

УДК 728.98.012.18

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛИЦЫ ЗА КРИТЕРИЕМ ВАРТОСТИ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ

БАБЕНКО М.М.<sup>1\*</sup>, докторант,БОРДУН М.В.<sup>2</sup>, аспірантНЕСІН О.А.<sup>3</sup>, м.н.с.САВИЦЬКИЙ М.В.<sup>4</sup>, д.т.н., проф.,ПАЛЕХОВА Л.Л.<sup>5</sup>, к.е.н., доцент

<sup>1\*</sup> Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [babenko.marina@yahoo.com](mailto:babenko.marina@yahoo.com), ORCID ID: 0000-0002-0775-0168

<sup>2</sup> Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [klmari@yandex.ru](mailto:klmari@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-8539-2423

<sup>3</sup> Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [asp\\_pgasa@ukr.net](mailto:asp_pgasa@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-2097-4059

<sup>4</sup> Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [sav15@ukr.net](mailto:sav15@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

<sup>5</sup> Кафедра маркетингу, Національний гірничий університет, пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, 49600 Україна, e-mail: [Palehovall@gmail.com](mailto:Palehovall@gmail.com)

**Анотація. Мета.** Аналіз основних властивостей сотового полікарбонату та визначення оптимального світлопрозорого покриття теплиці за критерієм вартості життєвого циклу. **Методика.** Визначення вартості 1 м<sup>2</sup> світлопрозорого покриття теплиці з урахуванням життєвого циклу споруди за допомогою методу розрахунку сукупної вартості (aggregate value - AV). **Результати.** Виконано аналіз основних властивостей сотового полікарбонату та розрахунку вартості 1 м<sup>2</sup> світлопрозорого покриття теплиці з урахуванням життєвого циклу споруди шляхом визначення сукупної вартості витрат (капітальних, експлуатаційних, а також витрат пов'язаних із ліквідацією споруди) за розрахунковий період 10 років при відсоткових ставках на капітал – 5%, 10% і 20%. **Наукова новизна.** Вперше отримано результати щодо вибору оптимального світлопрозорого покриття теплиці за критерієм вартості життєвого циклу споруди. **Практична значимість.** Отримані результати сприятимуть оптимальному вибору світлопрозорих конструкцій при проектуванні теплиць, які експлуатуються протягом всього року.

**Ключові слова:** теплиця; світлопрозоре покриття; сотовий полікарбонат; опір теплопередачі; вартість життєвого циклу

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛИЦЫ ПО КРИТЕРИЮ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

БАБЕНКО М.М.<sup>1\*</sup>, докторант,БОРДУН М.В.<sup>2</sup>, аспірант.НЕСІН А.А.<sup>3</sup>, м.н.с.,САВИЦЬКИЙ Н.В.<sup>4</sup>, д.т.н., проф.,ПАЛЕХОВА Л.Л.<sup>5</sup>, к.э.н., доцент

<sup>1\*</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562) 47-03-19, e-mail: [babenko.marina@yahoo.com](mailto:babenko.marina@yahoo.com), 0000-0002-0775-0168

<sup>2</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562) 47-02-98, [klmari@yandex.ru](mailto:klmari@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-8539-2423

<sup>3\*</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562) 47-03-19, e-mail: [asp\\_pgasa@ukr.net](mailto:asp_pgasa@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-2097-4059

<sup>4\*</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562) 47-02-98, e-mail: [sav15@ukr.net](mailto:sav15@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

<sup>5</sup> Кафедра маркетингу, Национальный горный университет, кафедра маркетинга, пр. Дмитрия Яворницкого 19, Днепро, 49600 Украина, e-mail: [Palehovall@gmail.com](mailto:Palehovall@gmail.com)

