

---

---

## ТЕПЛОМАСООБМІН

---

---

УДК 697

**Дорошенко А.В.<sup>1</sup>, Халак В.Ф.<sup>1</sup>, Глауберман М.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Одесская национальная академия пищевых технологий  
<sup>2</sup> Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова  
E-mail: [dor\\_av43@i.ua](mailto:dor_av43@i.ua)

### **Разработка и экспериментальное исследование рабочих характеристик полимерных солнечных коллекторов для энергетических систем**

*Потребление электричества на нагрев воды составляет значительную часть от общего энергопотребления. Наиболее часто для нагрева воды используют электронагреватели, либо газовые бойлеры. Широкое распространение во многих странах получили солнечные водонагревательные системы, которые могут использоваться для снижения пиковых нагрузок, а в отдельных случаях для полной замены традиционных систем при использовании баков-аккумуляторов с системой накопления энергии. Одним из самых дорогих элементов такой системы является солнечный коллектор, стоимость которого зависит от используемых материалов в его конструкции. Плоские жидкостные коллекторы из полимерных материалов в последние годы интенсивно разрабатываются из-за их сравнительно низкой стоимости, малого веса, и коррозионной устойчивости с целью заменить металлические коллекторы в широком диапазоне применений. В настоящей работе рассмотрены варианты экспериментально исследованных полимерных коллекторов в последнее десятилетие. Экспериментальные результаты исследованных полимерных солнечных коллекторов были обработаны и сравнены с существующими исследованиями в этой области. Показано, что разные виды полимерных материалов могут быть использованы в конструкции теплоприемника (абсорбера) и прозрачного покрытия на достаточно высоком температурном уровне, при использовании полимерных материалов с добавками, повышающими срок службы и температурную устойчивость. Исследовано влияние воздушного зазора на эффективность солнечного коллектора, и показано что при малых скоростях ветра оно незначительно. Использование полимерных материалов в солнечных полимерных коллекторах это важный шаг на пути к более экологичной системе преобразования энергии для решения проблем связанных с ростом глобального спроса на электроэнергию.*

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, полимерные материалы, эффективность, эксперимент

**Введение.** Согласно отчёту IRENA 2019 [1] затраты электроэнергии на отопление и кондиционирование в жилых помещениях составляют около 51%, в то время как рост возобновляемой энергетики в этом секторе очень медленный (на 2019 год он составил лишь 10% от этих затрат). В домашних системах горячего водоснабжения и отопления доля использования электроэнергии для нагрева воды составляет около 30% [2] от суммарного электропотребления. Системы кондиционирования воздуха прибавляют к этому числу дополнитель-

но 17%. Для решения этих задач могут быть использованы системы кондиционирования на основе солнечных абсорбционных циклов [2].

Поскольку количество новых зданий неуклонно растет, а с ними и рост потребления электроэнергии, использование возобновляемых источников для нагрева воды и систем отопления позволяет значительно уменьшить нагрузку на электросеть. В мире идет активное развитие этой отрасли, среди лидеров по суммарной установленной мощности солнечных водонагревательных коллекторов в 2018 году стали Китай, США, Турция, Германия, Бразилия [1].

**1. Перспективы использования полимерных материалов в солнечных жидкостных коллекторах.** Традиционные плоские жидкостные солнечные коллекторы изготавливаются из цветных металлов, в которых для предотвращения коррозии в качестве теплоносителя используют специальные антикоррозионные жидкости, что отражается на их стоимости. Для нагрева воды из системы водоснабжения альтернативой могут быть солнечные коллекторы из полимерных материалов (СКЖ/П) [1]. Типичная конструкция такого коллектора изображена на Рис 1. и состоит из корпуса (1), теплоизоляции дна (2), полимерной плиты теплоприемника (3), гидравлических коллекторов (4,5) и прозрачного покрытия (ПП) из стекла или листового прозрачного полимера (6). Преимуществами полимерных материалов является малый вес, низкая стоимость по сравнению с цветными металлами, устойчивость к коррозии. При использовании в качестве элементов солнечного коллектора полимерных материалов к ним предъявляются следующие требования: устойчивость к рабочим температурам воды и давлению, а также к воздействию ультрафиолетового излучения.

