даний матеріал відрізняється простотою та зручністю при виготовленні, формуванні та кріпленні деталей. Для роботи з монолітним полікарбонатом можуть застосовуватись ручні або електричні інструменти зі сталеву ріжучою поверхнею. Важливо, щоб дискові або стрічкові пилки мали правильне заточування.

Для професійного використання рекомендуються інструменти з твердосплавними або карбідними напайками з охолодженням місця різання або свердлінням стисненим повітрям.

При виготовленні конструкцій з монолітного полікарбонату допускаються такі способи обробки матеріалу:

- фрезерування;
- різання дисковою, стрічковою пилкою або ножицями;
- свердління або пробивання отворів спеціальним пристроєм;
- різання матеріалу за допомогою лазера.

Листи монолітного полікарбонату можуть піддаватися холодному та гарячому формуванню. При цьому мінімально допустимий радіус вигину має у 150 разів перевищувати товщину панелі. Заокруглення листа слід проводити виключно вздовж лінії екструзії. Правильне напрям вигину обов'язково вказується на захисній плівці, яка видаляється у процесі монтажу.

Кріплення листів до будівельних конструкцій може здійснюватися за допомогою самонарізних шурупів з прес-шайбою та полімерними або гумовими прокладками. Окремі панелі між собою з'єднуються за допомогою спеціальних розчинників, зварювання та інші способи. Правильний монтаж монолітного полікарбонату забезпечує можливість його застосування протягом усього терміну експлуатації.

## **2.2 Галузь застосування полікарбонату**

Неможливо уявити життя сучасних людей, де не було б пластику. Найчастіше в промисловості та побуті зустрічається полікарбонат – практичний та довговічний полімер, створений на основі солей вугільної кислоти. Він буває різних кольорів, товщини, ступеня прозорості та міцності, має високу стійкість до зовнішніх впливів.

В силу своєї багатofункціональності полікарбонат використовується в різних галузях промислового виробництва. На сьогоднішній день не залишилося такої галузі, яка не використовує цей полімер.

Стільниковий та монолітний пластик сьогодні широко застосовується практично у всіх сферах життя людини. Наприклад, власники присадибних ділянок давно оцінили позитивні якості теплиць з полікарбонату, які на відміну від скла та плівки можуть прослужити кілька не менше 10 років і здатні краще захистити рослини, що вирощуються.



Також полікарбонат можна зустріти і в інших галузях:

### *Транспорт*

На вулицях та дорогах із міцного полікарбонату можна зустріти зупинки автобусів та тролейбусів, дорожні покажчики, охоронні щити та дахи над переходами, а також автомобільні фари.

На дорогах знаходиться безліч споруд, які служать для безпеки дорожнього руху (див. рис. 2.13).

Як стільникові, так і монолітні панелі використовуються для виробництва:

- зупинок для громадського транспорту;
- укриття для пішохідних переходів над автострадами;
- дорожніх знаків та вказівників;
- захисних щитів уздовж доріг;
- лінз для приладів підсвічування дорожньої обстановки та світлофорів.

Пластикове покриття стійке до хімічно активного дорожнього середовища і не б'ється від попадання каменів, що відлетіли від коліс.



Рисунок 2.13 – Шумозахисні екрани

### *Сільське господарство*

Окрім теплиць та парників, із полікарбонату виготовляють прозорі покрівлі над фермами, що допомагає значно економити фінанси на освітленні та опаленні комплексів (див. рис. 2.14).

Стільниковий пластик став втіленням мрії аграріїв про легкий, міцний і прозорий листовий матеріал. Його використання при будівництві парників та теплиць дозволило відійти від такого ненадійного облицювання, як скло або целофан. Вертикальне та горизонтальне скління парників та теплиць стільниковими плитами дозволило значно знизити теплові втрати, покращити освітленість та підняти врожайність.

Створення прозорих дахів над тваринницькими комплексами та птахофермами значно знижують витрати фермерів на освітлення та обігрів приміщень.



Рисунок 2.14 – Теплиця із полікарбонату

### *Спорт та розваги*

З цього полімеру роблять шоломи для хокеїстів, мотогогонщиків та велосипедистів (див. рис. 2.15), а також захисні борти на катках та стадіонах, а для розважальної індустрії конструюються надійні та вогнестійкі декорації. Ударна в'язкість матеріалу дозволяє створювати міцні дахи та антивандальні конструкції.

Крім цього, полікарбонат знайшов себе у харчовій, хімічній галузях, медицині, електроніці та будівництві. З нього роблять посуд, тару для

зберігання та транспортування ліків, корпуси приладів, ізолюючі матеріали та навіть протези. А доступна ціна полікарбонату дозволила стати йому безперечним лідером серед термопластів та зайняти своє місце практично у всіх галузях промисловості.



Рисунок 2.15 – Шолом із полікарбонату

#### *Харчова промисловість*

Харчова промисловість є ще однією галуззю, де використовують полікарбонат. Біологічна інертність пластику дозволяє робити з нього посуд, що не б'ється, і столові прилади, які можна без побоювання використовувати в мікрохвильовій печі (див. рис. 2.16). Через низьку теплопровідність полімерного посуду, їжа в ній довго не остигає. Місткості з цього матеріалу ідеально підходить для зберігання різних рідин [16].



Рисунок 2.16 – Посуд із полікарбонату

### *Медицина*

Стійкість полікарбонату до впливу температури та різних факторів навколишнього середовища призвела до підвищення попиту на нього у сфері охорони здоров'я (див. рис. 2.17).

З цього пластику виготовляються:

- різні посудини для зберігання ліків та медикаментів;
- корпуси для медичних приладів та обладнання;
- штучні суглоби для опорно-рухового апарату;
- зубні протези;
- деталі для різних за призначенням машин.



Рисунок 2.17 – Катетори із полікарбонату

### *Електроніка*

Полімерний пластик не проводить електричний струм. Це його властивість, разом з прозорістю і міцністю, знайшло застосування у виготовленні різних електричних приладів та ізолюючих матеріалів (див. рис. 2.18). Вироби з полікарбонату не вбирають воду та не змінюють своїх параметрів у різних умовах. Це зумовило застосування полімерів для виготовлення точних приладів.

Високі технології продовжують удосконалюватись також завдяки полікарбонату. З нього виготовляються екрани моніторів, стільникових телефонів та телевізорів. Жорсткі диски для персональних комп'ютерів, виготовлені з полікарбонату, виконують свої завдання [16].

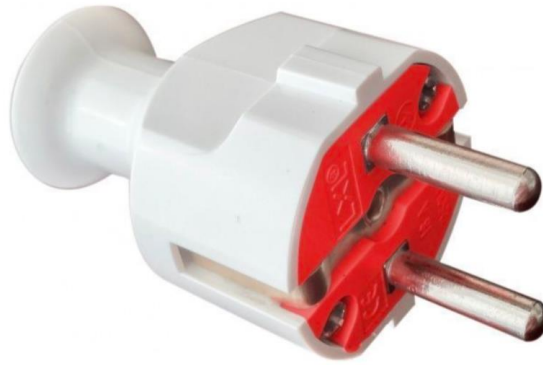


Рисунок 2.18 – Електровилка із білого полікарбонату

### *Хімічна промисловість*

У цій галузі виробництва завжди існувала потреба у надійних ємностях для зберігання та транспортування агресивних рідин. Ємності, судини та трубопроводи з полікарбонату стали оптимальним варіантом для вирішення багатьох проблем (див. рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Полікарбонатна ємність для зберігання рідин

На сьогоднішній день полімерний пластик є безперечним лідером серед прозорих виробів у багатьох галузях промисловості [16].

### *Інші області*

Сьогодні полікарбонат настільки міцно увійшов у наше життя, що навіть мешканці віддалених селищ щодня стикаються з виробами, частиною яких є цей пластик. З полікарбонату також виготовляють кулькові ручки,

ліхтарики, комп'ютерні миші, праски, чайники, пробки для винних пляшок, деталі для меблів, ємності для питних рідин і навіть пакувальну плівку [12].

### *Будівництво*

Завдяки міцності та прозорості цей матеріал використовується для скління, виготовлення покрівлі та розмежування внутрішнього простору приміщень (див. рис. 2.20). Це можуть бути легкі та мобільні офісні та душові перегородки. Також широко поширені захисні маски і окуляри з цього полімеру.



Рисунок 2.20 – Покриття із полікарбонату

Будівельна галузь є основним споживачем полікарбонату. Величезні площі нових будівель, які будуються по всій країні, вимагають великої кількості надійного прозорого матеріалу для скління. Застосування полікарбонату у будівництві обумовлено його міцністю та прозорістю.

Покрівлі зі стільникового пластику товщиною 32 мм і 40 мм легко протистоять ударам граду, сніговому та вітровому навантаженню. Що стосується теплоізоляції, то таке покриття еквівалентно якісному двокамерному склопакету.

У будівництві застосування полікарбонату потрібне в офісних будівлях, де він використовується для створення прозорих стін і перегородок, суттєво прискорюючи хід будівництва та зменшуючи вагу будівлі:

Панорамні вікна на всю стіну стають нормою при зведенні будинків різного призначення: фото про застосування полікарбонату з цією метою розкривають можливості оформлення вертикальних поверхонь.

Полікарбонат широко використовується в будівництві та будівельних виробках, вікнах, мансардних вікнах, стінових панелях, куполах даху, зовнішніх елементах для світлодіодного освітлення. Полікарбонат налічує низку якостей, через що він дуже корисний у багатьох сферах застосування: він легкий і міцний, має високу оптичну прозорість, високу термостійкість, ударостійкість, а також чудову стійкість до займистості.

Будівельні застосування, які використовують переваги високої продуктивності полікарбонату (див. рис. 2.21):

1. Полікарбонат використовують замість скла в різноманітних віконних і мансардних вікнах. Полікарбонатні панелі та листи дозволяють природному світлу проникати в будівлю, і їх також можна тонувати, зменшуючи сонячне світло, яке відбивається всередині будівлі, і допомагає мінімізувати витрати на охолодження всередині влітку. Залежно від розміру, типове скління вікон і дахів із використанням багатостінної полікарбонатної плівки з інфрачервоним контролем сонячного випромінювання може допомогти зменшити тепло всередині приміщення, що призведе до економії енергії в середовищі з контрольованою температурою.



Рисунок 2.21 – Національний стадіон (Пекін)

2. Від непрозорих облицювальних панелей до навісів, бочкоподібних склепінь, мансардних вікон, напівпрозорих стін і вивісок, куполів на дахах і жалюзі, полікарбонатні листові вироби розроблені та доступні в широкому діапазоні товщини, структурної міцності та конфігурацій, які також відповідають вимогам LEED®. З полікарбонату можна формувати різноманітні складні форми за допомогою термоформування, технології термопластичного формування на основі тепла. Лист полікарбонату також можна згинати холодним способом, як і метал. Різноманітні процеси формування полікарбонату сприяють багатьом елементам будівництва, від підкреслених кривих для арок до простих панелей.

3. Світлодіодне освітлення є найкращим вибором для освітлення будинків і підприємств, пропонуючи енергоефективність, довговічність і тривалий термін служби. Як зовнішній елемент для світлодіодного освітлення, полікарбонатний пластик є міцним, а його кришталева прозорість зберігається протягом багатьох років. Інші переваги полікарбонатного пластику в світлодіодному освітленні включають термостійкість, прозорість, стійкість до ударів, низьку горючість і підвищену енергоефективність.

