

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Э. Бахаа, Е. Н. Туголуков

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»,
bahaa.ezzeddin89@gmail.com; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: модификация покрытий; светопоглощение; солнечные технологии; тепловое излучение; углеродные нанотрубки.

Аннотация: Рассмотрен способ интенсификации светопоглощения покрытия солнечных коллекторов, основанный на использовании углеродных нанотрубок. Повышение коэффициента оптического поглощения материала покрытия составило 11,7 %, теплопроводности – 24,9 %; отношение коэффициента оптического поглощения к коэффициенту теплового излучения α/ε – 9,2 %. Установлено значение массовой концентрации углеродных нанотрубок в слое покрытия, при котором достигаются заявленные результаты.

Обозначения

ТВ – процент твердых веществ;	c – массовая концентрация УНТ, масс.%;
A – площадь поверхности подложки, m^2 ;	h_w – коэффициент теплопередачи,
C – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);	Вт/($m^2 \cdot K$); m – масса, кг;
I_T – интенсивность падающего излучения, Вт/ m^2 ;	α – коэффициент оптического поглощения;
K – теплопроводность, Вт/(м·К);	ε – коэффициент теплового излучения;
$Q_{п}$ – тепловые потери на излучение и конвекцию, Вт;	ρ – плотность, кг/ m^3 ;
$Q_{пог}$ – количество тепла, поглощенного образцом, Дж;	σ – постоянная Стефана–Больцмана, Вт/($m^2 \cdot K^4$);
T, t – температуры по шкале Кельвина, К, и Цельсия, °С, соответственно;	τ – коэффициент стеклования;
V – объем, m^3 ;	φ – объемная доля углеродных нанотрубок в сухом слое покрытия

Введение

Повышение эффективности оборудования, использующего солнечную энергию в промышленных и бытовых целях, – одно из современных направлений исследований в области возобновляемых источников энергии. Гелиотермальная энергетика – это нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующее использование тепла. Ключевым элементом гелиотермальных устройств является слой светопоглощающего материала, который преобразует световую энергию (энергию фотонов) в тепловую энергию [1].

Уникальные особенности углеродных нанотрубок (УНТ) [2, 3], в частности, их оптические и теплофизические характеристики, позволяют использовать их для повышения эффективности светопоглощающих покрытий за счет генерации фотонами тепловых плазмонов, что является дополнительным механизмом преобразования энергии электромагнитных волн в тепло [4]. Тепловые плазмоны в УНТ возникают в результате затухания колебательного движения электронов, возникающего при взаимодействии с электромагнитной волной [5]. Условием образования тепловых плазмонов в материалах является наличие поверхностных плазмонов, которые образуются только тогда, когда показатель преломления в изолирующей среде превышает определенное значение [6]. В данной работе рассмотрена модификация коммерческой краски на водной основе (используемой для покрытия радиаторов) путем добавления в нее УНТ после их диспергирования в водной среде. Коллоидная суспензия, полученная диспергированием УНТ в дистиллированной воде, использовалась в качестве разбавителя краски.

Материалы и методы

Материалы. Окисленные УНТ «Таунит-М» получены в ООО «Нанотехцентр» (Тамбов). Диспергирующий агент – додецилбензолсульфонат натрия (SDBS) – получен в виде водного раствора 40%-й концентрации от компании ООО «РусХимтрейд» (Дзержинск). Металлические подложки – нержавеющая сталь AISI Type 303 Se, холоднотянутая. Акриловая эмаль для радиаторов «ЭКСПЕРТ» от компании ЗАО «Декарт» (Москва).

Методы. Подготовка покрытий. Приготовление коллоидной суспензии состояло из нескольких стадий: сначала 0,6 г УНТ помещали в стеклянный контейнер, затем добавляли 3 мл диспергирующего агента, после чего – 96,3 мл дистиллированной воды. Далее смесь перемешивали в течение 2 мин при частоте вращения перемешивающего устройства 1 000 об./мин. Затем смесь подвергали ультразвуковому воздействию в течение 60 мин ультразвуковым генератором И10 (Санкт-Петербург).