Прицип работы солнечного жидкостного коллектора основан на поглощении падающего на его теплоприемник солнечного излучения, вследствие чего вода (теплоноситель), циркулирующая через него, нагревается. Циркулирующий теплоноситель из теплоприемника поступает в верхнюю часть бака-теплоаккумулятора, и затем более холодный теплоноситель из нижней части возвращается в коллектор, где нагревается. Холодная вода из системы водоснабжения поступает в нижнюю часть БА, в то время как нагретая вода из его верхней части поступает потребителю.

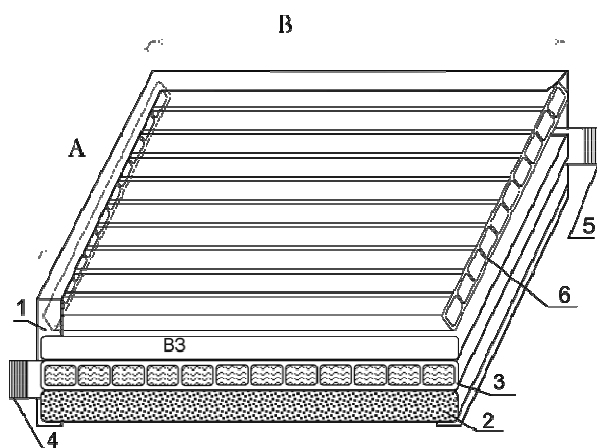


Рис. 1 Схематическое изображение полимерного солнечного коллектора

Существует большое количество полимерных материалов, которые потенциально могут применяться в производстве полимерных коллекторов [3–5], хотя постоянное развитие технологий приводит к появлению новых полимеров и улучшению свойств существующих. В зависимости от применяемых наполнителей и способа производства, свойства пластиков могут изменяться в сторону большей устойчивости к ультрафиолету, повышению термической стабильности (устойчивость к высокой температуре) и прочности. Улучшение характеристик хорошо видно на примере поликарбоната, который разрушается и желтеет при воздействии ультрафиолета примерно за год, но его изготовление с защитным слоем от ультрафиолета повышает срок службы примерно до 10 лет [6]. Широкий обзор применяемых полимеров для теплоприемника и прозрачного покрытия рассмотрен в работе [7].

Полимерные материалы могут использоваться и в металлических жидкостных коллекторах (примером могут быть работы Ghoneim [8] и Kessentini [9]). В работе Ghoneim [8] использовался ячеистый полимерный материал, размещенный в пространстве воздушного зазора СКЖ для уменьшения естественной циркуляции воздуха. Автор исследовал влияние сотовой поликарбонатной пластины, помещенной в пространство между прозрачным покрытием из стекла и теплоприемником на снижение конвективного теплообмена между теплоприемником и прозрачным покрытием. Для оценки влияния полимерной вставки на эффективность были исследованы варианты с нею («with honeycomb», w/hc) и без нее («without honeycomb», wo/hc). Сотовая вставка снизила оптический КПД незначительно по сравнению со снижением коэффициента тепловых потерь.

Kessentini и др. [9] предложили численную модель для оптимизации конструкции алюминиевого солнечного коллектора с прозрачным покрытием из стекла. Для уменьшения конвективных потерь и веса СКЖ также была использована полимерная сотовая вставка расположенная между прозрачным покрытием и теплоприемником. В нижней части коллектора был расположен воздушный канал с автоматической принудительной вентиляцией для защиты от стагнации. По результатам исследования были предложены оптимальные геометрические характеристики коллектора: толщина изоляции дна и боковых сторон коллектора – 60 мм, высота сотовой вставки – 80 мм, высота зазора между теплоприемником и сотовой вставкой – 15 мм, высота вентиляционного канала – 20 мм.

**2. Основные задачи исследования.** Плоские коллекторы из полимерных материалов изучались многими исследователями, например Ehrenwirth [10], Martinopoulos [11], Cristofari [12], но внимания к влиянию высоты воздушного зазора на характеристики СКЖ в них не уделялось.