4. Полікарбонат використовується в захисному склінні — для зміцнення в'язниць, будок для охоронців, щитів банківських кас, магазинів, віконниць проти ураганів, облаштування хокейних майданчиків тощо. Зокрема, ударна міцність полікарбонату робить його чудовим вибором для застосування у сфері безпеки, включаючи вибухо- та куленезахисне скління. Прозорий, як скло, він також має перевагу перед альтернативами, такими як дротяне скло та металеві екрани. При використанні в багатошаровому форматі полікарбонат забезпечує значну ізоляцію, що призводить до підвищення енергоефективності. При обробці за технологією захисту від сонця полікарбонат також забезпечує захист від ІЧ-випромінювання, а також може підвищити енергоефективність.

5. Полікарбонат широко використовується на дахах спортивних стадіонів, щоб захистити вболівальників від поганої погоди – і дозволити грі



тривати – водночас пропускаючи природне освітлення та економлячи енергію.

Прозорі та пофарбовані пластикові панелі набувають все більшої популярності у споживача і все частіше стає заміною силікатному та кварцовому склу. Монолітний полікарбонат, застосування якого в будівництві постійно розширюється, потрібний і в інших галузях (див. рис. 2.22) [17].



Рисунок 2.22 – Стільці із полікарбонату

Основні області використання прозорих та пофарбованих панелей такі:

1. Виготовлення світлових куполів у будівлях та на вулиці (див. рис. 2.23);



Рисунок 2.23 – Світловий купол

2. Скління вертикальних поверхонь під час зведення житлових будинків та громадських будівель (див. рис. 2.24);



Рисунок 2.24 – Скління вертикальних поверхонь

3. Влаштування навісів, козирків над входними дверима та зупинок маршрутного транспорту (див. рис. 2.25);



Рисунок 2.25 – Навіс із полікарбонату

4. Скління терас та інших споруд складної форми із вигином панелей (див. рис. 2.26);



Рисунок 2.26 – Тераса складної форми із полікарбонату

5. Влаштування куполів над зовнішніми басейнами (див. рис. 2.27);



Рисунок 2.27 – Купол над басейном

6. Виготовлення звуковбирних бар'єрів уздовж транспортних магістралей, що дозволяє значно зменшити рівень шумів (див. рис. 2.28);



Рисунок 2.28 – Звуковбирний бар'єр

7. Виробництво теплиць, парників та зимових садів (див. рис. 2.29);



Рисунок 2.29 – Парник із полікарбонату

8. Монтаж перегородок в офісах, торгових, музейних та виставкових залах, а також на промислових підприємствах (див. рис. 2.30);



Рисунок 2.30 – Офісні перегородки із полікарбонату

9. Виготовлення зовнішніх рекламних засобів та табло на стадіонах, вокзалах та інших громадських місцях (див. рис. 2.31);



Рисунок 2.31 – Рекламне табло

10. Влаштування прозорих підлог з підсвічуванням (див. рис. 2.32);

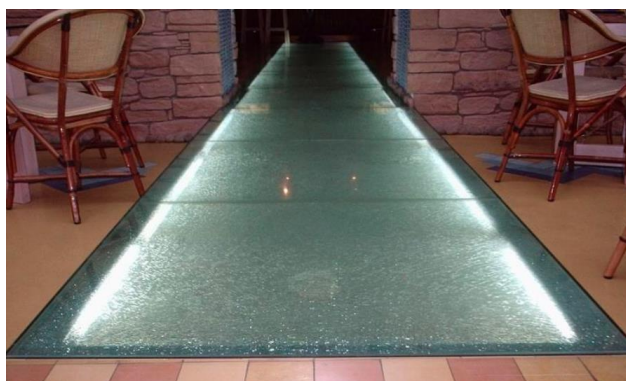


Рисунок 2.32 – Прозора підлога

11. Огородження для сходів та балконів (див. рис. 2.33);



Рисунок 2.33 – Огородження балкону

12. Встановлення захисних загорож над бортами хокейних майданчиків (див. рис. 2.34);



Рисунок 2.34 – Захисна огорожа хокейного майданчика

Використання полікарбонату при будівництві автовокзалу у місті Запоріжжя ґрунтується на його високих фізико-механічних показниках, таких як висока міцність, шумо- та теплоізоляція та інших. Використання полікарбонату на такому об'єкті, як автовокзал обумовлюється змінами потреб населення. Інноваційна технологія улаштування полікарбонату базується на простоті монтажу полікарбонатних панелей та листів. Використання монолітного полікарбонату при зведенні автовокзалу складної форми (див. рис. 2.35), через його гарні гнучкі властивості та естетичний вигляд, дозволяє скоротити трудовитрати на виконання монтажних робіт.

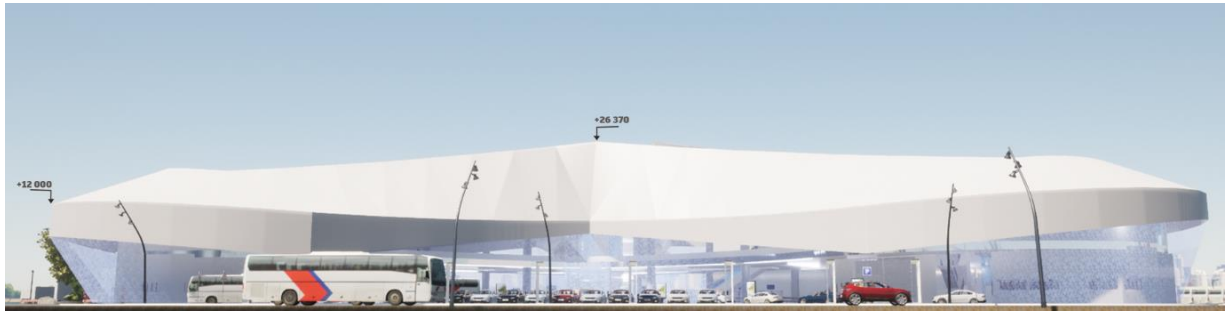


Рисунок 2.35 – Фасад автовокзалу

Влаштування покрівлі з панелей полікарбонату (див. рис. 2.36) дозволить зменшити потреби освітлення та обігріву автовокзалу, через його великі світлопрозорі, шумо- та теплоізоляційні властивості. Полікарбонату не страшні град чи завірюха. Панелі будуть виконувати функції захисту від атмосферних впливів на об'єкт, а також захищати відвідувачів від УФ-випромінення, через спеціальне захистне покриття.

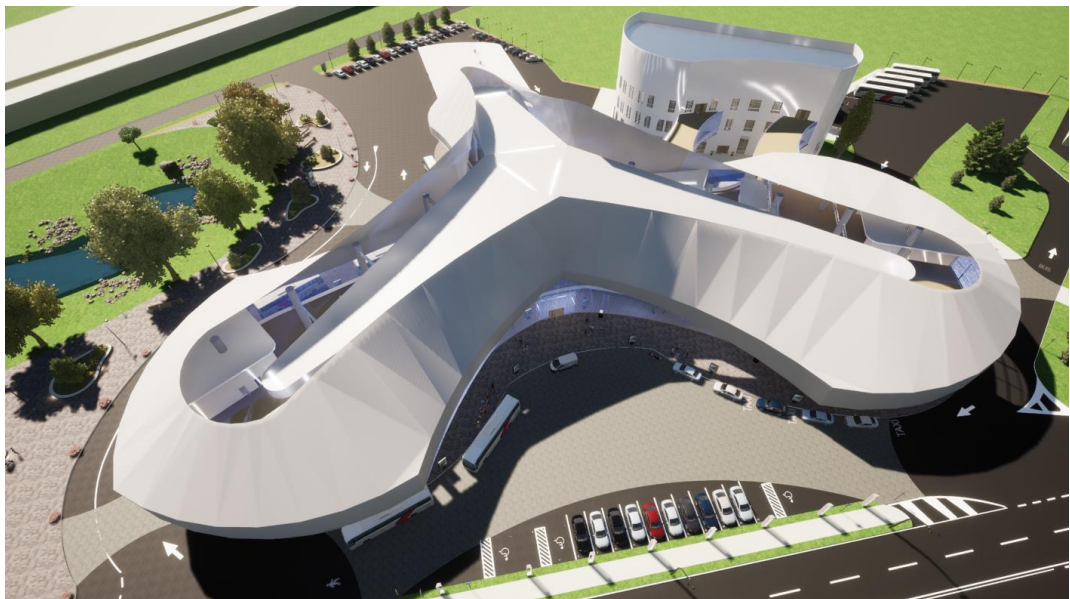


Рисунок 2.36 – Вид зверху автовокзалу у місті Запоріжжя

Огороджуючі конструкції автовокзалу виконані з полікарбонату, через складну форму автовокзалу, для досягнення естетичних та культурних потреб суспільства та своїми унікальними властивостями, гнучкістю конструкції за планом проекту (див. рис. 2.37).



Рисунок 2.37 – Огороджуючі конструкції

Запроектовані панорамні вікна при будівництві автовокзалу складної форми у місті Запоріжжя потребують використання ударостійкого, світлопропускаючого та міцного матеріалу, тому кращим вибором стає монолітний полікарбонат. Висока прозорість матеріалу та його функціональні можливості нададуть змогу виконати підсвічування світлопрозорого матеріалу вночі, за економії використання електроенергії, шляхом розсіювання світла від вмонтованих по контуру світлодіодів (див. рис. 2.38-2.39).



Рисунок 2.38 – Підсвітка головного входу автовокзалу



Рисунок 2.39 – Головний вхід автовокзалу

Тож, використання полікарбонату при будівництві автовокзалу в цілому задовольняє всі затребувані потреби для реалізації запланованого проектом будівництва.

### **2.3 Порівняння полікарбонату з аналогічними матеріалами**

В якості світлопропускаючого заповнення покрівлі автовокзалу можуть бути застосовувані наступні матеріали: скло віконне, скло вітринне, скло армоване листове, скло листове теплопоглинальне, склопакети клеєні, блоки скляні пустотілі, скло будівельне профільоване, листи та криволінійні секції з акрилу, листи з полікарбонату [10].

При виборі матеріалів монолітного полікарбонату та органічного скла необхідно врахувати їх якісні відмінності.

Органічне скло повністю складається з термопластичної смоли, виробляють способом екструзії або способом лиття.

Полікарбонат це синтетичний полімер, який виробляють з фенолу та фосгену у присутності основ або при нагріванні діалкілкарбонату. Матеріал екологічний, не становить небезпеки для людини.



Робимо порівняльну характеристику полікарбонату та органічного скла Оргскло та полікарбонат властивості та відмінності:

– Удароміцність

У порівнянні зі звичайним силікатним склом, скло з акрилу здатне витримати удар у п'ять разів більший за потужністю. Полікарбонат ж міцніший за скло в 250 разів, це його незаперечна перевага. Так само при розколі полікарбонат не утворює гострих уламків.

– Гнучкість

Полікарбонат гнучкий, оргскло-жорсткий пластик, при надмірному вигині схильний утворювати тріщини. Щоб його зігнути, лист потрібно нагріти.

– Стійкість до сонячного світла

Постійний контакт із прямим сонячним світлом може призвести до пожовтіння полікарбонату. Щоб знизити ризик зміни кольору, його покривають спеціальним шаром захисту. Акрилове скло не змінює свій колір під впливом сонця.