Для точного расчета массовой концентрации УНТ в полученной коллоидной суспензии ее оставляли на неделю в стеклянном контейнере, чтобы дать достаточно времени для осаждения недиспергированных УНТ. По завершению этого этапа жидкость набирали шприцем, чтобы исключить перемешивание жидкости внутри стеклянного контейнера. После удаления коллоидной суспензии стеклянный контейнер помещали в сушильный шкаф (SANYO CONVECTION OVEN MOV 210F, Осака, Япония) на 3 часа для удаления влаги из осадка нанотрубок. Далее трубки взвешивали и вычитали их вес из веса первоначально добавленных УНТ, что позволило определить массу УНТ в коллоидной суспензии. Полученную коллоидную суспензию разбавляли дистиллированной водой до массовой концентрации 0,4 % УНТ в ней.

Для приготовления покрытия с УНТ использовался метод смешивания растворов [7], где неразбавленная акриловая эмаль смешивалась с коллоидной суспензией, содержащей УНТ, в соотношении 9:1. Для получения различных концентраций УНТ в слое покрытия, коллоидная суспензия разбавлялась за счет добавления дистиллированной воды.

Для получения желаемого цвета покрытия 85 мл неразбавленной акриловой эмальной краски смешивали с 5 мл черного пигмента, а для разбавления использовали 10 мл коллоидной суспензии УНТ. Полученное покрытие наносилось на металлическую подложку с помощью аэрографа (Nasedal NT-19, Гонконг, Китай). После высыхания краски толщина последних слоев измерялась толщиномером (толщиномер АЛТ-1м, Москва, Россия).

Таблица 1

Массовая концентрация нанотрубок в образцах покрытий

Номер образца	Массовая концентрация УНТ, %	
	во влажном покрытии	в сухом слое покрытия
1	–	
2	0,0049	0,017
3	0,0072	0,0254
4	0,0099	0,0342
5	0,0124	0,0427
6	0,0149	0,0508
7	0,0174	0,0594
8	0,0199	0,0696
9	0,0225	0,078
10	0,025	0,082

Масса нанотрубок во влажном слое покрытия определялась по массовому отношению коллоидной суспензии в модифицированном покрытии и массовому отношению нанотрубок в использованной коллоидной суспензии, умноженному на массу покрытия на подложке.

Масса слоя определена как разница в весе подложки до и после нанесения покрытия. Вес сухого слоя определялся разницей между весом подложки до нанесения покрытия и после его высыхания. В таблице 1 приведена массовая концентрация УНТ в сухом и влажном слое покрытия для каждого образца покрытия.

Измерение теплопроводности покрытия. Для определения теплопроводности покрытия сначала нагревали образец с покрытием, нанесенным снизу (температура поверхности нагрева равна температуре покрытия, контактирующего с нагревателем), затем измеряли температуру верхней стороны образца (сторона без покрытия) с помощью инфракрасного термометра (WH380, Анахайм, Калифорния, США). После этого образец с покрытием заменяли на металлическую подложку, которую использовали для изготовления образца.

Для получения температуры верхней стороны пластины, равной температуре верхней поверхности исследуемого образца (средняя температура с учетом стандартной ошибки), регулировали температуру электрического нагревателя. Зная толщину металлической подложки и температуру верхней и нижней сторон (контактирующих с поверхностью нагревателя и имеющих ту же температуру, что и поверхность нагревателя), можно определить теплопроводность подложки. Зная толщину металлической подложки и ее теплопроводность, толщину слоя покрытия и величину теплового потока, проходящего через образец, можно определить теплопроводность материала покрытия [7].