Авторами разработаны и испытаны два варианта солнечных коллектора из полимерных материалов, с эффективностью, сравнимой с существующими аналогами, и малой стоимостью. В качестве полимерного материала был выбран поликарбонат, свойства которого приведены в табл. 1. Сравнимые варианты полимерных СКЖ отличались высотой воздушного зазора

Анализ, проведенный по методике полного жизненного цикла (ПЖЦ) выполненный Chen [13] для СКЖ/П; и Carlsson [14] для металлических плоских,

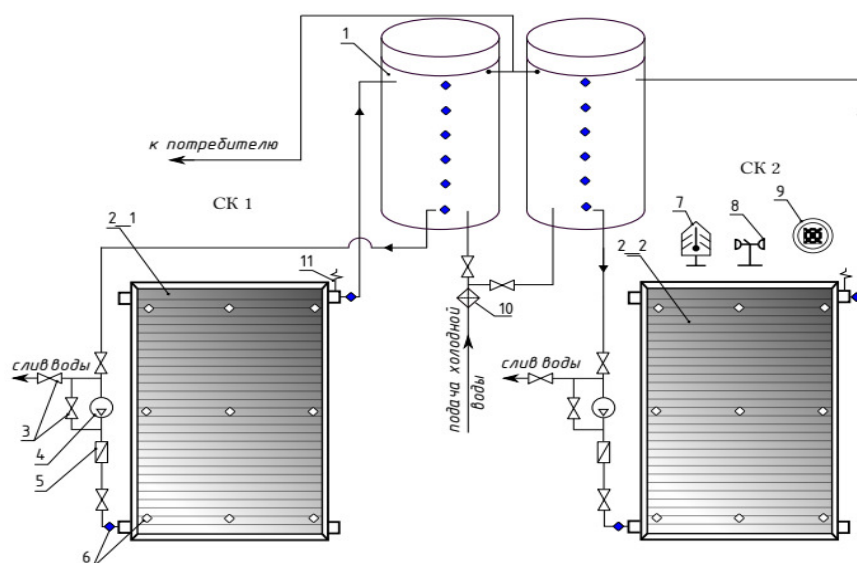
**Таблица 1.** Некоторые свойства поликарбоната

Точка размягчения	150-160 °С
Растворимость в воде	нерастворим
Теплопроводность материала	3 Вт·м <sup>2</sup> /К

вакуумных и полимерных плоских коллекторов демонстрирует положительное влияние полимерных материалов на экологические характеристики при их использовании в конструкции СКж по сравнению с традиционными металлическими и вакуумными солнечными коллекторами.

**3. Методология исследований.** Сравнительные исследования разработанных полимерных СКж проводились в открытой среде. Экспериментальный стенд состоял из двух полимерных коллекторов (площадью 1.26 м<sup>2</sup> каждый) с разной величиной воздушного зазора между поверхностью теплоприемника и прозрачным покрытием (СК10 – 10мм, СК25 – 25мм), двух баков-теплоаккумуляторов емкостью по 80 л, центробежного насоса. Схема стенда изображена на рис 2. Для определения тепловой эффективности измерялось количество падающего на плоскость СК солнечного излучения  $G_t$ , температура пластины теплоприемника  $T_{\text{пл}}$ , температура окружающего воздуха  $T_a$ , расход жидкости, скорость ветра. Для облегчения сравнения результатов испытаний с зарубежными аналогами рекомендуется устанавливать коллектор таким образом, чтобы угол наклона апертуры относительно горизонтали составлял  $45^\circ \pm 5$  [18], поэтому угол наклона был выбран равным  $45^\circ$ .

Массовый расход рециркулирующей жидкости во время испытаний поддерживался постоянным на уровне 0.023 кг/с, средняя скорость ветра в период испытаний была 1 м/с. Набор из девяти датчиков температуры DS18B20 ис-



**Рис. 2.** Схематическое изображение испытательного стенда: 1 – БТА; 2\_1 – СК с воздушным зазором 10 мм; 2\_2 – СК с воздушным зазором 25 мм; 3 – запорный вентиль; 4 – насос; 5 – расходомер; 6 – термомпара; 7 – термометр; 8 – анемометр; 9 – пиранометр; 10 – фильтр; 11 – воздушный клапан

**Таблица 2**

Технические характеристики полимерных СК (с воздушным зазором 10 мм и 25 мм)

Площадь апертуры	1.26 м <sup>2</sup>
Площадь теплоприемника	1.14 м <sup>2</sup>
Прозрачное покрытие, теплоприемника	10 мм двустенный поликарбонат Polygal
Теплоноситель	вода
Вместимость теплоприемника	11.84 л
Боковая изоляция	20 мм (полистирол)
Изоляция дна СКж/П	50 мм (минвата)

пользовался для измерения средней температуры теплоприемника. Для измерения температуры жидкости на входе и выходе из коллекторов устанавливались термопары, сигнал от них обрабатывался 19-битным аналого-цифровым преобразователем. В теплоизолированном баке-теплоаккумуляторе были размещены по его высоте 6 термопар на расстоянии 13 мм каждая для измерения распределения температур (стратификации). Данные записывались с 15 минутным интервалом в условиях установившегося режима.