**Аннотация.** *Цель.* Анализ свойств сотового поликарбоната и определения оптимального светопрозрачного покрытия теплицы по критерию стоимости жизненного цикла. *Методика.* Определение стоимости 1 м<sup>2</sup> светопрозрачного покрытия теплицы с учетом жизненного цикла сооружения с помощью метода расчета совокупной стоимости (aggregate value - AV). *Результаты.* Выполнен анализ основных свойств сотового поликарбоната и расчеты стоимости 1 м<sup>2</sup> светопрозрачного покрытия теплицы с учетом жизненного цикла сооружения путем определения совокупной стоимости затрат (капитальных, эксплуатационных, а также расходов, связанных с ликвидацией сооружения) за расчетный период 10 лет при процентных ставках на капитал - 5%, 10% и 20%. *Научная новизна.* Впервые получены результаты по выбору оптимального светопрозрачного покрытия теплицы по критерию стоимости жизненного цикла сооружения. *Практическая значимость.* Полученные результаты будут способствовать оптимальному выбору светопрозрачных конструкций при проектировании круглогодичных теплиц.

*Ключевые слова:* теплица; светопрозрачное покрытие; сотовый поликарбонат; сопротивление теплопередаче; стоимость жизненного цикла

## THE RATIONAL DESIGN OF GREENHOUSE ON THE CRITERION OF VALUE OF LIFE CYCLE

BABENKO M.M.<sup>1\*</sup>, *Post. Dr. PhD.*,

BORDUN M.V.<sup>2</sup>, *pg stud.*

NESIN A.A.<sup>3</sup>, *Junior Researcher*,

SAVYTSKYI M.V.<sup>4</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

PALEKHOVA L.L.<sup>5</sup>, *Ph. D (economy)*

<sup>1\*</sup> Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38(0562) 47-03-19, e-mail: [babenko.marina@yahoo.com](mailto:babenko.marina@yahoo.com), 0000-0002-0775-0168

<sup>2</sup> Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38(0562) 47-0-98, [klmari@yandex.ru](mailto:klmari@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-8539-2423

<sup>3\*</sup> Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38(0562) 47-03-19, e-mail: [asp\\_pgasa@ukr.net](mailto:asp_pgasa@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-2097-4059

<sup>4</sup> Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [sav15@ukr.net](mailto:sav15@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

<sup>5</sup> National Mining University, Department of Marketing, pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnipro, 49600 Ukraine, e-mail: [Palehovall@gmail.com](mailto:Palehovall@gmail.com)

**Abstract. Purpose.** The analysis of the main properties of polycarbonate and the optimal selection of the transparent coating for greenhouse by criteria the life cycle cost. **Methodology.** The definition of cost 1 m<sup>2</sup> transparent cover of greenhouse taking into account the life cycle of buildings by method of calculation the aggregate value (AV). **Findings.** The main properties of polycarbonate are analyzed and calculations of cost 1 m<sup>2</sup> of transparent greenhouse cover from polycarbonate are carried out taking into account the life cycle of the building by the defining the total cost, which consists of capital cost, operational cost and recycling cost, for the period of 10-years when interest rates on capital – 5 %, 10 % and 20 %. **Originality.** The recommendations for the selection of the optimal transparent cover for greenhouse was developed based on the criteria for resistance to heat transfer and the cost of the life cycle of building. For the first time, the results of the optimal selection of transparent coating for greenhouse were obtained by the criterion of life cycle cost. **Practical value.** The results, which were obtained will contribute to the optimal selection of transparent coating for the design of year-round greenhouses.

**Key words:** greenhouse; transparent coating; cellular polycarbonate; resistance to heat transfer; life cycle cost

### Постановка проблеми

Сьогодні забезпечення населення якісними і доступними продуктами харчування в достатній кількості одне з найголовніших питань для будь-якої держави.

При цьому, на думку медиків, продукти харчування рослинного походження (овочеві культури та фрукти) складають основу здорового харчування і повинні бути присутні у щоденному раціоні кожної людини.