Испытание оптического поглощения. Испытание оптического поглощения проводили путем воздействия на образцы солнечного света $I = 1\,008 \text{ Вт/м}^2$ (31 июля 12:30 – 13:00) и измерения температуры непокрытой стороны подложек инфракрасным термометром. Для определения коэффициента оптического поглощения сначала определяли температуру освещенной поверхности образца путем нагревания на нагревательном устройстве таким образом, чтобы покрытая сторона контактировала с поверхностью нагрева так, чтобы средняя температура непокрытой стороны была равна средней температуре непокрытой стороны того же образца в случае испытания оптического поглощения при солнечном освещении. После этого рассчитывали среднее значение температуры для слоя покрытия $t_{\text{пок}}$ и металлической подложки $t_{\text{под}}$ после достижения стационарного состояния

(это необходимо для расчета количества тепла, поглощенного образцом). Затем, зная исходную теплоемкость УНТ $C_{\text{УНТ}}$, начальную теплоемкость покрытия $C_{\text{с. н. пок}}$ и массовые доли исходных компонентов, определяли аддитивную теплоемкость [8] сухого модифицированного покрытия $C_{\text{с. м. пок}}$ в каждом образце:

$$C_{\text{с. м. пок}} = \varphi C_{\text{УНТ}} + (1 - \varphi) C_{\text{с. н. пок}}; \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{V_{\text{УНТ}}}{V_{\text{с. м. пок}}} = \frac{(m_{\text{УНТ}}/\rho_{\text{УНТ}})}{(m_{\text{с. м. пок}}/\rho_{\text{с. м. пок}})}. \quad (2)$$

Общее уравнение имеет вид

$$\rho_{\text{с. м. пок}} = [TV \times \rho_{\text{в. м. пок}} \times \rho_{\text{разб}}] / [100 \times \rho_{\text{разб}} - (100 - TV) \times \rho_{\text{в. м. пок}}]. \quad (3)$$

Плотность влажного покрытия $\rho_{\text{в. м. пок}}$ определяется по отношению $m_{\text{в. м. пок}}/V_{\text{в. м. пок}}$.

Затем на основе средних значений температуры, значений удельной теплоемкости каждого из сухих покрытий $C_{\text{с. м. пок}}$ и металлической подложки $C_{\text{под}}$, а также массы металлической подложки $m_{\text{под}}$, рассчитывается количество тепла, поглощенного образцом $Q_{\text{пог}}$:

$$Q_{\text{пог}} = m_{\text{под}} C_{\text{под}} (\overline{t_{\text{под}}} - \overline{t_{\text{под.н}}}) + m_{\text{с. м. пок}} C_{\text{с. м. пок}} (\overline{t_{\text{пок}}} - \overline{t_{\text{пок.н}}}), \quad (4)$$

где $\overline{t_{\text{под.н}}}$, $\overline{t_{\text{пок.н}}}$ – соответственно начальные температуры подложки и покрытия.

Далее рассчитываются тепловые потери на излучение и конвекцию $Q_{\text{п}}$

$$Q_{\text{п}} = \sigma \varepsilon A (T^4 - T_c^4) + h_w A (t - t_c), \quad (5)$$

где T , t – температуры поверхности образца, а T_c , t_c – окружающей среды.

Следует отметить, что потери рассчитываются как для покрытой, так и непокрытой сторон образца. После определяли значения коэффициента оптического поглощения по формуле

$$I \alpha \tau A = (Q_{\text{пог}}/1800) + Q_{\text{п}}, \quad (6)$$

где 1800 с – общее время нагрева.

Результаты и обсуждение

Определение теплопроводности слоя покрытия. Результаты измерения теплопроводности модифицированного слоя покрытия показали, что теплопроводность увеличивается с увеличением концентрации массы УНТ в слое покрытия исследуемых образцов. После определенного предела массовой концентрации УНТ в сухом слое покрытия (0,07 масс.%) наблюдается ухудшение теплопроводности образцов. Это можно объяснить тем, что с увеличением концентрации УНТ в матрице покрытия происходит их агломерация, что приводит к деформации полимерной матрицы, и, как следствие, снижению передачи колебательного движения частиц через матрицу, что отрицательно сказывается на теплопроводности покрытия. На рисунке 1, а, показано изменение значения теплопроводности покрытия при изменении концентрации УНТ в слое покрытия.