– Світлопроникність

Здатність пропускати світло трохи вище у акрилу - до 92%, у полікарбонату-89%.

– Діапазон робочих температур

Для оргскла вона варіюється в діапазоні від -40 до +80 градусів. Для полікарбонату – від -50 до +120 градусів.

– Стійкість до вогню

Акрил спалахує при температурі понад 160 градусів С. Полікарбонат більш пожежобезпечний, оскільки спалахує при температурі понад 500 градусів.

– Складність обробки

Обидва матеріали легко обробляються. При свердлінні листів акрилу важливо використовувати свердла для пластмаси, щоб уникнути сколів, та

полікарбонат можна свердлити звичайними свердлами, це не призведе до утворення тріщин і сколів.

– Догляд та чищення

Обидва полімери легко очищаються від різних забруднень за допомогою мила та бавовняної тканини.

– Строк служби

Рекомендовано щодо встановлення, експлуатації високоякісного матеріалу, орг. скло та полікарбонат прослужать близько 10 років.

– Теплопровідність

Полікарбонат має більшу теплопровідність за орг. скло.

– Сфери використання

При будівництві автовокзалу використовують в покрівлі, огорожуючих конструкціях фасаду, панормані вікна, двері, перегородки, підлога, стеля, двері.

У виробництві освітлювальних приладів полікарбонат застосовується для створення розсіювачів світла.

Порівняння з монолітним полікарбонатом, орг. скло відрізняється меншою вартістю. Порівняння технічних характеристик полікарбонату і орг. скла приведено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики світлопрозорих пластикових листів

Властивості	Полікарбонат	Орг. скло
Механічні властивості:		
Щільність, г/см <sup>3</sup>	1,2	1,19
Подовження при розриві, %	від 50 до 75	від 12 до 15
Модуль пружності, Н/мм <sup>2</sup>	2300	від 3120 до 3300

Продовження таблиці 2.9 – Технічні характеристики світлопрозорих пластикових листів

Оптичні властивості:		
Коефіцієнт світлопропускання, %	від 50 до 87	92
Термічні властивості:		
Коефіцієнт лінійного термічного розширення, мм/м.К	від 0,065 до 0,07	від 0,065 до 0,070
Температура займання, °С	-	425
Температура розмягчення по Віка, °С	від 145 до 150	від 104 до 115
Макс. робоча температура повітря, °С	+130	+80
Мін. робоча температура, °С	-40	-40
Відношення до води:		
Макс. збільшення ваги при зануренні, %	0,37	2,1
Пожежонебезпека:		
Кисневий індекс, %	від 25 до 27	17,4

Протилежністю цього недорогого, але неміцного матеріалу є стільниковий полікарбонат і монолітний полікарбонат.

У полімерного листа як прозорого матеріалу перед склом існує ряд переваг:

– Легкість - при однаковій товщині масиву полікарбонат важить у 5 разів менше у разі монолітного листа та у 25 разів легше у випадки стільникового, що дозволяє використовувати менш потужні опорні конструкції.

– Міцність, яка у сто разів більша, ніж у скла. Полімер здатний витримувати значні ударні, снігові та вітрові навантаження.

– Низька теплопровідність - на відміну від скла має гарні теплоізоляційні властивості (у разі застосування стільникового полікарбонату).

– Здатність розсіювати сонячні промені, що при використанні полікарбонату як матеріал для теплиць дозволяє уникнути опіків рослин. Скло не має такої властивості - світло потраплятиме тільки на верхню частину рослин, а нижня залишиться в тіні.

– Не пропускає шкідливе ультрафіолетове випромінювання, що захищає майно від вигорання. Через скло проходить до 60% УФ-променів.

– Стійкість до різких перепадів температур – витримує від -40 до +120 градусів, на відміну від скла, яке може луснути за +90.

– Безпека - у разі аварійної ситуації не утворюється гострих уламків, як у скла, здатних призвести до порізів.

– Гнучкість - легко гнеться під час монтажу, за рахунок чого можна надати бажаної форми.

– Простота обробки - легко свердлиться і ріжеться. А різання та обробка скла є досить трудомісткими процесами, що потребують спеціальних навичок та обладнання.

У полімерного листа також є звичайно і мінуси:

– Коефіцієнт шумопоглинання у монолітного листа дорівнює однакових товщинах зі склом, тоді як і стільниковому виконанні він значно менше і добре пропускає звуки, що доносяться з вулиці.

– Прозорість - коефіцієнт пропускання сонячного світла біля скла сягає понад 92%. У полімеру – максимально 89%.

– Вартість монолітного полімеру значно вища за аналогічні товщини скла.

Основні фізико-технічні характеристики звичайного будівельного скла приведені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Основні фізико-технічні характеристики звичайного будівельного скла

Характеристика		Одиниця вимірювання	Значення
Щільність		кг/м <sup>3</sup>	2500
Границя міцності при стиску		МПа	1000
Границя міцності при розтягненні		МПа	30 ÷ 100
Границя міцності на вигин		МПа	30 ÷ 100
Коефіцієнт температурного розширення		1/°С	$6 \cdot 10^{-6} \div 9 \cdot 10^{-6}$
Твердість (за шкалою Мооса)		-	6
Модуль пружності		ГПа	49 ÷ 78
Коефіцієнт Пуассона		-	0,25
Питома теплоємність		кДж/(кг·°С)	0,84
Випромінювальна здатність		Вт/(кг·°С)	0,84
Коефіцієнт теплопровідності		Вт/(кг·°С)	0,84
Коефіцієнт теплозасвоєння		Вт/(кг·°С)	10,79
Паропроникність		мг/(м·год·Па)	0
Коефіцієнт світлопропускання	при товщині 6-8 мм	-	0,9
	при товщині 2-3 мм	-	0,8
Звукоізоляція	при товщині 6 мм	дБА	26
	при товщині 3 мм	дБА	28

Вже багато років монолітний полікарбонат є визнаним матеріалом серед антивандальних пластиків. По витримці удару він перевищує звичайне скло у 250 разів та органічне скло у 10 разів. Вище зазначеними порівняннями доцільно зробити висновок що полікарбонат перевершує більшість своїх аналогів за великим рядом своїх властивостей, таких як, шумоізоляція, теплопровідність, хімічна стійкість, міцність, гнучкість та інші. Проте полікарбонат вимагає додаткового покриття захосним шаром від УФ-випромінення, яке виконують при виробництві листів цього матеріалу, а також він дорожчий за інші світлопрозорі матеріали.

### **3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ АВТОВОКЗАЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ**

#### **3.1 Об'ємно-планувальні та архітектурно-конструктивні рішення проектуємого автовокзалу**

Автовокзал розташовано згідно санітарних і протипожежних норм та за допомогою ДБН Б.2.2-12:2019 «ПЛАНУВАННЯ І ЗАБУДОВА ТЕРИТОРІЙ» [18].

Відведена територія під забудову, має зручні під'їзні шляхи та шляхи виїзду та в'їзду для автобусів, передбачається широкий під'їзд для легкових автомобільних машин, а також на випадок пожежі під'їзд пожежних машин.

Автовокзальний комплекс на ділянці розміщено компактно, з урахуванням санітарних та протипожежних розривів за ДБН В.1.1-7-2016 [19]. Проектом передбачається повний благоустрій і озеленення території ділянки. Озеленення території забудови виконане засадженням листяних порід дерев, клумби і газони згідно ДБН Б.1.1-14:2021 [20].

Передбачається влаштування пішохідних доріжок та автостоянок відповідно ДБН В.2.3-5:2018 «Бібліографічний опис. Вулиці і дороги населених пунктів» [21]. Проїзди асфальтуються. Тротуари та пішохідні доріжки викладені з тротуарної плитки.

За для запобігання замочуванню. передбачено вимощення з тротуарної плитки на піщаній основі з ухилом 5 %, завтовшки 0,15 м та шириною 1,5 м.

Основні техніко-економічні показники по об'ємно-планувального вирішення приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Техніко – економічні показники об'ємно – планувального рішення

№	Найменування	Одиниці виміру	Показники
1	Площа ділянки (ПД)	м <sup>2</sup>	26500
2	Площа забудови будівлі автобусного вокзалу з готелем (П)	м <sup>2</sup>	5600
3	Площа озеленення (ПОЗ)	м <sup>2</sup>	2870
4	Площа асфальтного покриття (ПАП)	м <sup>2</sup>	9973
5	Площа тротуарів (ПТ)	м <sup>2</sup>	7138
6	Коефіцієнт озеленення (КОЗ)	%	0,1
7	Коефіцієнт забудови (КЗ)	%	0,85

Об'ємно – планувальні рішення. Автовокзальний комплекс в плані геометрично складної форми, з розмірами в осях: «А-В» - 19,8 м; «1-4» - 38,4 м; «Г-И» - 36,0 м; «4\*-8» - 18 м; «А\*-Г\*» - 36,8 м; «8\*-12\*» - 50,4 м»; «К-Л» - 10 м.

Будівля 2-поверхова, відмітка другого поверху + 6,0 м. Загальна висота автовокзального комплексу складає 26,37 м. Конструктивна схема будівлі прийнята – каркасна з монолітними залізобетонними несучими конструкціями.

Будівля відноситься до класу відповідальності СС2, прийнятий ступінь вогнестійкості – II, довговічність несучих конструкцій – II [22].

Формування автовокзального комплексу на земельній ділянці базується на особливостях її розташування та неправильної форми у плані.

Форма будівлі обрана через оптимальність по відношенню до сторін світу.

Експлікація приміщень зведена в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Примітка
1 – 2 поверх			
1	Інформаційно-розподільчий зал	1455,5	
2	Зал очікування для прибуваючих	360	
3	Зали очікування для відправлення	1534,7	
4	Касовий зал з терміналами самообслуговування	168	
5	Камери схову вантажу	144	
6	Санвузол (на двох поверхах)	420	
7	Пункт медичної допомоги	96	
8	Дитячі гральні зони	72,5	
9	Сходові клітини	216	
10	Тамбури	48	
11	Кімнати матері та дитини	72	
12	Зона відпочинку	360	
13	Супермаркет	940	
14	Зона кафе та фудкорту	760,3	
Готель			
1	Побутові приміщення персоналу	120	
2	Адміністративні приміщення	264	
3	Приміщення для пасажирів	380	
Разом:		7411	

Основні техніко-економічні показники по об'ємно-планувального вирішення приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Техніко – економічні показники об'ємно – планувального рішення

№	Найменування	Одиниці виміру	Площа
1	Загальна площа приміщень	м <sup>2</sup>	7411
2	Площа забудови	м <sup>2</sup>	5600
3	Поверховість будівлі	пов.	2



Конструктивна схема будівлі прийнята – каркасна з монолітними залізобетонними несучими конструкціями. Внутрішні стіни сходових кліток і шахти ліфта слугують вертикальними діафрагмами жорсткості. Горизонтальну жорсткість будинку забезпечує жорсткий диск перекриття.

Конструктивні рішення автовокзалу складаються з:

Фундаменти. Фундаменти прийняті пальові з монолітно-стрічковим ростверком.

Колони. Колони запроєктовані монолітні з різними висотами. Прийнятий круглий переріз опор діаметром 200 мм, з технічної та естетичної точки зору.