У зв'язку з цим, все більшої популярності набуває рослинництво захищеного ґрунту, яке дозволяє забезпечити населення свіжими овочами та фруктами протягом всього року.

Сьогодні, для покриття теплиць використовують наступні світлопрозорі матеріали: поліетиленова плівка, скло і стільниковий полікарбонат.

Інтенсивний розвиток теплиць під плівку прийшовся на 60-ті роки ХХ століття, чому сприяла поява полімерної плівки. Поліетиленова плівка – одне із найбільш поширених, дешевих покриттів для теплиць, але і саме недовговічне (1-2 роки експлуатації).

Для покриття теплиць застосовується стабілізована поліетиленова плівка 150 - 200 мікрон. За рахунок введення в плівку світлостабілізуючих добавок вона набуває стійкості до руйнуючого ультрафіолетового випромінювання. Залежно від кліматичних характеристик використовується одинарна або подвійна плівка. Подвійна плівка більш міцна, але і має меншу ступінь світлопропускання [7].

Серед переваг плівки можна відзначити її вкрай малу вагу -  $0,19 \text{ кг/м}^2$ , легкість транспортування і монтажу, невисоку вартість, високу ступінь прозорості - до 93%.

Серед основних недоліків – це, насамперед, її недовговічність. Максимальний термін служби, який заявляють сучасні виробники - п'ять років. Але при експлуатації вплив навколишнього середовища і погодні умови (сильний вітер, град, пил тощо) значно зменшують строк служби такого покриття і знижують його світлопроникність. Крім того, на внутрішній стороні плівки накопичується конденсат, який сприяє поширенню шкідливих мікроорганізмів, що викликають хвороби рослин.

Скло - традиційний матеріал, якому більше двохсот років не було альтернативи. Безсумнівним достоїнством скла є висока прозорість, що не змінюється з часом - до 92%. Завдяки низькому пропусканню в області інфрачервоного

в 16 разів менше скла і в 3 рази менше акрилу аналогічної товщини; високі теплоізоляційні властивості (коефіцієнт теплопровідності -  $205 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ); стійкість до атмосферних впливів; висока ударна в'язкість ( $250...500 \text{ кДж/м}^2$ ); висока міцність (при статичному вигині  $77-120 \text{ МН/м}^2$ ), що в 200 разів вище, ніж для скла та у 8 разів міцніше акрилових

теплиць, які функціонують цілий рік, являють собою складні, дорогі і енергоємні технічні об'єкти з розгалуженою інфраструктурою електро-, тепло- і водопостачання.

Для формування необхідного мікроклімату, який забезпечуватиме нормальний ріст рослин в таких теплицях, головну роль відіграє сонячне випромінювання, що проникає в теплицю через світлопрозорі конструкції і створює необхідний світловий і температурно-вологісний режим. Тому до вибору матеріалу для світлопрозорих конструкцій цілорічних теплиць необхідно ставитися дуже ретельно і мати чітке уявлення про переваги і недоліки сучасних покриттів для теплиць.

### Аналіз досліджень та публікацій

випромінювання, скло забезпечує створення «тепличного», або «парникового», ефекту і тим самим, сприятливого температурно-вологісного режиму в теплиці. Хімічна інертність і висока стійкість до абразивних впливів дають можливість поверхні скла зберігати бездоганний зовнішній вигляд необмежений час. Термін служби скла перевершує всі інші матеріали - до 50 років.

Проте, скло достатньо хрупкий матеріал, часто б'ється, не витримує снігового навантаження і ударів граду. Значним недоліком скляного покриття є його вага, яка, в середньому, складає  $10 \text{ кг/м}^2$ , тому слід враховувати той факт, що будівництво каркасу і фундаменту теплиці із скла – це значні витрати у порівнянні із іншими матеріалами, такими як поліетиленова плівка і стільниковий полікарбонат. Також скло має високу теплопровідність  $0,72-0,9 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , що підвищує витрати на додатковий обігрів теплиці в холодний період.

