

УДК 621.311.243

Л.П.Болоненкова, В.О.Габрінець, докт.техн.наук, Л.В.Накашидзе, канд.техн.наук,  
С.О.Митрохов (Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара, Дніпропетровськ)

## Вибір конструкційних матеріалів для сонячного колектора

*В роботі розглянуто властивості полікарбонатних матеріалів, проведено порівняльний аналіз стільникового полікарбонату та скла, надано практичні рекомендації щодо використання полікарбонатних матеріалів у якості конструкційного матеріалу для сонячного колектора.*

*В работе рассмотрены свойства поликарбонатных материалов, проведен сравнительный анализ стенового поликарбоната и стекла, даны практические рекомендации относительно использования поликарбонатных материалов в качестве конструктивного материала для солнечного коллектора.*

В Україні, як і в усьому світі, з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та оздоровлення навколишнього середовища стає нагальним широкомасштабне впровадження технологій використання енергії альтернативних джерел, зокрема, сонячного випромінювання.

Постійне підвищення цін на енергоносії вимагає пошуку технологій і матеріалів, що дозволяють економно використовувати затрачені ресурси та підвищувати ефективність існуючих систем перетворення сонячної енергії. Перспективними матеріалами для сонячних колекторів можуть бути листові елементи з різних полімерних матеріалів. Але їх застосування вимагає дослідження ряду властивостей, які необхідні при проектуванні сонячного колектора (СК).

В даній статті розглядаються фактори, які визначають вибір матеріалу для конструкції сонячного колектора, а також проводиться порівняльний аналіз полікарбонату та скла.

Перехід до полімерних матеріалів забезпечує зниження ваги та вартості СК і геліосистеми в цілому. Питання застосування полімерних структурованих матеріалів у якості конструкційних для СК розглядалося в роботах [1, 3]. Існує велика кількість полімерних матеріалів, які потенційно можуть бути використані в конструкції плоского СК: поліметилметакрилат, полікарбонат, полісульфон, поліестерсульфон, поліамід, аморфний поліамід, волокнисті пластики, полівінілхлорид, поліметилпропілен, акрил.

Довготривале використання СК під дією атмосферних впливів висуває ряд жорстких вимог до конструкційних матеріалів: температурна стійкість у діапазоні від  $-15$  до  $+130^{\circ}\text{C}$ ; стабільність до ультрафіолетового (УФ) випромінювання; оптична прозорість матеріалу повинна бути не нижче 75%; мала питома вага; високі теплоізоляційні властивості; висока ударна міцність; низька горючість [2].

Найбільше практичне значення для даної сфери застосування має полікарбонат, який характеризується широким робочим температурним діапазоном, хорошими оптичними властивостями та стійкістю до атмосферних впливів. Одночасне поєднання високої прозорості, удароміцності, тепло- та морозостійкості зумовило широке використання полікарбонату як заміника скла. Полікарбонат буває двох видів: монолітний та стільниковий.

Монолітний полікарбонат – це суцільний полімерний лист без внутрішніх порожнеч. Зовні він нагадує звичайне силікатне скло, тільки легший і міцніший. Його, власне, і створили як альтернативу важкому та крихкому склу. Листи монолітного полікарбонату випускаються різними за товщиною, кольором, структурою поверхні та розмірами. Вони можуть бути також багат шаровими. Наприклад, верхній – зовнішній шар – має матову або шорстку поверхню, другий шар не пропускає УФ-випромінювання, а третій шар являє собою монолітний полікарбонат, який забезпечує високу міцність усїєї композиції.