Перекриття. Перекриття запроєктовані монолітні та опираються на колони. Товщина перетину складає 200 мм (див. рис. 3.1).



а

б

Рисунок 3.1 – Фрагмент обпирання плити перекриття на колону: а) – перспектива з першого поверху; б) – перспектива з другого поверху

Зовнішні огорожувальні конструкції. Фасад автовокзалу панорамний застклений монолітним полікарбонатом, з метою скорочення периметру зовнішніх стін (див. рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Панорамні огорожувальні конструкції автовокзалу.

Перегородки. Внутрішні стіни автовокзалу виконані з полікарбонатних панелей (див. рис. 3.3).

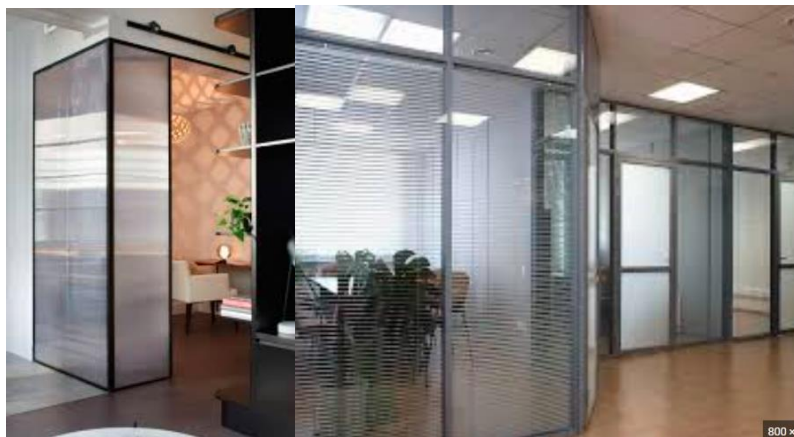


Рисунок 3.3 – Монтаж перегородок з полікарбонатних панелей

Покрівля. Для непрозорої частини конструкції покрівлі застосовані сендвіч-панелі від провідної компанії ArcelorMittal (див. рис. 3.4).

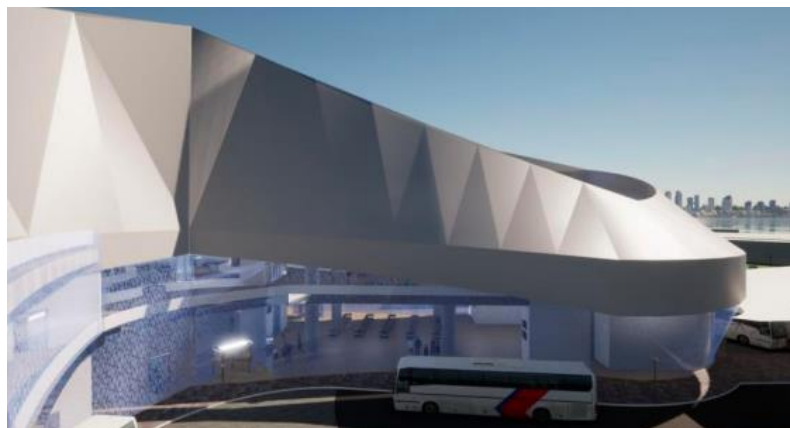


Рисунок 3.4 – Геометрична конструкція покрівлі

Для світлопропускаючої частини покрівлі використано монолітні полікарбонатні панелі (див. рис. 3.5). Водовідвід запроєктовано внутрішній і зовнішній.

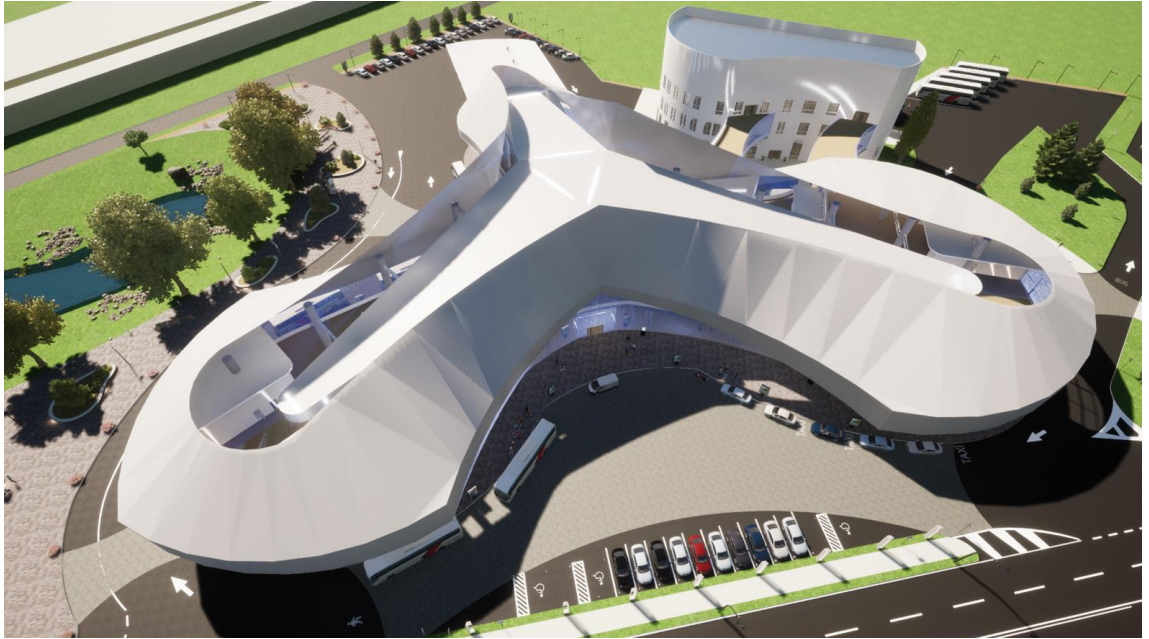


Рисунок 3.5 – Світлопропускаюча покрівля автовокзалу

Для готелю покрівля запроєктована плоска, із внутрішнім водовідводом (див. рис. 3.6).

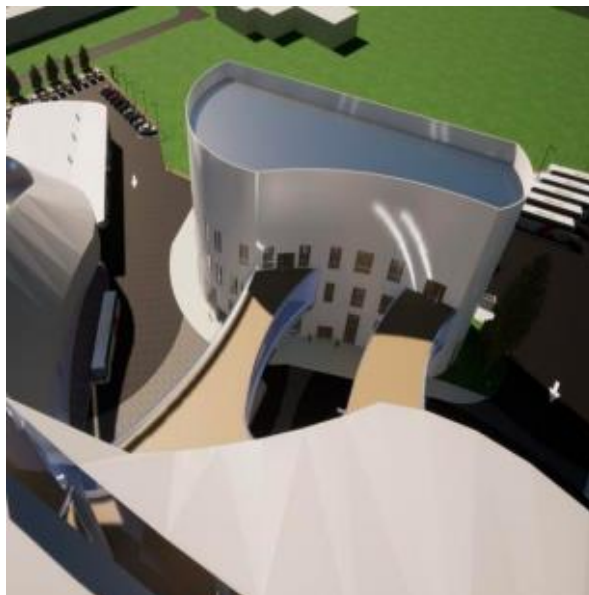


Рисунок 3.6 – Покрівля готелю

Переходи. Металеві тунелі з двох швелерів мають огорожувальні конструкції зі скла та влаштовану зверху відкриту оглядову площу (див. рис. 3.7).

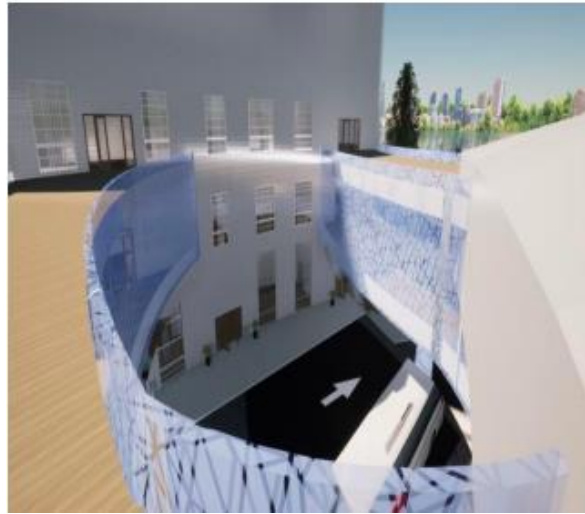


Рисунок 3.7 – Пішохідні мости автовокзального комплексу

Вимощення. Вимощення з тротуарної плитки на піщаній основі з ухилом 5 %, завтовшки 0,15 м та шириною 1,5 м.

Підлога. Підлоги внутрішніх приміщень запроектовані відповідно до вимог:

- естетичний вигляд;
- зносостійкість;
- ремонтпридатність;
- екологічність;
- достатня жорсткість, гладкі, але не слизькі;
- безшумні, теплі, гігієнічні та легкі у догляді;

Для кімнат матері та дитини, пункту медичної допомоги були прийняті покриття з ПВХ – Luxury Vinyl Tiles із високоміцним поліуретановим захисним шаром (див. рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Самоклеюча плитка ПВХ для підлоги

Для інформаційно-розподільчого залу, коридорів, залів очікування, касового залу та приміщень зберігання вантажу прийняті полікарбонатні панелі (див. рис. 3.9).

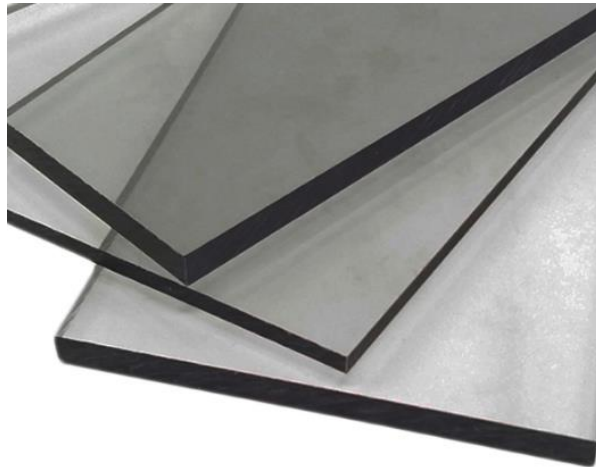


Рисунок 3.9 – Полікарбонатні панелі

Для санвузлів прийнята спеціальна шаршова керамічна плитка для підлог, а для стін прийняті полікарбонатні панелі (див. рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Керамічна плитка

Побутові приміщення для персоналу, адміністративні приміщення та торгівельні магазини запроектовані з паркетними дошками.

Вікна, двері. Віконні та дверні суцільні блоки, металопластикові індивідуального виготовлення фірми «Віконда» з заповненням монолітного полікарбонату. Віконні рами – сірувато-білі з подвійним склінням, стулки рам парні, що відкриваються.

Двері автовокзалу одне - та двостулкові металопластикові, а також обертові від фірми «Віконда» індивідуального виготовлення, семи типорозмірів.

Технічний поверх. Автовокзал має технічний поверх, який безпосередньо знаходиться у підвальному приміщенні, де пролягають основні комунікації.

Сходи, ескалатор, ліфт. Сходи металеві збірні з гранітним каменем. На другий поверх встановлено підйомний транспортний механізм. Передбачені просторі напівскляні пасажирські та вантажні ліфти з однорядною групою розташування.