Сьогодні все частіше використовують для улаштування покриттів теплиць сотовий полікарбонат, який має незаперечні переваги перед іншими матеріалами.

Сотовий полікарбонат — полімерний лист з внутрішньою структурою, яка являє собою дво-, три- або чотиришарову конструкцію, заповнену великою кількістю поздовжніх перемичок (ребер жорсткості). Ребра жорсткості можуть утворювати квадрати, трикутники, хрестові структури.

Пластичність полікарбонату дозволяє формувати стільникові листи різної конфігурації (зигзаго- і хвилеподібні), а також профільовані листи.

Сотовий полікарбонат має наступні характеристики: світлопроникність - висока прозорість для видимого випромінювання (80-86%); мала питома вага ( $1200 \text{ кг/м}^3$ ) - важить

пластиків і ПВХ; морозостійкість (до  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ ); теплостійкість (до  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ ); стійкий до дії кислот, розчинів солей, окислювачів; відноситься до категорій негорючих матеріалів [7].

Широке впровадження в практику будівництва визначило вирішення проблеми захисту полікарбонату від руйнівного впливу сонячного

ультрафіолету шляхом покриття його тонким (60-100 мкм) шаром захисного матеріалу за допомогою соекструзії [5].

Випускають стільниковий полікарбонат у вигляді панелей товщиною від 4 до 50 мм [8].

При проектуванні світлопрозорих покриттів із сотового полікарбонату зазвичай керуються технічними характеристиками матеріалу, такими як опір теплопередачі, світлопропускання, питома вага, механічна міцність. Всі ці характеристики змінюються в залежності від товщини листа полікарбоната і впливають на його вартість.

Однією із найбільш важливих технічних характеристик, яка впливає на вартість не тільки матеріалу, але і на подальші витрати на опалення вегетарію є опір теплопередачі.

В існуючих дослідженнях даних про теплозахисні властивості сотового полікарбонату і про їх вплив на вартість життєвого циклу споруди недостатньо, тому це питання потребує додаткового вивчення.

### Мета

Аналіз основних властивостей сотового полікарбонату та визначення оптимального

світлопрозорого покриття теплиці за критерієм вартості життєвого циклу.

### Викладення матеріалу

Сьогодні на вітчизняному ринку сотовий полікарбонат представлений у великому асортименті різними компаніями виробниками. Його ціна може бути різною, в залежності від характеристик матеріалу, якості, розміру листа, виробника.

Найбільш важливими характеристиками для сотових полікарбонатів, які використовуються при будівництві теплиць, є наступні: світлопропускання, опір теплопередачі, питома вага, механічна міцність, термін експлуатації.

Визначальним фактором при виборі полікарбонату для теплиці є товщина панелі, від якої безпосередньо залежать її технічні характеристики і вартість. Основні технічні характеристики і вартість найбільш поширених різновидів сотового полікарбонату для улаштування світлопрозорих покриттів теплиць і вегетаріїв представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики сотового полікарбонату та його вартість / The main technical characteristics of cellular polycarbonate and its cost

Товщина листа, мм	4	6	8	10	16	20	25	32
Питома вага, кг/м <sup>2</sup>	0,8...1,0	1,3	1,5...1,7	1,7...2,0	2,5...2,7	3,0...3,1	3,4...3,5	3,7
Опір теплопередачі, м <sup>2</sup> ·К/Вт	0,24...0,26	0,27...0,31	0,28...0,42	0,29...0,40	0,36...0,51	0,37...0,56	0,65...0,68	0,63...0,83
Світлопропускання (для прозорого безкол. листа), %	83	82	82	80	76	51...79	48...79	50...73
Мінімальний радіус вигину, м	0,7	1,05	1,2...1,4	1,5...1,75	2,4...2,8	3,5	3,75...4,4	4,8...5,7
Вартість 1 м <sup>2</sup> , грн	73...90	150...180	172...200	195...230	287...369	394...430	460...465	525...534
Термін експлуатації	не менше 10 років							

Теплиця, як і будь-який об'єкт будівництва, проходить наступні стадії життєвого циклу: створення, експлуатація і ліквідація.