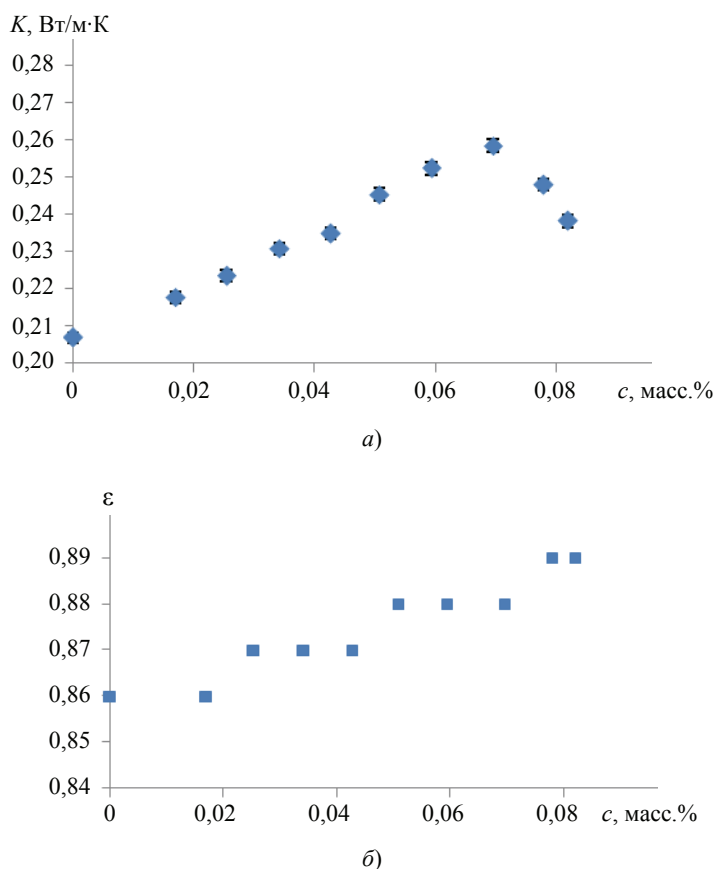


Рис. 1. Зависимости теплопроводности покрытия (а) и коэффициента теплового излучения (б) от концентрации УНТ в слое покрытия

Определение теплоизлучения образцов. Исследование теплового излучения образцов проводили с помощью устройства для определения коэффициента теплового излучения (эмиссометр АЕ1, Virgo Ln., Даллас).

Результаты измерений показали, что с увеличением массовой концентрации УНТ тепловыделение образца увеличивается, что можно объяснить следующим образом: с одной стороны, степень черноты УНТ составляет 0,92 [8], что намного выше, чем у немодифицированного покрытия; следовательно, очевидно, что с увеличением массовой концентрации УНТ в слое покрытия термический эмиттанс повышается; с другой – с увеличением массовой концентрации УНТ в слое покрытия (до начала агломерации) повышается поглощение света слоем покрытия, что увеличивает температуру покрытия и, как следствие, величину теплового излучения. На рисунке 1, б, показаны значения степени черноты образцов в зависимости от массовой концентрации УНТ.

Определение коэффициента оптического поглощения. Результаты измерения температуры непокрытой стороны подложек с помощью инфракрасного термометра показали, что с увеличением массовой концентрации УНТ в слое покрытия, температура непокрытой стороны подложек увеличивается; увеличение температуры продолжается до тех пор, пока массовая концентрация УНТ в слое покрытия не достигнет 0,07 масс.%. После этого предела температура начинает снижаться. При солнечном облучении стационарная температура поверхности образца с концентрацией УНТ в слое покрытия 0,07 масс.% превышает температуру образца без покрытия на 2,5 °С.