© Л.П.Болоненкова, В.О.Габрінець, Л.В.Накашидзе, Г.І.Зарівняк, С.О.Митрохов, 2012

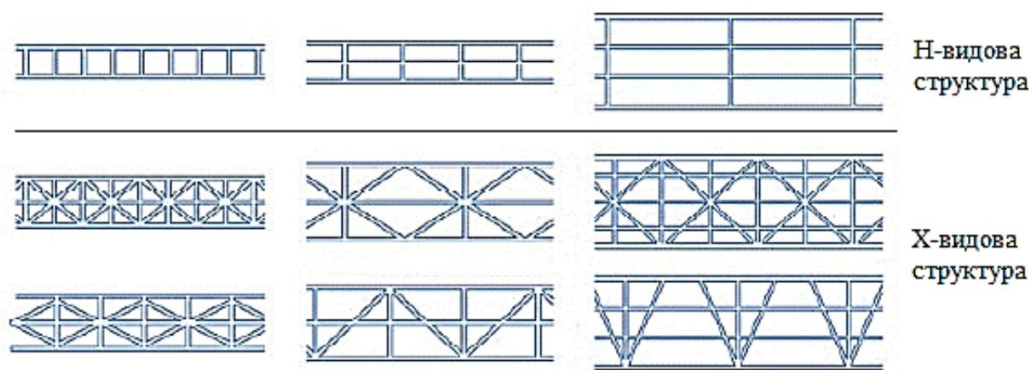


Рис. 1. Різновиди структур стільникових листів із полікарбонату.

Монолітний полікарбонат – унікальний матеріал, проте в горизонтальних перекриттях сьогодні він все-таки використовується рідко. У першу чергу, це пов'язано з його вартістю, яка значно вища за вартість стільникового полікарбонату. До того ж, монолітний полікарбонат не забезпечує такої теплоізоляції, як стільниковий.

Стільниковий полікарбонат – це листовий пластик, полегшений порівняно з монолітним за рахунок особливої структури (рис. 1). Він складається з 2-х зовнішніх пластин, між якими можлива наявність внутрішніх більш тонких пластин полікарбонату, з'єднаних поздовжніми або діагональними ребрами жорсткості, орієнтованими в напрямку довжини листа [4]. За рахунок цього лист володіє надзвичайною пластичністю, легкістю і одночасно міцністю. На сучасних екструдерах можна зробити лист із дуже тонкими стінками (0,3-0,7 мм) без втрати удароміцних характеристик і в той же час із дуже малою вагою.

Повітря, що міститься в порожнечах між шарами листа, забезпечує його високі теплоізоляційні властивості, а ребра жорсткості – велику конструктивну міцність по відношенню до ваги. Мала вага листів дозволяє створювати легкі, оригінальні та елегантні конструкції і виконувати монтаж без підйомних механізмів.

Структура елементарної "соті" стільникового листа з полікарбонату є основним параметром, який визначає фізичні та механічні властивості листа. До механічних властивостей відносяться здатність листа протистояти різним навантаженням, стійкість до вигину і стійкість до зсуву. До фізичних належать теплопередача, світлопропускання, шумоізоляція і питома вага. Всі ці параметри знаходяться у чіткій залежності один від од-

ного. Очевидно, що при малих товщинах 4-10 мм використовувати діагональні перегородки недоцільно: міцність, питома вага і світлопропускання при Н-видовій структурі на цих товщинах оптимальні. Тому для конструкції плоского СК раціонально використовувати полікарбонатні стільникові листи Н-видової структури.

Стільниковий полікарбонат має ряд властивостей, яких у повному обсязі не має жоден з інших прозорих матеріалів, що застосовуються в будівництві.

**1. Світлопропускаючі властивості.** Світлопропускання прозорих двошарових панелей стільникового полікарбонату досягає 86%. Крім прозорих панелей, виробляються білі панелі з різним ступенем світлопропускання: від напівпрозорих (опал) із коефіцієнтом світлопропускання (КСП) 50-75% і максимально насичених білих із коефіцієнтом 20-30% до повністю непрозорих сріблястих, що дозволяють досягти оптимальних для конкретного застосування показників (табл. 1). Світлопропускання панелей стільникового полікарбонату практично не знижується при довготривалій експлуатації у відкритому середовищі [4]. Жорстке ультрафіолетове випромінювання (діапазон менше 400 нм), яке шкідливо впливає на людину, рослини та обладнання, практично не проходить крізь полікарбонатний лист. Пропускання стільниковим полікарбонатом променів, розташованих у крайній частині інфрачервоної зони спектра (більше 5000 нм) є мінімальним, внаслідок чого тепло, що випромінюється, залишається всередині, створюючи парниковий ефект, що є додатковою перевагою при використанні цього матеріалу в якості заміни скла для СК.