Тому при оцінюванні вартості огорожуючих світлопрозорих конструкцій теплиці необхідно враховувати витрати, пов'язані із життєвим циклом споруди. Для урахування цих витрат застосовуються три різні методи [3]:

1) метод розрахунку чистої поточної (дисконтованої) вартості (NPV - net present value);

2) метод розрахунку сукупної вартості (сукупних витрат, загальних витрат) (aggregate value - AV);

3) метод розрахунку загальної річної вартості (aggregate annual value - AAV).

У даній роботі проводилося визначення вартості 1 м<sup>2</sup> світлопрозорого покриття теплиці із сотового полікарбонату з урахуванням життєвого циклу споруди при різних відсоткових ставках на капітал за допомогою методу розрахунку сукупної вартості (сукупних витрат, загальних витрат) (aggregate value - AV).

Метод розрахунку сукупної (дисконтованої) вартості (сукупних витрат, загальних витрат) (aggregate value - AV) полягає в перетворенні всіх витрат на будівництво, витрат на експлуатацію споруди за весь передбачуваний термін його служби та на ліквідацію споруди в розрахункову суму на рік очікуваного знесення споруди (так звані накопичені витрати) [3].

Сукупні витрати на будівництво, експлуатацію та ліквідацію теплиці визначаються відповідно до залежності:

$$C_{i,t} = K_{i,0}g^t + E_i \frac{g^t - 1}{g - 1} + K_i(\tau = t) \quad (1)$$

де:  $C_{i,t}$  – сукупні витрати на будівництво, експлуатацію та ліквідацію споруди;

$K_{i,0}$  – капітальні вкладення (інвестиції) на будівництво споруди по і-му варіанту;

$K_i(\tau=t)$  – капітальні витрати на ліквідацію (знесення) споруди по і-му варіанту;

$E_i$  – річні експлуатаційні витрати на утримання будівлі при  $i$ -м варіанті;

$t$  – термін служби (експлуатації), рік;

$p$  – норма дисконта;

$g$  – коефіцієнт накопичення:  $g=1+p$ ;

$g^t$  – коефіцієнт дисконтування (дисконтний множник) до кінця розрахункового періоду:  $g^t=(1+p)^t$ ;

$(g^t-1)/(g-1)$  – коефіцієнт зростання поточних платежів, приведених до майбутнього моменту часу для ряду однорідних за періодами платежів.

Розрахунки проводилися для  $1 \text{ м}^2$  світлопрозорої конструкції теплиці, при умові будівництва його в Дніпропетровській області, терміні експлуатації 10 років.

При визначенні капітальних витрат було враховано вартість комплектуючих деталей для монтажу світлопрозорої конструкції, вартість металевих каркасу і фундаменту теплиці, а також витрати пов'язані із будівництвом споруди.

$$K_{i,0} = C_n \cdot 3 \quad (2)$$

де  $C_n$  – ринкова вартість  $1 \text{ м}^2$  прозорого полікарбонату, грн. (для розрахунку приймалося мінімальне значення із таблиці 1).

За  $E_i$  річні експлуатаційні витрати приймалися витрати на опалення теплиці, які визначалися згідно [1], при вартості  $1 \text{ Гкал} = 1350 \text{ грн}$ .

$$E_i = \frac{K \cdot F_{\Sigma} \cdot (t_b - t_3) \cdot z_{on} \cdot 24}{1000} \quad (3)$$

де  $K$  – тепловтрати через  $1 \text{ м}^2$  світлопрозорого покриття теплиці,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$  [1],

$F_{\Sigma}$  – площа світлопрозорої огорожуючої конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$t_b$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  (для розрахунку прийнята  $t_b = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ );

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  (для Дніпропетровської області  $t_3 = -0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  для опалювального періоду) [2];  $z_{on}$  – тривалість опалювального періоду (для Дніпропетровської області  $z_{on} = 172$  доби) [2];

24 – кількість годин у добу;

1000 – для перерахування  $\text{Вт}$  в  $\text{кВт}$ .