Зовнішнє оздоблення. Сіруваті сендвіч-панелі із світлопрозорим фасадом із монолітного полікарбонату.

Внутрішнє оздоблення. Внутрішнє облицювання автовокзалу виконано за допомогою керамічної плитки для облицювання, штукатурки з глянсовою та фактурними фарбами, міцних панелей з монолітного пластику та натурального гнучкого каменю.

Теплотехнічний розрахунок світлопрозорого полікарбонату.

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі виконано згідно ДБН В.2.6-31.2021 «Теплова ізоляція будинків» [14].

Згідно ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель» [14], обов'язковим є виконання умови:

$$R_{\Sigma} \geq R_{qmin} \quad (3.1)$$

де  $R_{\Sigma}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожуючої конструкції,  $m^2 \cdot K/Wt$ ;

$R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$ .

Показники мікроклімату приміщень зведені у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники мікроклімату приміщень

№	Найменування	Значення
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}=20$
2	Вологість повітря	$\varphi =60 \%$
3	Вологісний режим приміщення	Нормальний
4	Умови експлуатації огорожень	Б

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції для м. Запоріжжя, для II температурної зони  $R_{qmin}$  складає  $0,6 m^2 \cdot K/Вт$

$$R_{\Sigma} \geq R_{qmin} \quad (3.2)$$

Термічний опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції визначаємо за формулою 2.2:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.3)$$

де  $\alpha_b = 8$ ,  $\alpha_3 = 23$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$R_i$  – термічний опір і-го шару конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$ , що знаходиться за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,05}{0,2} = 0,25 m^2 \cdot K/Вт \quad (3.4)$$

де  $\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації  $Вт/(м \cdot K)$ .

Виконаємо перевірку умови для світлопрозорої огорожувальної конструкції  $\delta = 25 \times 2 = 50$  мм. Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,2$   $Вт/(м \cdot K)$ .

Термічний опір теплопередачі  $R = 0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , Термічний опір замкнутого повітряного прошарку  $R = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,2} + 0,21 + \frac{1}{23} = 0,63 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.3)$$

Умова  $R_{\Sigma} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{q \text{ min}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  виконується.

### 3.2 Технологічна карта на влаштування покриття з застосуванням сучасних будівельних матеріалів (полікарбонату)

Галузь застосування. Технологічна карта розроблена на влаштування покриття з застосуванням сучасних будівельних матеріалів (полікарбонату) при будівництві автовокзалу у місті Запоріжжя. До складу технологічної карти входить влаштування покриття із монолітного полікарбонату. Роботи виконуються бригадою монтажників в літній час.

Технологія будівельного виробництва.

Підрахунок об'ємів робіт.

Для підрахунку об'ємів робіт наводимо перелік полікарбонатних панелей у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Відомість полікарбонатних виробів

№ п/п	Марка	Найменування елемента	Кільк, шт. (м <sup>2</sup> )	Маса, кг	
				одиниці	разом
1	ПМП	Панель монолітного полікарбонату	480 (3000)	176,9	84900

Для підрахунку об'ємів робіт з влаштування монолітного полікарбонату користуємося таблицею 2.2 «Стандартні розміри полікарбонату». Підрахунок об'ємів робіт зводимо до таблиці 3.6



Таблиця 3.6 – Відомість підрахунку обсягу робіт

№ п/п	Найменування робіт	Формула підрахунку	Один. вим.	К-сть
1	Влаштування монолітного полікарбонату	$S=S_{\text{пмп}} \times n$	100 м <sup>2</sup>	30

Організація виконання робіт. До виконання влаштування покриття із монолітного полікарбонату повинні бути закінчені роботи по влаштуванню колон, покрівельних балок, полівінілхлоридних рам та монтаж непрозорої частини покрівлі. Монтаж ведеться роздільним методом.

Визначення засобів механізації. Вантажозахватні пристрої та стропи підбираємо згідно ДСТУ Б В.2.8-10-98 «Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри, технічні вимоги» [23] та згідно рекомендацій виробників конструкцій.

При виборі вантажозахватного пристрою варто керуватися наступними вимогами:

- вантажопідйомність пристосування повинна бути не менше маси вантажу, що піднімається;
- кут між гілками стропа повинен бути не більше 90°.

При виборі пристосувань перевагу варто віддавати тим, які мають меншу вагу й висоту.

Для розвантаження й подачі на робоче місце елементів, що монтуються необхідно обрати пристосування для стропування відповідно до характеристик елементів.

Обрані пристосування зводяться в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Строповочні та монтажні пристосування

№ п/п	Марка	$Q_{\text{max}}$ , т	Висота, м	Маса стропа, кг	К-сть, шт
1	Вакуумний підйомник CLAD-TEC 1000	1	-	62	2

Вибір монтажного крану здійснюємо за основними технічними параметрами:

- необхідна вантажопідйомність  $Q_{\text{п}}$ , (т),
- необхідна висота підйому гаку  $H_{\text{п}}$ , (м),
- необхідний виліт стріли  $L$ , (м)

Підбір крану за вантажопідйомністю здійснюють за масою найбільш важкого елемента, що влаштовується. Також при визначенні вантажопідйомності враховують масу вакуумного підйомника, та захватного елемента чи пристрою. Тоді вантажопідйомність  $Q_{\text{п}}$  розраховується за формулою 3.5:

$$Q_{\text{п}} = P_{\text{ел}} + P_{\text{стр}}, \quad (3.5)$$

де  $P_{\text{ел}}$  – маса найбільш важкого елемента (конструкції), т;

$P_{\text{стр}}$  – маса захватного елемента, т.

$$Q_{\text{п}} = 176,9 + 62 = 238,9 \text{ кг} = 0,24 \text{ т}$$

В загальному випадку висоту підйому гака,  $H_{\text{п}}$ , розраховують за формулою 3.6:

$$H_{\text{кр}} = H_{\text{зд}} + h_{\text{п}} + h_{\text{ел}} + h_{\text{стр}}, \quad (3.6)$$

де  $h_{\text{п}}$  – запас по висоті, необхідний для заведення конструкції на установлення або перенесення її через змонтовані конструкції, (0,5 – 1 м);

$h_{\text{ел}}$  – висота (товщина) найвищого елемента в монтажному положенні, (м);

$h_{\text{стр}}$  – висота вантажозахватного пристрою в робочому положенні, (м),

$H_{\text{зд}}$  – висота споруди, що визначена як сума всіх висот конструкцій в змонтованому стані, (м).

$$H_{\text{кр}} = 26,3 + 0,5 + 0,06 + 2 = 28,86 \text{ м}$$

При розрахунку параметрів стрілових кранів визначають мінімальну необхідну відстань  $H$ , (м) від рівня стоянки крана до верха стріли за формулою 3.7:

$$H = H_{\text{кр}} + h_{\text{пол}}, \quad (3.7)$$

де  $H_{\text{кр}}$  – висота підйому гака;

$h_{\text{пол}}$  – висота поліспасти в стягнутому стані (1,5 ... 3,0 м).

$$H = 28,86 + 1,5 = 30,36 \text{ м}$$

Розрахункова схема для визначення вильоту стріли зазначена на рис.3.11.

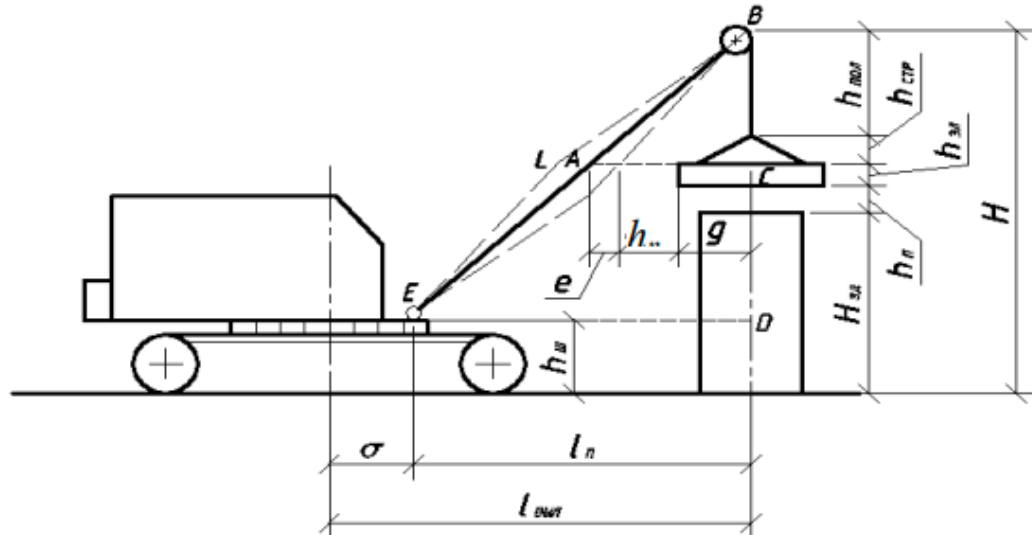


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема для визначення вильоту стріли

Розрахунок оснований на розгляді подібності двох трикутників ABC і BDE. Так як трикутники подібні, то можна скласти наступне співвідношення 3.8:

$$\frac{AC}{DE} = \frac{BC}{BD} \quad (3.8)$$

де  $AC = e + h_{\text{п}} + g$ , (м),

$DE = l_{\text{п}}$ , (м),

$BC = h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}}$ , (м),

$BD = H_{\text{зд}} + h_{\text{п}} + h_{\text{ел}} + h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}} - h_{\text{ш}} = H - h_{\text{ш}}$ , (м),

Ці вирази підставляємо у співвідношення 3.8, і отримаємо наступну формулу 3.9 для розрахунку горизонтальної проекції стріли:

$$l_{\text{п}} = \frac{(e + h_{\text{п}} + g)(H_{\text{зд}} + h_{\text{п}} + h_{\text{ел}} + h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}} - h_{\text{ш}})}{h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}}}, \quad (3.9)$$

де  $e$  – відстань між віссю стріли і її гранню,  $e = 0,5$  м;

$g$  – половина самого широкого елемента,  $g = 0,03$  м;

$H_{зд}$  – висота конструкції,  $H_{зд} = 26,4$  м;

$h_{п}$  – мінімальна безпечна відстань,  $h_{п} = 2$  м;

$h_{ел}$  – максимальна висота елемента,  $h_{ел} = 3,05$  м;

$h_{стр}$  – висота стропа,  $h_{стр} = 2$  м;

$h_{пол}$  – висота поліспасти,  $h_{пол} = 1,5$  м;

$h_{ш}$  – висота кріплення шарніра стріли,  $h_{ш} = 1,7$  м.

$H$  – мінімальна необхідну відстань від рівня стоянки крана до верха стріли, м.

$$l_{п} = \frac{(0,5 + 2 + 0,03)(26,4 + 2 + 3,05 + 2 + 1,5 - 1,7)}{2 + 1,5} = \frac{2,53 * 33,25}{3,5} = 24 \text{ м}$$

Виліт стріли запишеться як формула 3.10:

$$l_{вил} = l_{п} + \sigma, \quad (3.10)$$

де  $\sigma = 2,00$  м – відстань від осі крана до місця кріплення шарніра;

$l_{п}$  – горизонтальної проекції стріли, м.

$$l_{вил} = 24 + 2 = 26 \text{ м}$$

За визначеними параметрами приймаємо автомобільний кран КТА-50.