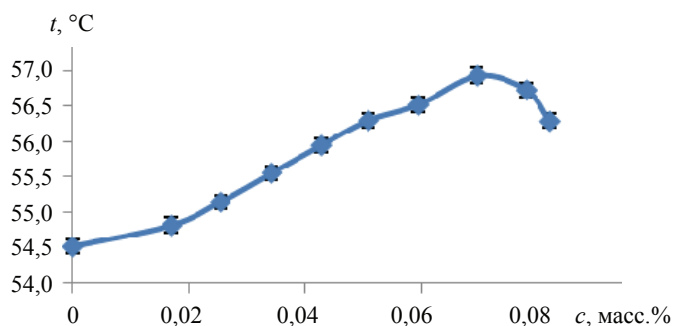


Рис. 2. График зависимости температуры t непокрытой стороны образцов от массовой концентрации УНТ в слое покрытия

На рисунке 2 показано изменение температуры непокрытой стороны образцов в зависимости от изменения массовой концентрации УНТ в слое покрытия.

Полученные результаты показывают, что с увеличением массовой концентрации УНТ в слое покрытия до достижения определенной массовой концентрации (0,07 масс.%) значение коэффициента оптического поглощения α увеличивается до достижения значения 0,972; после этого при увеличении концентрации УНТ значение коэффициента оптического поглощения покрытия начинает уменьшаться. Это уменьшение можно объяснить тем, что, предположительно, УНТ начинают агломерировать, что уменьшает площадь поверхности раздела между УНТ (несущая среда) с одной стороны и частицами покрытия (изолирующая среда) с другой. Это уменьшение площади поверхности приводит к уменьшению площади взаимодействия между падающими фотонами и УНТ, что снижает количество случаев возбуждения плазмонов в этих трубках. На рисунке 3, а, показано изменение значения коэффициента оптического поглощения в зависимости от изменения массовой концентрации УНТ в слое покрытия.

Повышение коэффициента оптического поглощения модифицированного покрытия объясняется сильным взаимодействием между электромагнитными волнами и УНТ в слое покрытия. В случае УНТ, оптическое поглощение состоит из двух составляющих: первая – это поверхностные плазмоны, которые зависят от длины и диаметра УНТ, а вторая – переход Ферми (зонный переход), который сильно зависит от диаметра УНТ [9 – 11], где происходит явление квантового ограничения [11]. Поверхностные плазмоны возникают в УНТ в области π -плазмонов; когда длина УНТ кратна длине падающей электромагнитной волны, происходит так называемый плазмонный резонанс, и поглощение достигает максимального значения [12]. Что касается случая, когда длина нанотрубки меньше длины распространения поверхностного плазмона, происходит локализация поверхностного плазмона [13], причем вся энергия электромагнитной волны сосредоточена в этом состоянии. Когда длина УНТ не соответствует ни одному из этих случаев, резонансные явления не наблюдаются.

Также следует отметить, что с увеличением массовой концентрации УНТ в слое покрытия соотношение α/ϵ увеличивается до максимального значения 1,105 при концентрации 0,07 масс.%. Затем оно начинает снижаться из-за уменьшения коэффициента оптического поглощения и увеличения коэффициента теплового излучения слоя покрытия. На рисунке 3, б, показана зависимость данного отношения от массовой концентрации УНТ в слое покрытия.