Технические характеристики исследуемых коллекторов приведены в табл. 2. Коллектор разработан для использования в среде без избыточного давления, материал теплоприемника устойчив к воздействию температур приблизительно до 130 °С.

**4. Анализ экспериментальных результатов.** Конвективную составляющую коэффициента теплоотдачи для наружной поверхности коллектора можно рассчитать по формуле 1 [15], т.к. скорость ветра незначительно варьировалась и составляла около 1 м/с, а уравнение справедливо при скорости ветра от 1 до 1.5 м/с и температуре наружного воздуха от 0 °С до 35°С:

$$\alpha_{pa}^k = 7 + 2.1 \cdot w. \quad (1)$$

Радиационную составляющую коэффициента теплоотдачи можно рассчитать по формуле:

$$\alpha_{ab-p}^r = \sigma \cdot (T_{ab} - T_p) \cdot \frac{T_{ab}^2 - T_p^2}{\frac{1}{\varepsilon_{ab}} + \frac{1}{\varepsilon_p} - 1}. \quad (2)$$

где  $\alpha_{pa}^k$  и  $\alpha_{ab-p}^r$  – конвективная и радиационная составляющие коэффициента теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $w$  – скорость ветра над прозрачным покрытием коллектора, м/с;  $\varepsilon_{ab}, \varepsilon_p$  – излучательная способность теплоприемника и прозрачного покрытия;  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>). Величина суммарного коэффициента потерь может быть рассчитана как сумма локальных термических сопротивлений  $R$ :

$$U_i = 1 / \sum_{i=1}^n R_n. \quad (3)$$

где  $U_i$  – коэффициент потерь на рассматриваемом участке СКЖ/П, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $R_n$  – локальное термическое сопротивление, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;  $n = 4$  для рассматриваемого СКЖ/П (термические сопротивления через: первое прозрачное покрытие, второе прозрачное покрытие, боковые стенки и дно коллектора).

В тепловых расчетах пренебрегаем влиянием ребер жёсткости полимерных многоканальных плит. В таком случае тепловой расчёт полимерного коллектора в целом аналогичен расчёту обычных коллекторов с двойным прозрачным покрытием. При расчёте солнечного коллектора были использованы допущения: – поток солнечного излучения распределен равномерно по всей пластине теплоприемника коллектора, – влияние ребер жесткости пренебрежимо мало. Температура небосвода определялась по упрощенному уравнению [16] как  $T_s = T_a - 20$ , уравнение справедливо при безоблачной погоде. Коэффициент потерь через прозрачные покрытия определялся итеративным способом, т.к. различия при расчете по упрощенному уравнению Klein [17] (для определения коэффициента тепловых потерь через прозрачное покрытие) составляют 25%.

В расчетах излучательная способность пластины теплоприемника СКЖ была принята  $\varepsilon_{ab} = 0.94$ , прозрачного покрытия –  $\varepsilon_p = 0.88$ , поглощательная способность черного покрытия – 0.94.

На практике, при анализе характеристик СКЖ вводится понятие эффективности коллектора  $F'$ , представляющее собой отношение термического сопротивления переносу теплоты от поглощающей пластины теплоприемника СКЖ к окружающему воздуху к термическому сопротивлению переносу теплоты от нагреваемой жидкости к окружающему воздуху [18]. При расчете  $F'$  для рассматриваемой конструкции СКЖ использовалась формула:

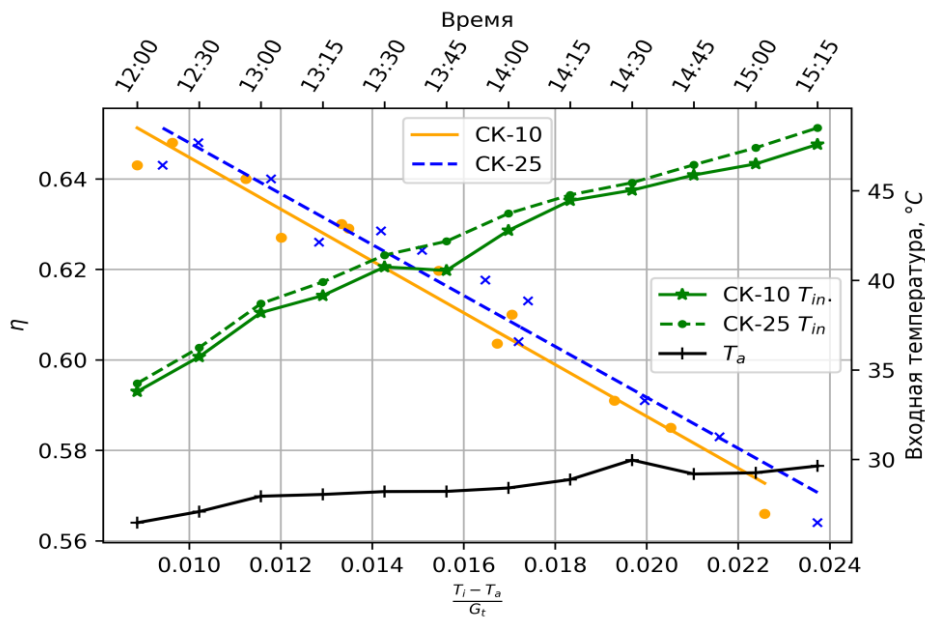
$$F' = \frac{1/U_\Sigma}{b \cdot \left( \frac{1}{U_\Sigma \cdot (D + (b - D) \cdot F)} + \frac{1}{\pi \cdot D \cdot \alpha_{fi}} \right)} \quad (4),$$

где  $b$  – расстояние между центрами соседних каналов поликарбонатной плиты, м;  $D$  – эквивалентный диаметр канала теплоприемника, м;  $\alpha_{fi}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки канала теплоприемника к жидкости, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_{fi}$  был принят для условий естественной конвекции равным 300 Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F$  – эффективность ребра прямоугольного профиля (поскольку в поликарбонатной многоканальной плите отсутствует традиционное оребрение каналов теплоприемника, в расчетах принимали для СКЖ/П величину  $F = 1$ ).

Полезная энергия, полученная площадью теплоприемника при установившемся режиме, рассчитывалась по формуле:

$$Q_u = A_c \cdot F_r \cdot (G_i \cdot (\tau\alpha) - U_\Sigma \cdot (T_i - T_a)), \quad (5)$$

где  $A_c$  – площадь СКЖ,  $F_r = F' \cdot F''$  – коэффициент отвода тепла из коллектора, ( $F''$  – коэффициент учитывающий расход жидкости [18]),  $(\tau\alpha)$  – общая приведённая поглощательная способность (включающая падающее солнечное излу-



**Рис. 3** Измеренная входная температура жидкости и эффективность солнечного коллектора  $\eta_{np} = T_{np}$  (при солнечном излучении от 800 до 930 Вт/м<sup>2</sup>)

чение, рассеянное, отраженное от земли),  $T_i$  – температура жидкости на входе в коллектор,  $T_a$  – температура наружного воздуха.

Коэффициент полезного действия СКж можно рассчитать по формуле:

$$\eta_{np} = \frac{Q_u}{A_c \cdot G_t} \quad (6)$$

Для построения зависимостей коэффициента полезного действия от разницы температур используется комплекс, называемый приведенной температурой:

$$T_{np} = \frac{T_i - T_a}{G_t} \quad (7)$$

Результаты расчетов представлены на рис. 3, и показывают незначительное влияние воздушного зазора между поверхностью теплоприемника и ПП на эффективность полимерного коллектора в пределах выбранного интервала величины воздушного зазора. Требуется дальнейшие исследования с варьированием величины ВЗ в более широком диапазоне (0-25), при разных режимах эксплуатации.

Уравнения зависимости  $\eta = f(T_{np})$  на рис. 3, полученные методом регрессионного анализа, для СК10 и СК25:

$$\eta_{СК10} = 0.699 - 4.177 \cdot T_{np} \quad (СК10);$$

$$\eta_{СК25} = 0.704 - 5.627 \cdot T_{np} \quad (СК25).$$

Наиболее близким по характеристикам к исследуемым коллекторам является работа Cristofari [12], в которой были проведены испытания солнечного полимерного коллектора с теплоприемником из поликарбоната и прозрачным покрытием из стекла; к сожалению, данные относительно величины воздушного зазора в ней не указаны. В работе [12] было экспериментально исследовано

**Таблица 3**

Геометрические характеристики СКж по работе Cristofari [12]