Характеристики крана показані на рис. 3.12:

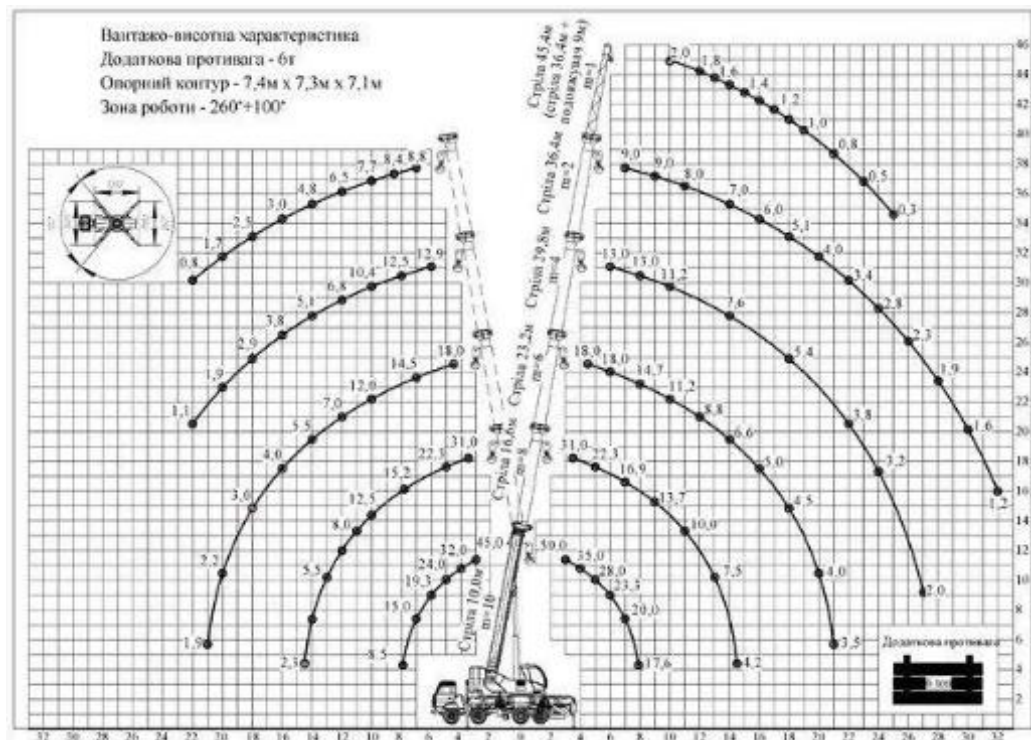


Рисунок 3.12 – Характеристики крана КТА-50

Монтаж монолітного полікарбонату чимось нагадує встановлення скла на каркас або в раму. У такому разі панель закріплюють або за всі кути, або за довгі боки. В останньому випадку можлива додаткова підтримка однієї з коротких сторін.

Встановлення панелей монолітного полікарбонату можливе двома способами: "сухим" або "мокрим".

"Мокрий" спосіб монтажу. На сьогоднішній день часто застосовується монтаж полікарбонату із застосуванням прокладок або смуг з м'якої гуми, які покликані заміщати полімерну замазку. Такий спосіб швидше можна вважати альтернативою традиційному методу монтажу монолітного полікарбонату.

"Сухий" спосіб монтажу. За такого способу монтажу використовують герметизацію тільки за допомогою механічних елементів, таких як різні ущільнювальні кришки, профілі тощо. Будь-які герметики, герметизуючі склади і замазки виключаються. Усі з'єднання в цьому разі відбуваються завдяки застосуванню кріпильних елементів на кшталт саморізів, болтів з гайками, шайб та інших металовиробів.

Перед встановленням панелей, по периметру рами наноситься замазка з полімерів або герметизуючий полімерний склад. Далі таким складом обробляються панелі, приготовані для монтажу, і здійснюється їхнє встановлення в отвори. Потім проводиться фінішна герметизація за допомогою силіконових герметиків [24].

Підготовка панелей до монтажу:

#### *Різання*

Панелі монолітного полікарбонату ріжуться без особливих зусиль. Як інструмент для різання використовують пили по дереву або металу, важливо тільки щоб пила не мала розводу, а її зуби були досить гострими. Високошвидкісні пили в цьому разі застосовувати не вийде, оскільки підвищене тертя пилки об поверхню панелі розігріває місце різку до температури плавлення полікарбонату. За невеликої товщини листів

монолітного полікарбонату (до 5 мм) можливе застосування гільйотинного різання.

Можливе також використання лазерних верстатів інфрачервоного діапазону, що використовуються для різання в промисловості. Єдиним мінусом цього способу є наявність обгорілої, оплавленої кромки. Крім того, можлива поява внутрішніх напружень по краю листа. Тому відразу ж після такої обробки, нарізане полотно необхідно піддати відпалу при температурі до 130°C протягом 60-120 хвилин.

Таких складнощів дає змогу уникнути гідромеханічне різання, однак необхідне точне налаштування верстата.

#### *Механічна обробка*

Полікарбонат досить легко обробляється будь-яким способом. Єдине - необхідно враховувати низьку температуру плавлення матеріалу, тому під час використання високошвидкісних методів механічної обробки необхідні паузи для охолодження полотна. До того ж пред'являються підвищені вимоги до заточування ріжучих крайок використовуваного інструменту.

#### *Очищення та полірування*

Для очищення і знежирення поверхонь панелей перед фарбуванням застосовується ізопропіловий спирт. Мокрі панелі витирають сухою тканиною. Цим же способом видаляють сліди, що залишилися від транспортувальної плівки.

Хімічна промисловість випускає спеціальні засоби для очищення поверхні полікарбонату. Вони містять натуральні розчинники і парафінову основу, яка надає листам особливого блиску і має антистатичні властивості. Після обробки таким складом панель має пиловідштовхувальні властивості протягом до двох тижнів.

Мити листи монолітного полікарбонату можна розчином води з детергентом. Важливо тільки, щоб застосований засіб не мав у складі дрібнодисперсних механічних частинок, а також аміаку. Не допускається

часте застосування детергенту у зв'язку з можливістю забруднення панелі сольовими відкладеннями.

Різновиди формування полікарбонату:

1. Термоформування. Існує кілька способів термоформування, які можуть бути використані для листів полікарбонату: нагрівання листів з подальшим застосуванням матриць і механічних зусиль, тиску повітря або вакууму.

Застосовуються обидва види матриць - позитивні та негативні. Необхідна температура для термопластичного формування полікарбонату лежить в інтервалі 180 - 210°C. Рекомендується нагрівати листи з обох боків за використовуваної потужності інфрачервоного (ІЧ) випромінювання 30кВт/м<sup>2</sup>. Для багатотиражної формованої продукції з полікарбонату слід використовувати матриці, виготовлені з таких жорстких матеріалів як алюміній і сталь. При цьому необхідно підтримувати певну температуру матриці. Оптимальні температури матриці, за яких досягається висока якість поверхні виробів з полікарбонату, становлять 80-120°C, а для холодних ділянок формованого аркуша до 130°C. Перед формуванням необхідно піддавати листи попередньому сушінню, яке здійснюється за температур 120°C, дзеркальні відбивні листи за 110-115°C у камерах із циркуляцією повітря для кожного листа індивідуально з видаленням захисної плівки. Тривалість попереднього сушіння залежить від кількості вологи, поглиненої листом, і від його товщини. Тому найкращий спосіб визначення необхідного часу сушіння полягає в такому:

- з аркуша дослідної партії виріжте 2 - 3 невеликих зразки матеріалу;
- помістіть ці зразки в піч, нагріту до температури попереднього сушіння (110-120°C);
- через кожні 2 - 3 години виймайте черговий зразок з печі і нагрівайте його до температури формування (170 - 180°C);

– стежте за появою бульбашок на зразку. Якщо через 10 хвилин бульбашки не утворюються, значить, матеріал висушений. Якщо бульбашки з'являться, це означатиме, що потрібна додаткова сушка;

– визначивши тривалість сушіння, переходьте до попереднього сушіння всієї партії листового матеріалу;

– під час формування листів полікарбонату із захисним шаром від ультрафіолетового (УФ) випромінювання слід враховувати, що достатній УФ-захисний шар зберігається тільки в тому випадку, коли співвідношення витяжки не перевищує 1:1,5.

2. Вакуумформування. Пряме вакуумформування є одним з найпоширеніших процесів формування. Під час вакуумформування лист полікарбонату затискається в раму і нагрівається. Коли лист досягне еластичного стану, його опускають у негативну форму у вигляді заглиблення. Повітря видаляється з форми за допомогою вакууму і під дією атмосферного тиску гарячий лист облягає форму по всьому контуру. Після охолодження виріб витягується з форми.

3. Холодне формування. Монолітний листовий полікарбонат можна згинати в холодному стані, це дає величезну свободу дизайнерських рішень при його використанні для покриття архітектурних споруд складної форми - арок, куполів, конусів, циліндрів. Під час згинання монолітного полікарбонату під прямими кутами мінімальний радіус вигину залежить від товщини листа.

4. Гарячий вигин. Листи полікарбонату можна зігнути з малим радіусом у місці згинання за допомогою нагрівання необхідної ділянки з обох боків електричним лінійним (дротовим) нагрівачем і швидкого згинання листа за лінією нагріву. Якщо досягнута оптимальна температура листа (приблизно 160°C) і опір згинанню невеликий, процес проходить легко. Попереднє сушіння необхідне тільки в разі появи ефекту пузиріння в зоні згинання. У разі здійснення процесу згинання в недогрітому стані внутрішні напруження, що виникають, можуть призвести до розтріскування матеріалу.



Захисну плівку необхідно видаляти з обох боків аркуша або принаймні із зони нагрівання [25].

*Маркування, транспортування і зберігання*

На кожен лист на захисній плівці наноситься маркування, що містить:

– позначення зовнішнього боку (для встановлення листа певним боком назовні);

– дату виготовлення.

Допускається в маркуванні вказувати додаткову інформацію за погодженням виробника і споживача.

Листи повинні транспортуватися упакованими в пачки на піддонах, на які наклеюється етикетка із зазначенням:

– найменування або товарного знака підприємства-виробника;

– торгової марки;

– номера замовлення (партії);

– умовного позначення аркушів;

– кількості аркушів у пачці.

Листи з полікарбонату можуть транспортуватися будь-яким видом транспорту відповідно до встановлених Правил перевезень вантажів. Розміщення і кріплення піддонів з листами в транспортних засобах повинно здійснюватися відповідно до Технічних умов навантаження і кріплення вантажів, що діють на даному виді транспорту.

Під час вантажно-розвантажувальних робіт і транспортування піддонів з листами з полікарбонату слід поводитися обережно, щоб уникнути виникнення подряпин і пошкодження країв.

Умови транспортування і зберігання листів, а також способи їхнього пакування повинні забезпечувати захист виробів від забруднень, деформацій і механічних пошкоджень. Піддони з листами слід перевозити в критих транспортних засобах за умови забезпечення захисту їх від атмосферних опадів.