При визначенні витрат на ліквідацію конструкції були враховані лише витрати пов'язані із вартістю світлопрозорого покриття, тому що металевий каркас і фундамент теплиці мають значно довший термін експлуатації.

$$K_i(\tau=t) = C_{\Pi} \quad (4)$$

Розрахунки по визначенню капітальних витрат на будівництво, експлуатацію і ліквідацію споруди проводилися для різної товщини листа сотового полікарбонату. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Витрати на будівництво, експлуатацію і ліквідацію 1 кв. м теплиці в залежності від товщини полікарбонату/ Expenses for construction, operation and liquidation of 1 sq.m. greenhouse according to the thickness of polycarbonate**

Вид витрат	Товщина листа, мм							
	4	6	8	10	16	20	25	32
Капітальні витрати на 1 кв.м., $K_{i,0}$ , грн	219,0	450,0	516,0	585,0	861,0	1182,0	1380,0	1575,0
Річні експлуатаційні витрати, $E_i$ , грн	316,0	280,0	270,0	260,0	210,0	205,0	117,0	91,0
Витрати на утилізацію, $K_i(\tau=t)$ , грн	73,0	150,0	172,0	195,0	287,0	394,0	460,0	525,0

Економічне оцінювання життєвого циклу було проведено шляхом визначення сукупної вартості витрат (капітальних, експлуатаційних, а також витрат пов'язаних із ліквідацією споруди) за розрахунковий період 10 років при різних відсоткових ставках на капітал – 5%, 10% і 20%.

Визначення сукупної вартості виконувалося по формулі (1) виходячи із припущення, що капітальні витрати одноразові, а щорічні експлуатаційні витрати на протязі всього розрахункового періоду постійні. Всі постійні витрати в окремі роки протягом терміну служби споруди приводилися до їх майбутнього значення на розрахунковий момент терміну служби споруди [3, 4].

Результати розрахунку представлені на рис. 1 і в таблиці 3.

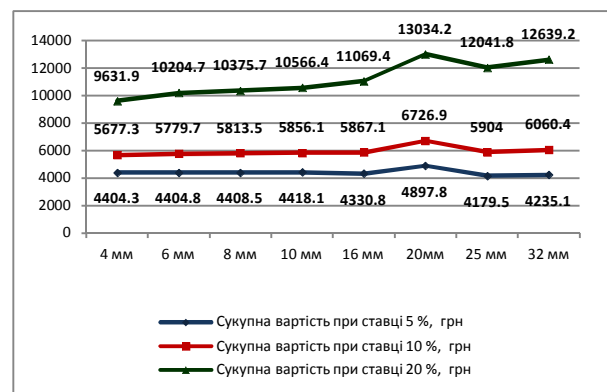


Рис.1. Залежність сукупної вартості життєвого циклу 1 кв. м теплиці від товщини полікарбонату з урахуванням дисконтування із різними відсотковими ставками / Dependence of the total life cycle cost of 1 square. m greenhouse from thickness of polycarbonate with discounting by different interest rates