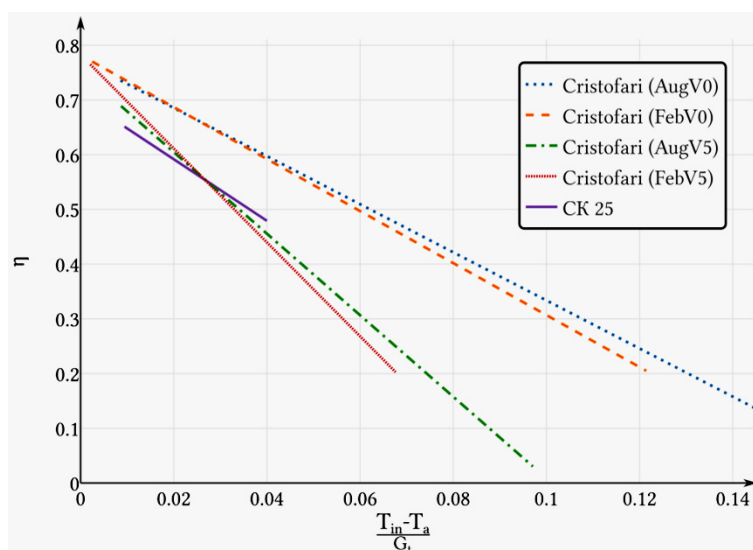
Площадь апертуры	2 м <sup>2</sup>
Теплоноситель	вода
Изоляция	20 мм (полиуретан)
Прозрачное покрытие	4 мм стекло
Теплоприемник	10 мм двустенный поликарбонат
Расход теплоносителя	0.00265 кг/ с (на 1 м <sup>2</sup> )

влияние скорости ветра на эффективность СКж в разное время года, а также смоделированы оптимальные геометрические параметры для солнечного коллектора. Характеристики испытанного коллектора приведены в табл. 3.

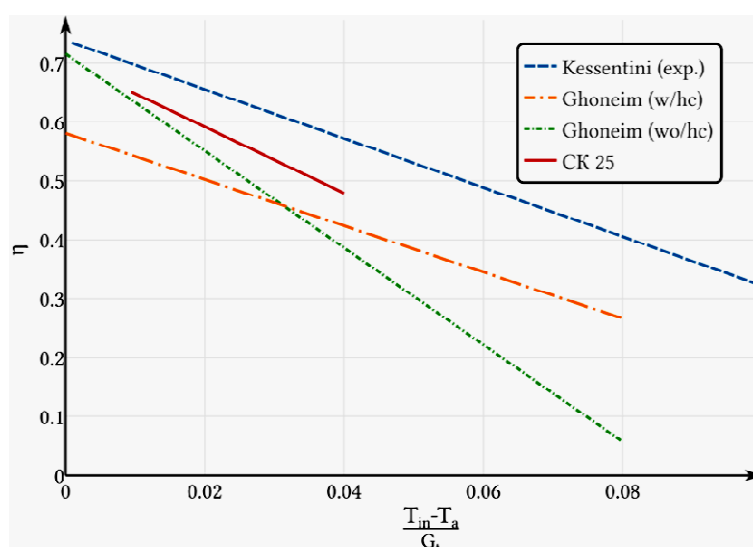
На рис. 4 изображены графики эффективности исследованного испытуемого полимерного коллектора в сравнении с полимерным коллектором по работе Cristofari (СКж с теплоприемником из поликарбоната и прозрачным покрытием из стекла) [12]. В этой работе испытывался полимерный солнечный коллектор с прозрачным покрытием из стекла в безветренную погоду в августе «August wind speed 0 m/s» (AugV0) и феврале «February wind speed 0 m/s» (FebV0), а также в тех же месяцах при скорости ветра 5 м/с «August wind speed 5 m/s and February wind speed 5 m/s» (AugV5 и FebV5).

На рис. 5 показаны графики эффективности разработанного полимерного коллектора в сравнении с металлическими коллекторами с полимерной вставкой по работам Ghoneim [8] и Kessentini [9].