Таблиця 1. Коефіцієнти світлопропускання, %.

Товщина листа, мм	4	6	8	10	16
Прозорий	86	86	85	85	76
Бронза	50	44	44	42	29
Опал	73	64	64	62	57

На рис. 2 наведено діаграму [4], яка відображує загальні параметри світлопропускання листа стільникового полікарбонату товщиною 6 мм.

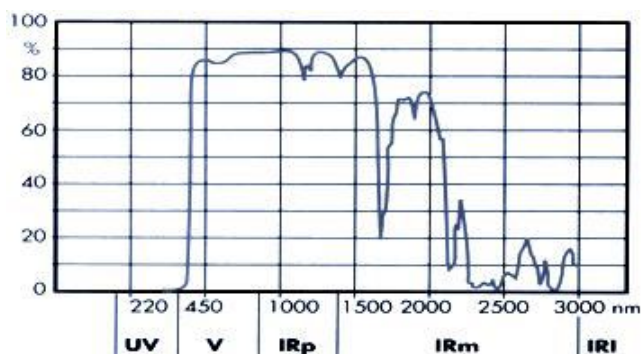


Рис. 2. Світлопропускання полікарбонатного стільникового листа: UV – ультрафіолет 136-400 нм; V – видиме світло 400-780 нм; IRp – інфрачервоні промені 780-1400 нм; IRm – інфрачервоні промені >1400-3000 нм; IRI – інфрачервоні промені 3000-1000000 нм.

Отже, дані таблиці 1 показують, що прозорі та напівпрозорі полікарбонатні панелі товщиною від 4 до 10 мм можуть бути ефективно використані в якості прозорої ізоляції СК, тому що їх КСП має досить високі значення у діапазоні сонячного спектра. Стільникові полікарбонатні пластики інших кольорів ефективно можуть бути використані в ролі абсорбера СК.

**2. Теплоізоляційні властивості.** Стільниковий полікарбонат у 200 разів міцніший і в 6 разів легший за скло і може бути використаний як його замітник [4]. Навіть найтонші панелі стільникового полікарбонату товщиною 4 мм за ступенем теплоізоляції майже у два рази перевершують просте скління (табл. 2). Панелі товщиною 8 мм відповідають склопакету, а панелі 16-25 мм перевершують показники теплоізоляції склопакетів із потрійним склінням.

Таблиця 2. Коефіцієнти теплопередачі (КТ)

Товщина листа, мм	4	6	8	10	16
КТ, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	3,9	3,6	3,4	3,1	2,3

Теплопровідність панелей стільникового полікарбонату – 0,2 Вт/(м·К).

**3. Звукоізоляційні властивості.** Звукоізоляційні параметри стільникового полікарбонату [4] відображені в табл. 3.

Таблиця 3. Коефіцієнти акустичної ізоляції (КАІ)

Товщина листа, мм	4	6	8	10	16
КАІ, дБ	15	16	16	17	21

Звукоізоляційні властивості полікарбонату відіграють важливу роль при спорудженні будівель з енергоактивними елементами, які одночасно є і огорожувальними елементами споруди, і елементами системи теплозабезпечення.

**4. Пожежобезпечність.** Стільниковий полікарбонат відноситься до групи слабогорючих матеріалів – Г1 за ГОСТ 30244-94 (слабогорючий за СНіП 21-01-97); група займистості – В2 за ГОСТ 30402-96 (в міру займистий за СНіП 21-01-97); група розповсюдження полум'я – РП1 за ДСТ Р 51032-97 (поширюються за СНіП 21-01-97) [4]. Він горить тільки у відкритому полум'ї і є самозатухаючим. Дані властивості задовольняють технічним вимогам до СК згідно з ГОСТ 28310-89.