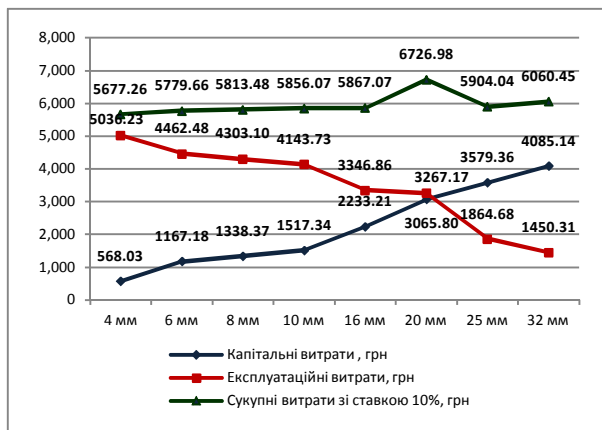
Таблиця 3

**Сукупна вартість життєвого циклу 1 кв. м теплиці в залежності від товщини полікарбонату з урахуванням дисконтування / The total life cycle cost of 1 sq. m greenhouse according to the thickness of polycarbonate with discounting**

	Товщина листа, мм							
	4	6	8	10	16	20	25	32
Сукупна вартість при ставці 5 %, грн	4404,3	4404,8	4408,5	4418,1	4330,8	4897,8	4179,5	4235,1
Сукупна вартість при ставці 10 %, грн	5677,3	5779,7	5813,5	5856,1	5867,1	6726,9	5904,0	6060,4
Сукупна вартість при ставці 20 %, грн	9631,9	10204,7	10375,7	10566,4	11069,4	13034,2	12041,8	12639,2

Аналіз розрахунків показує, що найбільша сукупна вартість при різних відсоткових ставках на

Розглянемо більш детально зміни окремих складових сукупної вартості життєвого циклу споруди (капітальні витрати, експлуатаційні витрати, витрати на ліквідацію) з урахуванням дисконтування із відсотковою ставкою 10% в залежності від товщини світлопрозорого покриття (рис.2).

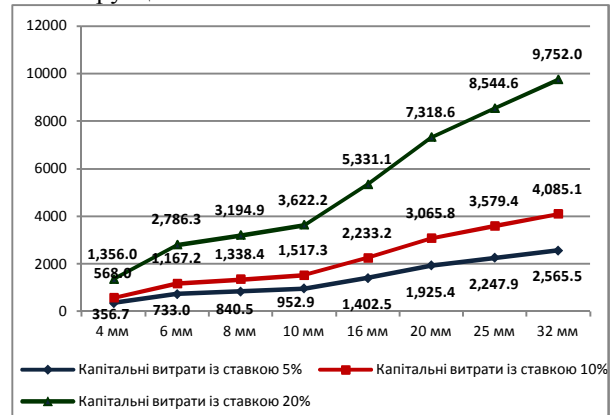


*Рис. 2. Залежність складових сукупної вартості від товщини полікарбонату з урахуванням дисконтування із відсотковою ставкою 10% / Dependence of total cost components from thickness of polycarbonate, with discounting by an interest rate of 10%*

Із даних, які представлені на рис.2., бачимо, що експлуатаційні витрати (витрати на опалення теплиці) знижуються при збільшенні товщини світлопрозорої огорожуючої конструкції, але при цьому капітальні витрати з урахуванням відсоткової ставки значно збільшуються.

Для визначення динаміки зміни витрат на капітальні вкладення в залежності від відсоткової ставки на капітал порівнюємо варіанти зі ставкою 5%, 10%, 20% відповідно (рис.3).

капітал припадає на товщину огорожуючої конструкції 20 мм.



*Рис. 3. Динаміка змін витрат на капітальні вкладення в залежності від відсоткової ставки на капітал / Dynamics of expenditures on capital investments depending on interest rate on capital*

Проаналізувавши графік, можна стверджувати, що при зростанні відсоткової ставки на капітал, капітальні витрати з урахуванням дисконтування при терміні експлуатації споруди 10 років значно збільшуються на більш високих ставках.

### Висновки

При виборі оптимального світлопрозорого покриття із сотового полікарбонату для теплиці за критерієм вартості життєвого циклу необхідно враховувати наступне:

1. Із збільшенням товщини огорожуючої світлопрозорої конструкції покращуються її теплозахисні властивості, що знижує експлуатаційні витрати, а саме витрати на опалення.