Проведенный анализ литературы показал высокий интерес к использованию полимерных материалов в конструкции СКж. Результаты наших испытаний (СКж с теплоприемником и прозрачным покрытием из поликарбоната) близки к результатам полученным в работе Cristofari [12] (СКж с теплоприемником из поликарбоната и прозрачным покрытием из стекла). Дальнейшие исследования необходимы для экспериментального определения оптимального размера каналов теплопремника, что позволит более равномерно распределить



**Рис. 4** Эффективность полимерных жидкостных коллекторов



**Рис. 5.** Эффективность СК25 и металлических коллекторов с полимерной вставкой

теплоноситель по его каналам и повысить эффективность СКж/П. На основе полимерных модификаций СКж/П планируется создание многофункциональных солнечных систем для обеспечения тепло-хладоснабжения промышленных и жилых объектов, осушения и кондиционирования воздуха в солнечных абсорбционных системах.

### Выводы:

1. В работе были испытаны две модификации полимерных солнечных коллекторов с различной величиной воздушного зазора между теплоприемником и прозрачным покрытием, при постоянном расходе 0.023 кг/с и скорости ветра 1 м/с; в качестве полимерного материала теплоприемника был выбран поликарбонат, который наиболее удовлетворяет требованиям температурной и химической устойчивости и прочности; эффективность разработанных СКж находится на уровне мировых аналогов.

2. Разработанный полимерный жидкостной коллектор СКж имеет вдвое меньший вес и стоимость, чем традиционные металлические коллекторы.

3. Сравнительный анализ, проведенный авторами по методике полного жизненного цикла [13] для полимерных плоских жидкостных коллекторов СКж демонстрирует положительное влияние полимерных материалов на экологические характеристики по сравнению с традиционными металлическими и вакуумными солнечными коллекторами

**Признательность.** Авторы выражают благодарность директору АТ «БРО-ТЕП-ЕКО» за помощь с измерительным оборудованием для выполнения настоящего исследования.

### Литература:

1. REN21. RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT: URL: <https://www.ren21.net/gsr-2019> (дата обращения: 30.10.2019).

2. Residential Energy Consumption Survey (RECS) – Energy Information Administration: URL: <https://www.eia.gov/consumption/residential/>(дата обращения: 30.10.2019).
3. *Raman R., Mantell S., Davidson J., et al.* A Review of Polymer Materials for Solar Water Heating Systems // *Journal of Solar Energy Engineering*. – 2000. – Vol. 122, № 2. – P. 92–100.
4. *Polymeric Materials for Solar Thermal Applications: / ed. by M. Köhl, M. Meir, P. Papillon, et al.* – Weinheim, Germany: 2012. – 418p.
5. *Gladen A. C., Davidson J. H., Mantell S. C.* The Effect of a Thermotropic Material on the Optical Efficiency and Stagnation Temperature of a Polymer Flat Plate Solar Collector // *Journal of Solar Energy Engineering*. – 2014. – Vol. 137, № 2. – P. 021003-021003–6.
6. *Kutz M.* Handbook of Environmental Degradation of Materials: – S.l.: William Andrew, 2018. – 684p.
7. *Doroshenko A. V., Khalak V. F.* The prospects of polymeric materials in assembling the solar water-thermal collectors. Comparative data analysis and exploratory research of promising solutions // *Refrigeration Engineering and Technology*. – 2018. – Vol. 54, № 5. – P. 44–52.
8. *Ghoneim A. A.* Performance optimization of solar collector equipped with different arrangements of square-celled honeycomb// *International Journal of Thermal Sciences*. – 2005. – Vol. 44, № 1. – P. 95–105.
9. *Kessentini H., Castro J., Capdevila R., et al.* Development of flat plate collector with plastic transparent insulation and low-cost overheating protection system // *Applied Energy*. – 2014. – Vol. 133. – P. 206–223.
10. *Ehrenwirth M., Albert-Seifried V., Beckenbauer D., et al.* Theoretical and Experimental Investigation of Polymeric Solar-Thermal Flat-Plate Collectors: *ISES Solar World Congress 2017*, Abu Dhabi, United Arab Emirates (UAE) , 29.10.2017.
11. *Martinopoulos G., Missirlis D., Tsilingiridis G., et al.* CFD modeling of a polymer solar collector. // *Renewable Energy*. – 2010. – Vol. 35, № 7. – P. 1499–1508.
12. *Cristofari C., Notton G., Poggi P., et al.* Modelling and performance of a copolymer solar water heating collector. // *Solar Energy*. – 2002. – Vol. 72, № 2. – P. 99–112.
13. *Chen G., Doroshenko A., Koltun P., et al.* Comparative field experimental investigations of different flat plate solar collectors // *Solar Energy*. – 2015. – Vol. 115. – P. 577–588.
14. *Carlsson B., Persson H., Meir M., et al.* A total cost perspective on use of polymeric materials in solar collectors – Importance of environmental performance on suitability // *Applied Energy*. – 2014. – Vol. 125. – P. 10–20.
15. *Schott T.* Operation Temperatures of PV Modules a Theoretical and Experimental Approach: *6th EC Photovoltaic Sol. Energy Conf.*, London , D. Reidel Publ. Co., 15.04.1985. P. 392–396.
16. *Solar Energy: The State of the Art: / ed. by J. M. Gordon.* – London: Routledge, 2001. – 724p.