Таким образом, добавление нанотрубок в светопоглощающее покрытие имеет как положительную, так и отрицательную стороны. Положительной стороной является улучшение теплопроводности и коэффициента оптического поглощения

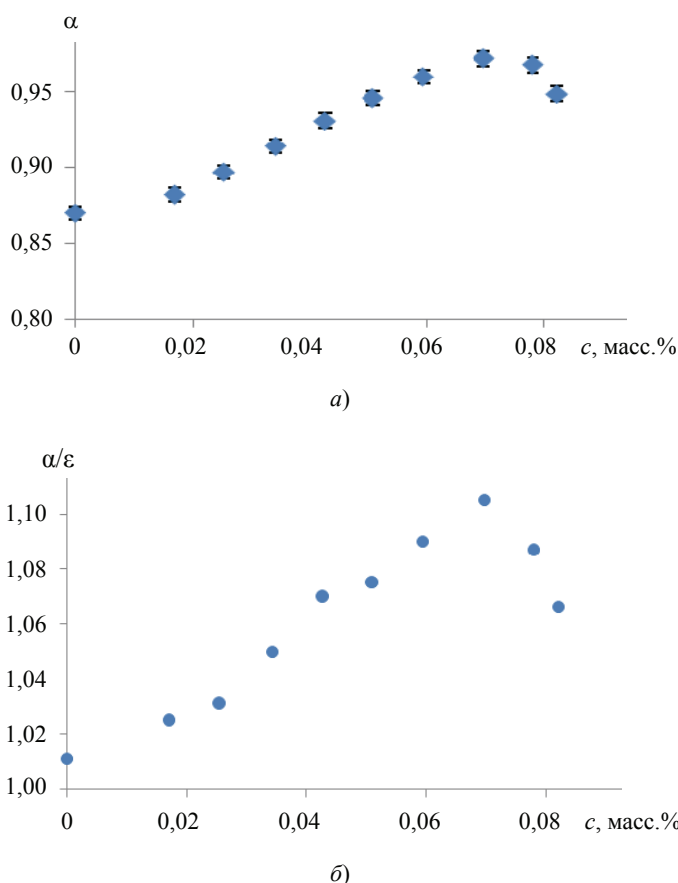


Рис. 3. Зависимости коэффициента оптического поглощения (α) и отношения α/ϵ (β) от массовой концентрации УНТ в слое покрытия

покрытия. Повышение теплопроводности покрытия составило 24,9 %, коэффициента оптического поглощения – 11,7 % при концентрации УНТ 0,07 масс.% в слое покрытия. Что касается отрицательной стороны, то она заключается в увеличении теплового излучения слоя покрытия при повышении в нем концентрации углеродных нанотрубок. Это означает увеличение тепловых потерь для слоя покрытия. Однако, несмотря на увеличение теплового излучения покрытия при повышении концентрации углеродных нанотрубок, отношение α/ϵ увеличивается, достигая максимального значения 1,105 при концентрации УНТ 0,07 масс.%. Так как данное отношение для немодифицированного покрытия равно 1,011, увеличение составляет 9,2 %.

Список литературы

1. Garg, H. P. Solar Energy: Fundamentals and Applications / H. P. Garg, J. Prakash. – New Delhi : Tata McGraw-Hill Education, 2000. – 434 p.
2. Оценка влияния модификатора на основе углеродных нанотрубок с сурфактантами на физико-механические характеристики строительных композитов / А. Г. Ткачев, Р. Д. А. Слдозян, З. А. Михалева, Ю. Н. Толчков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 660 – 670. doi: 10.17277/vestnik.2019.04.pp.660-670