2. Капітальні витрати зі збільшенням відсоткової ставки значно зростають. Слід зазначити, чим більша відсоткова ставка на капітал, тим вигідніше скорочувати початкові капітальні вкладення завідомо йдучи на збільшення експлуатаційних витрат.

Враховуючи викладене вище, можна зробити висновок, що, на сьогодні, вартість енергоресурсів необхідних для опалення вегетарію, не настільки висока для того, щоб переkritи капітальні витрати на будівництво при високих ставках на капітал.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. Зміна №1 – Київ: Мінбуд України, - 2013.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія – Київ: Мінрегіонбуд України, - 2011.-123 с.
3. Нікіфорова Т.Д. Наукові основи і методи розрахунку конструкцій заглиблених будівель з урахуванням зовнішніх впливів: дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.01 / Нікіфорова Тетяна Дмитрівна; ПДАБА – Дніпро, 2016. – 349 с.
4. Колотилкин Б.М. Надежность функционирования жилых зданий/ Б.М. Колотилкин.– Москва: Стройиздат, - 1989. – 376 с.
5. Технические характеристики сотового поликарбоната [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tehnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html>
6. Как выбрать теплицу из сотового поликарбоната [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://srbu.ru/blagoustrojstvo-territorii/245-kak-vybrat-teplitsu-iz-polikarbonata.html>
7. Сравнительная характеристика материалов для остекления промышленных теплиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.agrimodern.ru/statii\\_p\\_2.html](http://www.agrimodern.ru/statii_p_2.html)
8. Полікарбонат. Матеріал з Вікіпедії [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Полікарбонат>

## REFERENCES

1. *DBN V.2.6-31:2006. Teplova izoliatsiia budivel. Zmina №1* [Thermal insulation of buildings. Change 1.] – Kyiv: Minbud Ukrainy, - 2013.
2. *DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budivelna klimatolohiia* [Civil Engineering Climatology]– Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, - 2011.-123 p.
3. *Nikiforova T.D. Naukovi osnovy i metody rozrakhunku konstruksii zahlyblynykh budivel z urakhuvanniam zovnishnykh vplyviv* [Scientific bases and methods of calculation of structures of earth sheltered buildings taking into account external influences.]: *dyss. ... dokt. tekhn. nauk: 05.23.01 «Budivelni konstruksii, budivli ta sporudy»* [The thesis...doctor of technical science: 05.23.01 «Building constructions, buildings and structures.»] PDABA – Dnipro, 2016. – 349 p.
4. *Kolotilkin B.M. Nadezhnost funktsionirovaniya zhilyih zdaniy* [Reliability of the functioning of residential buildings.] Moskva: Stroyizdat, - 1989. – 376 p.
5. *Teplotehnicheskie harakteristiki sotovogo polikarbonata* [Technical characteristics of cellular polycarbonate] Elektronniy resurs. – Rezhim dostupu : <http://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tehnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html>
6. *Kak vyibrat teplitsu iz sotovogo polikarbonata* [How to choose a greenhouse made of cellular polycarbonate] Elektronniy resurs – Rezhim dostupu : <http://srbu.ru/blagoustrojstvo-territorii/245-kak-vybrat-teplitsu-iz-polikarbonata.html>.
7. *Sravnitel'naya harakteristika materialov dlya ostekleniya promyshlennyih teplits* [Comparative characteristics of materials for glazing of industrial greenhouses] Elektronniy resurs – Rezhim dostupu : [http://www.agrimodern.ru/statii\\_p\\_2.html](http://www.agrimodern.ru/statii_p_2.html).
8. *Polikarbonat. Material z Vikipediya* [Polycarbonate. Wikipedia] Elektronniy resurs – Rezhim dostupu: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Polikarbonat>.

Стаття поступила до редколегії 25.04.2017