17. Klein S. A. Calculation of flat-plate collector loss coefficients // Solar Energy. Апрель 1. – 1975. – Vol. 17, № 1. – P. 79–80.
18. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. – Hoboken, N.J: John Wiley and Sons, 2006. – 928p.

***Doroshenko A.V., Khalak V.Ph., Glauberman M.A.***

### **Experimental study of polymer solar collectors performance characteristics in development of clean and more efficient energy-conversion systems**

#### **SUMMARY**

*In the heating of water demand for electricity comprises a substantial part of more general household electrical consumption, where electrical and gas boilers are among the most widely used. Solar water heating systems have been around for some time in many countries, becoming more common nowadays to mitigate peak loads, and they can in some cases fully replace gas boilers and electrical heaters if a heat-accumulation tank is to be used. The solar collector is apparently the most complex and expensive element of such a system, which cumulative cost largely depends on the choice of materials and system size. The solar polymer flat plate collectors are of particular interest mainly because of their low weight and cost, resilience to corrosion, with an ultimate goal to replace metal-made parts altogether. Recent decades witnessed a steady rise of interest in solar energy conversion collector designs. In this paper we re-evaluated several proposed solutions in this field to compare our experimental results with that of gathered by other researchers, paying particular efforts to standardized methodology compliance. It could be demonstrated that polymeric materials with additives used in the construction of a heat sink (absorber), and in the transparent coating of a particular solar collector, are able to sustain high temperature levels yet retain its thermal stability, and possibly improving also its service life. The efficiency of the solar collector was further assessed with and without the effect of an air gap which manifested itself as being not significant at low wind speeds.*

*Use of polymeric materials in solar polymer collectors makes an important step towards development of a more clean energy-conversion system to cope with global energy demand spikes.*

**Keywords:** solar collector, polymer materials, efficiency, experiment

*Дорошенко О.В., Халак В.Ф., Глауберман М.А.*

## **Розробка й експериментальне дослідження робочих характеристик полімерних сонячних колекторів для енергетичних систем**

### **АНОТАЦІЯ**

*Споживання електрики на нагрівання води становить значну частину від загального енергоспоживання. Найчастіше для нагрівання води використовують електронагрівники, або газові бойлери. Широке поширення в багатьох країнах одержали сонячні водонагрівальні системи, які можуть використовуватися для зниження пікових навантажень, а в окремих випадках для повної заміни при використанні баків-аккумуляторів із системою накопичення енергії. Одним з найдорожчих елементів такої системи є сонячний колектор, вартість якого залежить від використовуваних матеріалів і розміру. Плоскі рідинні колектори з полімерних матеріалів інтенсивно досліджуються через їхню вартість, малу вагу, і корозійну стійкість із метою замінити металеві колектори в широкому діапазоні застосувань. У даній роботі розглянуто кілька варіантів експериментально досліджених полімерних колекторів в останні десятиліття. Експериментальні результати досліджених полімерних сонячних колекторів, отримані в цій роботі, були оброблені й зрівняні з існуючими дослідженнями в цій галузі. Показане, що різні види полімерних матеріалів можуть бути використані в конструкції теплоприймача (абсорбера) і прозорого покриття на досить високому температурному рівні, при використанні полімерних матеріалів з добавками підвищувальними термін служби й температурну стійкість. Досліджений вплив повітряного зазору на ефективність сонячного колектора, і показане що при малих швидкостях вітру він не значний. Використання полімерних матеріалів у сонячних полімерних колекторах це важливий крок на шляху до більш екологічною системою перетворення енергії для вирішення проблем пов'язаних з зростанням глобального попиту на електроенергію.*

**Ключові слова:** *сонячний колектор, полімерні матеріали, ефективність, експеримент*