Листи полікарбонату повинні зберігатися в захищених від атмосферного впливу (сонце, дощ тощо) умовах. Листи однієї довжини слід укладати один на одного. У разі, якщо складуються листи різної довжини, то довші листи слід укладати донизу для того, щоб уникнути прогинання і звішування країв листа через відсутність опори. Не розміщуйте пачки листів там, де по них будуть ходити або в них можуть в'їхати. Складувати ПК необхідно на дерев'яних брусах завширшки не менше ніж 100 мм, у стопку один на один заввишки не більше ніж 1000 мм. Стопку плит необхідно закрити непрозорим матеріалом [24].

#### *Кріплення полікарбонату*

Монтаж монолітного полікарбонату здійснюється із застосуванням спеціальних профілів, також виготовлених із полімеру. Вони дають змогу створювати надійні та герметичні з'єднання, які не порушують прозорість конструкції. Вони також мають високу пластичність і підходять для виготовлення аркових конструкцій.

Існує кілька типів профілів:

- Торцевий. Захищає кромки листа від вологи, сміття, надає конструкції завершеного й акуратного вигляду;
- З'єднувальний (роз'ємний і нероз'ємний). Застосовується для кріплення листів встик;
- Пристінний. Кріпить панель до стіни;
- Кутовий . Дозволяє з'єднувати листи під кутом у 90 градусів;
- Коньковий . Призначений для з'єднання листів у конику даху.

Для герметизації стиків застосовують гумові ущільнювачі.

Всі елементи випускаються відповідно до основних кольорів і товщини полікарбонатних листів.

Монтаж полікарбонату до каркаса проводиться за допомогою саморізів і термошайб. Здійснюючи кріплення, необхідно пам'ятати:

- свердли́ти отвір під саморі́з необхідно робити не ближче, ніж на 4 см до краю листа;
- діаметр отвору під саморі́з роблять на 2-3 мм більшим, ніж кріпильний елемент, щоб уникнути деформації при термічному розширенні матеріалу;
- відстань між кріпильними елементами залежить від товщини листа. При товщині 8-10 мм вона має становити 40-50 см;
- якщо лист має велику довжину, отвори необхідно робити овальної форми, поздовжня вісь має бути спрямована вздовж по довжині листа;
- монтаж стільникового полікарбонату передбачає свердління отворів між ребрами жорсткості;
- шуруп закручується строго під кутом 90 градусів без перетягування листа;
- герметичність кріплення забезпечують спеціальні термошайби з кришкою, що замикається. Довжина ніжки термошайби повинна відповідати товщині листа.

#### *Завершальний етап*

Після закінчення монтажу листів вирівняні торці, що виступають, закривають спеціальним профілем, який додасть жорсткості конструкції і додасть їй естетичного завершеного вигляду. Прозорий або підібраний у колір матеріалу торцевий профіль надягають і на вільні торці монолітних панелей. У цьому разі він відіграє тільки естетичну функцію. На завершення з полікарбонату знімають плівку, яка захищає матеріал від випадкових пошкоджень під час монтажних робіт. Дотримуючись правил монтажу, можна надійно з'єднати два листи полікарбонату між собою, створивши міцне й естетичне захисне покриття.

З'єднання монолітного полікарбонату між собою здійснюється кількома способами:

- методом пайки листів;

- за допомогою їх склеювання спеціальними складами;
- за допомогою сполучних планок.

Переваги пайки полягає в можливості отримання герметичного і стійкого до зовнішнього впливу з'єднання. Технічно, після спаювання виходить один великий лист. До такого способу часто вдаються при монтажі чаш басейнів або облаштування покрівлі.

Стикування монолітного полікарбонату на покрівлі методом пайки.

Існує 2 способи об'єднати два аркуші пластику: хімічний і термічний. Останній варіант простіший і не такий витратний. Для робіт необхідний розчинник на основі етилхлориду (метиленхлориду). Порядок, як стикувати полікарбонат на навесі пайкою, такий:

1. Торці обох аркушів ретельно обробляються розчинником. При цьому відбувається їхнє плавлення. Обробку потрібно проводити гранично швидко, оскільки процес затвердіння полімеру відбувається за кілька хвилин.
2. Із силою притиснути торці плит, що з'єднуються, один до одного.
3. Після висихання зварювального шва виходить суцільне полотно, стійке до несприятливих факторів і механічного впливу.

Перед тим як з'єднати листи монолітного полікарбонату між собою, врахуйте, що роботи необхідно проводити в безвітряну погоду: проникнення пилу і дрібних частинок у шов призводить до його ослаблення і втрати характеристик міцності. У цьому місці покрівля може просто зламатися.

Також існує спосіб, як стикувати полікарбонат на покрівлі за допомогою термосварки (див. рис. 3.13). Для цього потрібен професійний будівельний фен і зварювальний пруток. Процес виглядає наступним чином:

- плити приставляються впритул;
- на місце стику укладається зварювальний пруток, потім з'єднання ретельно розігрівається феном;
- під впливом температури краї листів і полімерний пруток плавляться, потім застигають, утворюючи єдину масу.



Рисунок 3.13 – Стикування полікарбонату за допомогою термосварки

Щоб уникнути наскрізного проплавлення полотна, рекомендується довіряти роботу з термічного зварювання досвідченим майстрам. Якщо сумнівається у своїх силах, то краще зупиніться на більш щадних методах з'єднання.

Для полегшення відведення води в торцевих профілях рекомендується висвердлювати технологічні отвори діаметром 3-4 мм з кроком  $\approx 30-40$  см. Під час фіксації нижнього профілю слід залишити щілину шириною приблизно 4 мм для безперешкодного відведення води. Дах із полікарбонату захищений від розривів льодом [26].

Підйом полікарбонатних панелей на висоту, здійснюється з використанням автокрану оснащеного вакуумним підйомником для скла. Після чого проводять монтаж панелей із монолітного полікарбонату.

### **3.3 Технологічна карта на влаштування огорожувальних конструкцій із полікарбонату**

Галузь застосування. Технологічна карта розроблена на влаштування огорожуючих конструкцій із полікарбонату при будівництві автовокзалу у місті Запоріжжя. До складу технологічної карти входить влаштування зовнішніх стін із монолітного полікарбонату. Роботи виконуються бригадою монтажників в літній час.

Технологія будівельного виробництва.

Підрахунок об'ємів робіт.

Для підрахунку об'ємів робіт наводимо перелік полікарбонатних панелей у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Відомість полікарбонатних виробів

№ п/п	Марка	Найменування елемента	Кільк, шт. (м <sup>2</sup> )	Маса, кг	
				одиниці	разом
1	ПМП	Панель монолітного полікарбонату	826 (5160)	176,9	146120

Для підрахунку об'ємів робіт з влаштування монолітного полікарбонату користуємося таблицею 2.2 «Стандартні розміри полікарбонату».

Підрахунок об'ємів робіт зводимо до таблиці 3.9

Таблиця 3.9 – Відомість підрахунку обсягу робіт

№ п/п	Найменування робіт	Формула підрахунку	Один. вим.	К-сть
1	Влаштування монолітного полікарбонату	$S=S_{\text{пмп}} \times n$	100 м <sup>2</sup>	51,6

Організація виконання робіт. До виконання влаштування огорожуючих конструкцій із монолітного полікарбонату повинні бути закінчені роботи по влаштуванню колон, полівінілхлоридних рам та монтаж непрозорої частини зовнішніх стін. Монтаж ведеться роздільним методом.

Визначення засобів механізації. Вантажозахватні пристрої та стропи підбираємо згідно ДСТУ Б В.2.8-10-98 «Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри, технічні вимоги» та згідно рекомендацій виробників конструкцій.

При виборі вантажозахватного пристрою варто керуватися наступними вимогами:

- вантажопідйомність пристосування повинна бути не менше маси вантажу, що піднімається;
- кут між гілками стропа повинен бути не більше 90°.

При виборі пристосувань перевагу варто віддавати тим, які мають меншу вагу й висоту.

Для розвантаження й подачі на робоче місце елементів, що монтуються необхідно обрати пристосування для стропування відповідно до характеристик елементів.

Обрані пристосування зводяться в таблицю 3.7.

Вибір монтажного крану здійснюємо за основними технічними параметрами:

- необхідна вантажопідйомність  $Q_{п}$ , (т),
- необхідна висота підйому гака  $H_{п}$ , (м),
- необхідний виліт стріли  $L$ , (м)

Підбір крану за вантажопідйомністю здійснюють за масою найбільш важкого елемента, що влаштовується. Також при визначенні вантажопідйомності враховують масу вакуумного підйомника, та захватного елемента чи пристрою. Тоді вантажопідйомність  $Q_{п}$  розраховується за формулою 3.5:

$$Q_{п} = 176,9 + 62 = 238,9 \text{ кг} = 0,24 \text{ т}$$

В загальному випадку висоту підйому гака,  $H_{п}$ , розраховують за формулою 3.6:

$$H_{кр} = 12 + 0,5 + 3,05 + 2 = 17,55 \text{ м}$$

При розрахунку параметрів стрілових кранів визначають мінімальну необхідну відстань  $H$ , (м) від рівня стоянки крана до верха стріли за формулою 3.7:

$$H = 17,55 + 1,5 = 19,05 \text{ м}$$

Для розрахунку горизонтальної проекції стріли використовуємо формулу 3.9:

$$l_{\text{п}} = \frac{(0,5 + 2 + 0,03)(12 + 2 + 3,05 + 2 + 1,5 - 1,7)}{2 + 1,5} = \frac{2,53 * 18,85}{3,5} = 14 \text{ м}$$

Виліт стріли розраховується за формулою 3.10.

$$l_{\text{вил}} = 14 + 2 = 16 \text{ м}$$

За визначеними параметрами приймаємо автомобільний кран КТА-50. Характеристики крану показані на рис. 3.12.

Структурне скління без видимого зовні каркаса. Скло "садять" на клей і встановлюють на внутрішню систему стійок і ригелів. При цьому для закладення швів застосовується герметик.

Під час монтажу монолітних полікарбонатних листів необхідно врахувати всі впливи довкілля: розширення матеріалу через перепад температур (літо - зима), що досягає ~5 мм/пм; пил, вологість і забрудненість повітря; вплив дощу, снігу і вітру, сонячної радіації.

Панелі - дуже технологічний покрівельний матеріал, легко ріжеться всіма відомими інструментами: ножівкою по металу, болгаркою з абразивним диском, електричною дисковою пилкою, монтажним ножем. Завжди після завершення процесу різання плити слід очищати від пилу, торці надійно герметизувати самоклеійною стрічкою. Матеріал реалізується спільно з листами і відрізняється підвищеними параметрами адгезії.

Для попередження локального спучування рекомендується в місцях перетину листів з профілями укладати спеціальну термоізолюючу стрічку, вона знижує температуру нагрівання листів.

#### *Підготовка полотен до з'єднання*

Перед тим як стикувати полікарбонат, потрібно провести низку підготовчих процедур. Вони полягають у наступному:

– Різання листів за проектом. Для акуратного і точного різку можна використовувати ножівку по металу або електролобзик. Циркулярну пилку



використовувати не рекомендується, оскільки швидкий рух диска може викликати оплавлення торців листа.

- Провести попереднє укладання полотен на каркас майбутньої конструкції.

- Видалити з місця стику захисну плівку на 2-5 см.

- Ретельно очистити місця з'єднання полікарбонатних листів.

Щоб забезпечити якісне і міцне з'єднання полікарбонату між собою, роботи слід проводити в суху погоду за температури 15-20 градусів. За таких умов температурне розширення і звуження полімеру мінімальне. Відповідно, ризик появи щілин (тріщин у стиках) або випинання, перекосу листів буде виключений.