3. Исследование теплопроводности наномодифицированных жидкостей / Е. Н. Туголуков, А. Дж. Аль-Шариф, Т. П. Дьячкова, Е. А. Буракова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 671 – 677. doi: 10.17277/vestnik.2019.04.pp.671-677
4. Photothermal Therapy of Melanoma Tumor Using Multiwalled Carbon Nanotubes / Z. Sobhani, M. A. Behnam, F. Emami [et al.] // International Journal of Nanomedicine. – 2017. – Vol. 12. – P. 4509 – 4517. doi: 10.2147/IJN.S134661
5. Thermoplasmonic Effect of Surface-Enhanced Infrared Absorption in Vertical Nanoantenna Arrays / A. Mancini, V. Giliberti, A. Alabastri [et al.] // The Journal of Physical Chemistry C. – 2018. – Vol. 122, Issue 24. – P. 13072 – 13081. doi: 10.1021/acs.jpcc.8b03808
6. Local Refractive Index Sensitivity of Plasmonic Nanoparticles / M. Piliarik, P. Kvasnička, N. Galler [et al.] // Optics express. – 2011. – Vol. 19, Issue 10. – P. 9213 – 9220. doi: 10.1364/OE.19.009213
7. Zohuri, B. Thermodynamics in Nuclear Power Plant Systems / B. Zohuri, P. McDaniel. – New York : Springer, 2015. – 599 p.
8. Infrared Emissivity Measurement for Vertically Aligned Multiwall Carbon Nanotubes (CNTs) Based Heat Spreader Applied in High Power Electronics Packaging / S. Huang, Wang Ning, Bao Jie [et al.] // Proceedings of the 6th Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), 13 – 15 September, 2016, Grenoble, France. – IEEE, 2016. – P. 1 – 4. doi: 10.1109/ESTC.2016.7764696
9. Mohsin, M. Nanobiosensors for Agricultural, Medical and Environmental Applications / M. Mohsin, R. Naz, A. Ahmad. – Singapore : Springer, 2020. – 222 p.
10. Plasmons in Graphene: Recent Progress and Applications / X. Luo, T. Qiu, W. Lu, Z. Ni // Materials Science and Engineering R: Reports. – 2013. – Vol. 74, Issue 11. – P. 351 – 376. doi: 10.1016/j.mser.2013.09.001
11. Hussain, C. M. Advanced Environmental Analysis: Applications of Nanomaterials / C. M. Hussain, B. Kharisov. – London : Royal Society of Chemistry, 2016. – 534 p.
12. Kuckling, D. Stimuli-Responsive Gels / D. Kuckling. – Switzerland : Basel, MDPI, 2018. – 288 p.
13. Mandal, J. K. Contemporary Advances in Innovative and Applicable Information Technology : Proceedings of ICCAIAIT 2018 / J. K. Mandal, D. Sinha, J. P. Bandopadhyay. – Singapore : Springer, 2018. – 246 p.

Increasing the Efficiency of the Light-Absorbing Coating of Solar Collectors

E. Bahaa, E. N. Tugolukov

*Department of Equipment and Technology of Nanoproduction,
bahaa.ezzeddin89@gmail.com; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: coating modification; light absorption; solar technology; thermal emission; carbon nanotubes.

Abstract: A method for intensifying light absorption by the coating material of solar collectors based on the use of carbon nanotubes is considered. The increase in the optical absorption coefficient of the coating material was 11.7 %, the thermal conductivity of the coating material - 24.9 %, the ratio of the optical absorption

coefficient to the thermal radiation coefficient (α/ε) - 9.2 %. The value of the mass concentration of carbon nanotubes in the coating layer, at which the stated results are achieved, has been established.