**5. Стійкість в екстремальних погодних умовах.** Стільниковий полікарбонат зберігає всі механічні та оптичні властивості у діапазоні температур від –40 до +120°С. Панелі здатні витримувати значні снігові та вітрові навантаження, стійкі до сонячної радіації. Для усунення шкідливого впливу ультрафіолетових променів на матеріал використовується метод поверхневого нанесення прозорого УФ-стабілізуючого шару на зовнішню сторону стільникової панелі. Товщина УФ-захисту становить 30-50 мкм. Отже, стійкість в екстремальних погодних умовах робить придатним полікарбонат для використання в якості конструкційного матеріалу.

**6. Експлуатація та догляд.** Полікарбонат є досить простим в експлуатації, адже не потребує спеціальних засобів догляду. Для очищення полікарбонатних листів від забруднення або видалення з поверхні матеріалу пилу і бруду забороняється використовувати засоби, що включають солі лугу, альдегіди, феноли, ефіри, хлор, аміак, різні аміни, анілін, ацетон, метанол та ізопропанол, а також різні розчинники.

Таблиця 4. Порівняння властивостей полікарбонатних панелей та скла

Матеріал	Товщина, мм	Вага, кг/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт світлопропускання, %	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Опір на розламування, МПа	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
Скло	4	9,4	65	8,6	40	1,0
Стільниковий полікарбонат	4	0,8	86	3,9	60	0,2

Термін експлуатації панелей зі стільникового полікарбонату при дотриманні всіх рекомендацій виробника складає не менше 10 років.

Виходячи з вищеописаних властивостей полікарбонатних матеріалів [4], виконано порівняльний аналіз стільникового полікарбонату та скла (табл. 4).

**Висновки.** Проведений огляд властивостей полікарбонату та дані табл. 4 показують, що прозорі та напівпрозорі полікарбонатні панелі мають багато переваг перед традиційним склом. Заміна одинарного скління полікарбонатним листом дозволяє на порядок поліпшити теплоізоляційні характеристики. Тому дані матеріали можна ефективно використовувати в якості прозорої теплоізоляції для СК, оскільки вони мають високі значення коефіцієнта світлопропускання у широкому діапазоні сонячного спектра, як і скло. Для забезпечення кращих показників термоізоляції конструкцій із структурованих світлопрозорих полікарбонатних елементів для використання рекомендуються листи товщиною 4 та 6 мм. Застосування листів товщиною 8 та 10 мм, у випадках наявності значних перепадів температур на поверхні елемента, невіправдані, оскільки в елементах цих панелей вини-

кають процеси конвективної теплопередачі. Протікання конвективних процесів може значно знизити теплоізоляційні характеристики полікарбонатних листів. Стільникові полікарбонатні пластики інших кольорів доцільно використовувати у ролі абсорбера СК, оскільки їх структура передбачає умови для циркуляції теплоносія. Полікарбонатні матеріали позбавлені основних недоліків, які характерні для скла (висока питома маса та низька ударостійкість). Таким чином, унікальна сукупність усіх фізичних властивостей сприяє ефективному використанню стільникового полікарбонату в якості конструкційного матеріалу для створення СК.

1. Дорошенко А.В., Костенюк В.В., Джамаль Камаль Хусейн Перспективы развития солнечных коллекторов из полимерных материалов // Холодильна техніка і технологія. – 2009. – №1 (117). – С. 36–40.

2. Дорошенко А.В., Глауберман М.А., Роговская Э.Т. Солнечные плоские коллекторы из полимерных материалов // Физика аэродисперсных систем: Межведомственный науч. сб. – Одесса: Астропринт. – 2005. – Вып.42. – С. 32–46.

3. Сухий М.П., Козлов Я.М., Сухий К.М., Бражник Ю.В., Бурмістр М.В. Сонячні колектори на основі стільникових полікарбонатних пластиків // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. – №1. – С. 146–149.

4. [www.safplast.ru](http://www.safplast.ru).