З'єднання полотен товщиною від 7 мм слід виконувати за допомогою металевих профілів з обов'язковим використанням прокладок.

#### *Процес скління*

Скління огороджувачих конструкцій таким матеріалом, як полікарбонат - абсолютно нескладний процес, аналогічний до виконання покрівельних робіт. Дуже важливим є етап підготовки та дотримання деяких правил:

- якщо конструкція містить вигини, то радіус їхній не повинен перевищувати 6 градусів;

- для встановлення листів потрібно буде свердлити отвори для встановлення кріплень, діаметр повинен бути на 3-4 мм більшим за ніжку кріплення;

- під час будівництва огороджувачих конструкцій слід дотримуватись тих же правил, що і під час покрівельних робіт;

- якщо доводиться розрізати листи полікарбонату, то робити це потрібно за допомогою спеціального електричного лобзика або циркулярної пилки;

- якщо листи доводиться прикріплювати до металу, то важливо не перетримувати їх на металеві.

Наявність УФ-захисного шару не тільки захищає огороджувальний простір від проникнення жорстких УФ-променів, шкідливих для здоров'я людини, а й захищає сам матеріал від їх руйнівного впливу.

Для використання на вулиці слід застосовувати тільки листи з УФ-захисним шаром. При цьому бік листа із захисним шаром має бути орієнтований назовні. Плівка з цього боку монолітного полікарбонатного листа має спеціальне маркування і кольорові написи. Найкраще монтувати листи в плівці і зняти її одразу після завершення монтажу (інакше під сонцем вона може прикипіти до листа) [25].

Для з'єднання монолітних листів між собою і кріплення їх до каркаса конструкції слід використовувати спеціальний алюмінієвий з'єднувальний профіль, що враховує особливості монтажу монолітного полікарбонату. Цей профіль складається з двох частин, іменованих профілем-Т (база) і профілем-С (кришка).

Забороняється:

- Використовувати пластифікований ПВХ або несумісні з полікарбонатом гумові герметизуючі стрічки або ущільнювачі;
- Використовувати аміно-, бензамідо- або метокси-вмісні герметизуючі склади або замазки, а також бензол, бензин, ацетон і тетрахлорид вуглецю;
- Використовувати абразивні або високолужні мийні засоби;
- Ніколи не скоблите лист полікарбонату вологознімачами, лезами або іншими гострими інструментами;
- Ходити по листу;
- Встановлювати пошкоджений лист під час транспортування або обробки або з пошкодженою стрічкою для герметизації;
- Мити лист під палючим сонцем або за підвищених температур;

### *Клейова технологія*

Застосування профілів не дає змоги отримати ідеально рівну і гладку поверхню, оскільки стикувальні елементи виходять за площину панелей. Щоб створити естетично привабливу конструкцію з ефектом цілісного світлопрозорого полотна, застосовується метод склеювання полікарбонату.

Ця технологія вимагає використання спеціального клею на силіконовій основі. Склад наносять на бічну поверхню листа по всій довжині за допомогою монтажного пістолета для дозованої подачі клею. Необхідно рівномірно розподілити клейку масу по поверхні, що стикується, і притиснути до неї край другого листа. Клей висихає дуже швидко, що слід врахувати під час роботи.

Замість силіконового клею, можна використовувати розчинники на етилхлориді або метиленхлориді. Складом обробляють обидві кромки, що стикуються, і виконують з'єднання листів полікарбонату між собою. Після висихання розчиненого полімерного матеріалу шов виходить міцним, герметичним і непомітним.

Стикування полікарбонату має бути щільним, щоб забезпечити міцність шва. Правильно виконаний стик герметичний, такі конструкції не пропускають атмосферні опади [26].

Найпопулярніші прозорих складів:

- однокомпонентний поліуретановий клей KOSMOPUR K1;
- двокомпонентні адгезиви ACRIFIX 190 і COSMOPLAST 460;
- склади HE 17017, HE 1908 китайського виробника Engineering Chemical Ltd.

Спосіб кріплення до рами, обробка, різання та спосіб підйому на висоту аналогічний, як і при покрівельних роботах.

Календарний план.

Загальні положення.

Вихідними даними для складання календарного плану слугують:

- робочі креслення;
- нормативні терміни будівництва об'єкта;
- технологічні карти на виробництво усіх видів загальнобудівельних робіт;

– дані про організації, що прийматимуть участь в будівництві, кількісні склади їх бригад, забезпеченність механізмами, можливість отримання матеріально - технічних ресурсів та інше.

Згідно з вимогами ДСТУ Б А.3.1-22:2013 "Визначення тривалості будівництва об'єктів" [27] нормативний термін будівництва складає 16 місяців, у тому числі підготовчий цикл – 2 тижні.

## Висновки

За результатами магістерської дослідницької роботи було проаналізовано застосування сучасних технологій та матеріалів в цивільному будівництві. Розвиток технологій тісно пов'язаний із розвитком суспільства, тому що вони не можуть розвиватись окремо один від одного. Іноваційні технології займають одну із ключових ролей у розвитку суспільства. Тому їх роль у нашому житті – покращувати рівень життя людей. Особливостями сучасних технологій і матеріалів полягає в тому, що на сьогоднішній день усе переходить у більш технічне русло, з використанням ІТ та ВІМ технологій.

Однією з інноваційних технологій застосування сучасних матеріалів є використання полімерного світлопропускаючого матеріалу, такий як полікарбонат, з високими показниками і перевагами, як матеріал для скління даху та фасадів при будівництві автовокзалу у місті Запоріжжя.

Полікарбонат за своїми фізико-механічними властивостями перевершує свої аналоги, такі як, скло та оргскло. Велика ударостійкість, гнучкість, захист від УФ випромінення, хімічна стійкість, ударостійкість, висока світлопропускна властивість та інші. Через велику кількість переваг серед інших матеріалів, полікарбонат використовують майже в усіх галузях, таких як спорт, медицина, будівництво та інші.

Виконана технологічна карта на влаштування покрівлі та огорожувальних конструкцій полікарбонатними панелями, наглядно демонструє усі переваги цього матеріалу. Висока ударостійкість в поєднанні із малою вагою та гарною гнучкістю, дає змогу швидко і без великих зусиль виконувати складні архітектурні задуми. Після виконаного дослідження стає очевидним питання використання полікарбонату в масштабних будівельних проектах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Качура А. О., Болтських О. М. Механізація та автоматизація будівництва і ремонтно-будівельних робіт: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2010. С 7-8
2. Цегла: історія, застосування, види. URL: <https://a-kirpich.com.ua/uk/cegla-istorija-zastosuvannja-vidi-a-123.html>
3. BIM-технології: поняття, історія розвитку, перспективи. *Навчально-інформаційний портал. САПР в будівництві. НУБіП України. 2022.* URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304>
4. Лисова Х. Інновації в будівництві: чому українські девелопери не цікавляться новими технологіями. 2019. URL: <https://mind.ua/publications/20202837-innovaciyi-v-budivnictvi-chomu-ukrayinski-developeri-ne-cikavlyatsya-novimi-tehnologiyami#:~:text=%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0%2C%20%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7%20%D1%8F%D0%BA%D1%83%20%D0%B2,%E2%80%93%20%241000%2C%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B0%D1%94%20%D0%94%D0%BC%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%BE%20%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%94%D0%B2.>
5. Нікольченко Д. С., Риндюк С. В. Застосування інноваційних технологій в архітектурному розвитку міст. Вінниця: ВНТУ, 2018. 2 с.
6. Шаповал С. В., Баранова А. А. Сучасні будівельні матеріали і технології. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. С 4-5, 40.
7. 6 дивовижних технологій минулого, таємниці яких не розгадані донині. Всвіті. 2022. URL: <https://vsviti.com.ua/collections/118638>
8. Полікарбонат: у двісті разів міцніше скла. 2005. URL: <https://fasadinfo.ua/articles/glass/122>

9. Методи з'єднання полікарбонату. 2020. URL: <https://avers.ua/news/metodi-zjednannya-polikarbonatu>
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-214:2016. Настанова з улаштування та експлуатації дахів будинків, будівель і споруд. [На заміну ДБН В.2.6-14-97 у частинах Влаштування (том 2) та Експлуатація (том 3); чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2017. 5 с.
11. Монолітний полікарбонат - технічні характеристики, властивості і застосування матеріалу. URL: <https://besthomemaster.com/1588218->
12. Гришко О. Температура плавлення полікарбонату, опис речовини, властивості, характеристики, застосування. URL: <https://bigbro.com.ua/temperatura-plavlennya-polikarbonatu-opis-rechovini-vlastivosti-harakteristiki-zastosuvannya/>
13. Підгорецький Ю.Ю. Розрахунковий метод Прогнозування поведінки гнучких прозорих елементів безінерційних легкоскридних конструкцій за умов вибуху : дис. ... квал. наук. праця : Черкаси, 2021.
14. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [На заміну ДБН В.2.6-31:2016; чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрозвитку України, 2022. С 6-7.
15. ДБН В.1.2-11.2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергосбереження та енергоефективність. [На заміну ДБН В.1.2-11-2008; чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрозвитку України, 2022. 4 с.
16. Полікарбонат – що це за матеріал і де його використовують. Полікарбонат: що це таке і для чого від може використовуватися? URL: <https://pani-mama.ua/uk/polikarbonat-chto-eto-za-material-i-gde-ego-ispolzuyut/>
17. Монолітний полікарбонат. URL: <https://polikarbonat.net.ua/monolitniy-polikarbonat/>

18. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [На заміну ДБН Б.2.2-12:2018; чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонрозвитку України, 2019. 57 с.
19. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1-7-2002; чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонрозвитку України, 2017. 4 с.
20. ДБН Б.1.1-14:2021. Склад та зміст містобудівної документації на місцевому рівні. [На заміну ДБН Б.1.1-21:2017, ДБН Б.1.1-15:2012, ДБН Б.1.1-14:2012, ДБН Б.1.1-22:2017; чинний від 2022-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрозвитку України, 2022. 33 с.
21. ДБН В.2.3-5:2018. Бібліографічний опис. Вулиці і дороги населених пунктів. [На заміну ДБН В.2.3-5-2001; чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонрозвитку України, 2018. 18 с.
22. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). [На заміну ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013; чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2019. 2 с.
23. ДСТУ Б В.2.8-10-98. Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри, технічні вимоги. [На заміну ГОСТ 25573-82; чинний від 1999-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держбуд України, 1998. 3 с.
24. ДСТУ EN 1013:2019. Світлопропускарні одношарові профільовані пластики, листи для внутрішніх і зовнішніх дахів, стін і стель. Вимоги та методи випробування (EN 1013:2012 + A1:2014, IDT). [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2020. 8 с.
25. ДСТУ EN 16153:2019. Листи світлопроникні пласкі багатошарові з полікарбонату (PC) для внутрішнього та зовнішнього застосування для покрівель, стін і стель. Вимоги та методи випробування (EN 16153:2013 + A1:2015, IDT). [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2020. 7 с.



26. ДСТУ 8902:2019. Енергетичне маркування світлопрозорих огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2020-10-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2020. 10 с.
27. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об’єктів. [На заміну СНиП 1.04.03-85\*; чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 14 с.