References

1. Garg H.P., Prakash J. *Solar Energy: Fundamentals and Applications*, New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 2000, 434 p.
2. Tkachev A.G., Sldoz'yan R.D.A., Mikhaleva Z.A., Tolchkov Yu.N. [Evaluation of the effect of a modifier based on carbon nanotubes with surfactants on the physical and mechanical characteristics of building composites], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 4, pp. 660-670, doi: 10.17277/vestnik.2019.04.pp.660-670 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Tugolukov Ye.N., Al'-Sharif A.Dzh., D'yachkova T.P., Burakova Ye.A. [Study of the thermal conductivity of nanomodified liquids], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 4, pp. 671-677, doi: 10.17277/vestnik.2019.04.pp.671-677 (In Russ., abstract in Eng.)
4. Sobhani Z., Behnam M.A., Emami F., Dehghanian A., Jamhiri I. Photothermal Therapy of Melanoma Tumor Using Multiwalled Carbon Nanotubes, *International Journal of Nanomedicine*, 2017, vol. 12, pp. 4509-4517, doi: 10.2147/IJN.S134661
5. Mancini A., Giliberti V., Alabastri A. [et al.] Thermoplasmonic Effect of Surface-Enhanced Infrared Absorption in Vertical Nanoantenna Arrays, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2018, vol. 122, issue 24, pp. 13072-13081, doi: 10.1021/acs.jpcc.8b03808
6. Piliarik M., Kvasnička P., Galler N., Krenn J.R., Homola J. Local Refractive Index Sensitivity of Plasmonic Nanoparticles, *Optics express*, 2011, vol. 19, issue 10, pp. 9213-9220, doi: 10.1364/OE.19.009213
7. Zohuri B., McDaniel P. *Thermodynamics in Nuclear Power Plant Systems*, New York: Springer, 2015, 599 p.
8. Huang S., Ning Wang, Jie Bao [et al.] Infrared Emissivity Measurement for Vertically Aligned Multiwall Carbon Nanotubes (CNTs) Based Heat Spreader Applied in High Power Electronics Packaging, Proceedings of the 6th Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), 13 - 15 September, 2016, Grenoble, France, IEEE, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ESTC.2016.7764696
9. Mohsin M., Naz R., Ahmad A. *Nanobiosensors for Agricultural, Medical and Environmental Applications*, Singapore: Springer, 2020, 222 p.
10. Luo X., Qiu T., Lu W., Ni Z. Plasmons in Graphene: Recent Progress and Applications, *Materials Science and Engineering R: Reports*, 2013, vol. 74, issue 11, pp. 351-376, doi: 10.1016/j.mser.2013.09.001
11. Hussain C.M., Kharisov B. *Advanced Environmental Analysis: Applications of Nanomaterials*, London: Royal Society of Chemistry, 2016, 534 p.
12. Kuckling D. *Stimuli-Responsive Gels*, Switzerland: Basel, MDPI, 2018, 288 p.
13. Mandal J.K., Sinha D., Bandopadhyay J.P. *Contemporary Advances in Innovative and Applicable Information Technology: Proceedings of ICCAIAIT 2018*, Singapore: Springer, 2018, 246 p.

Effizienzsteigerung der lichtabsorbierenden Beschichtung von Solarkollektoren

Zusammenfassung: Es ist ein Verfahren zur Intensivierung der Lichtabsorption der Beschichtung von Solarkollektoren basierend auf der Verwendung von Kohlenstoffnanoröhren betrachtet. Die Zunahme des optischen

Absorptionskoeffizienten des Beschichtungsmaterials betrug 11,7 %, der Wärmeleitfähigkeit - 24,9 %; das Verhältnis des optischen Absorptionskoeffizienten zum thermischen Strahlungskoeffizienten α/ε betrug 9,2 %. Festgelegt ist der Wert der Massenkonzentration von Kohlenstoffnanoröhren in der Beschichtungsschicht, bei dem die angegebenen Ergebnisse erzielt werden.

Augmentation de l'efficacité du revêtement absorbant la lumière des capteurs solaires

Résumé: Est examinée une méthode d'intensification de l'absorption de la lumière du revêtement des capteurs solaires basée sur l'utilisation de nanotubes de carbone. L'augmentation du coefficient d'absorption optique du matériau de revêtement était de 11,7 %, la conductivité thermique – 24,9 %; le rapport entre le coefficient d'absorption optique et le coefficient de rayonnement thermique α/ε – 9,2 %. Est établie la valeur de la concentration massive des nanotubes de carbone dans la couche de revêtement à laquelle sont obtenus les résultats déclarés.

Авторы: *Бахаа Эзеддин* – аспирант кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»; *Туголуков Евгений Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.