

## Усовершенствование теплообменной панели солнечного коллектора

*А.П. Пирожникова, М.А. Говорунов, Г.Э. Муро, Т.Л. Пирожникова*

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** в статье рассмотрена возможность повышения эффективности солнечного коллектора, путем усовершенствования его теплообменной панели, что реализуется посредством оптимизации процессов теплообмена с применением концепции совмещения теплопроводных свойств различных металлов. Изложены положительные аспекты данного метода. Дана краткая характеристика проведенного сравнительного анализа

**Ключевые слова:** теплообменная панель, энергосбережение, гелиоустановка, альтернативные источники энергии, тепловые свойства, оптимизация теплопередачи, солнечный коллектор, интенсификация теплообмена

Вопрос ограниченности природных ресурсов в современном мире является одним из самых актуальных. Запасы земных недр постепенно расходуются, а проблема загрязнения окружающей среды приобретает все большую остроту. Постоянный рост цен на энергию неизбежно ведет к увеличению стоимости нефти и газа на мировом рынке. Вследствие всех вышеперечисленных факторов получили развитие альтернативные источники энергии, такие как: ветроэнергетика, биотопливо, гелиоэнергетика, геотермальная энергетика и т.д. Наиболее доступным и экологически безопасным из них является солнечная энергия [1], рис. 1. Возможности ее применения практически неограниченны, вследствие чего ученые всего мира работают над созданием систем, которые будут способствовать расширению возможности использования данного источника. Неслучайно в последние годы все больше внимания уделяется разного рода проектам, направленным на максимально эффективное питание солнечной энергией не только отдельных домов, но и целых городских кварталов [2].

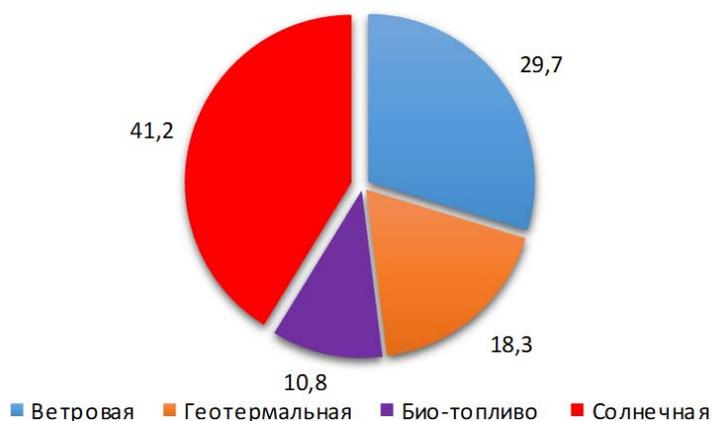


Рис. 1. – Тенденция развития ВИЭ в 2018 году, %

По самому принципу использования гелиоэнергии существует два направления оборудования: солнечные батареи и коллекторы. В поисках новых решений население все чаще обращается к последним [3]. В своем устройстве они реализуют концепцию поглощения лучистой энергии теплообменной (абсорбирующей) панелью с последующим нагревом теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения [4]. Применение гелиоустановок и солнечных батарей выгодно и ведет к экономии природных ресурсов, к тому же, это оборудование экологически чистое, не наносящее вреда окружающей среде [5].

Существует множество различных конфигураций данного устройства: вакуумные, фокусирующие, гибридные, плоские, а также подразделяющиеся по более незначительным признакам [6]. В свою очередь, например, плоские солнечные коллекторы могут различаться по устройству теплообменной панели, которая вследствие определяющего воздействия на эффективность работы гелиоустановки, выступает в качестве наиболее значимого элемента конструкции. Ее усовершенствование позволит увеличить КПД систем солнечного горячего водоснабжения и отопления.

Наиболее перспективным способом реализации данного направления является совмещение теплопроводящих свойств различных металлов, так

называемая тандемная послойная система, результатом внедрения которой выступает интенсификация процесса теплопередачи, с сопутствующим увеличением эффективности работы самой установки. Воплощением подобной конфигурации служит устройство сборной теплообменной панели [7], состоящей из отдельных элементов алюминиевого толстостенного профиля, имеющего пазы и кромки для возможности монтажа, с уложенными, в образуемые его конструкцией каналы, медными тонкостенными трубками с теплоносителем, рис. 2.

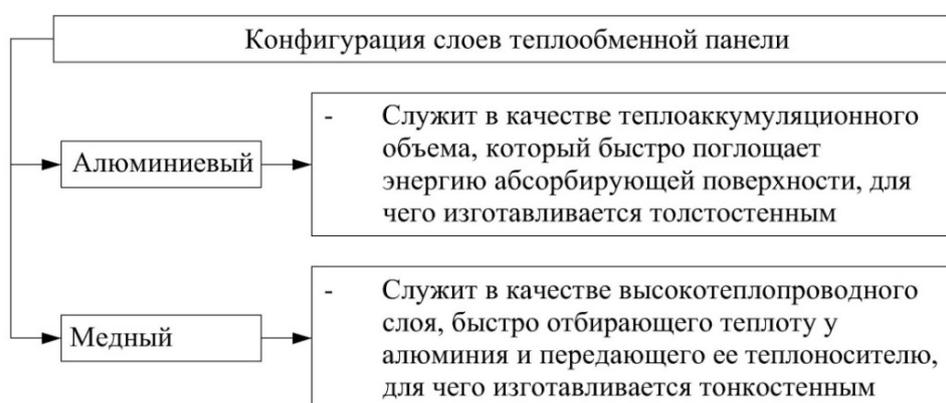


Рис. 2. – Конфигурация слоев теплообменной панели

К недостаткам подобной технологии, можно отнести высокую материалоемкость конструкции и невысокую эффективность работы, ввиду наличия воздушных полостей, снижающих эффективность теплообмена в наиболее высокотемпературных областях между медными трубками и элементами алюминиевого профиля [8], рис. 3.

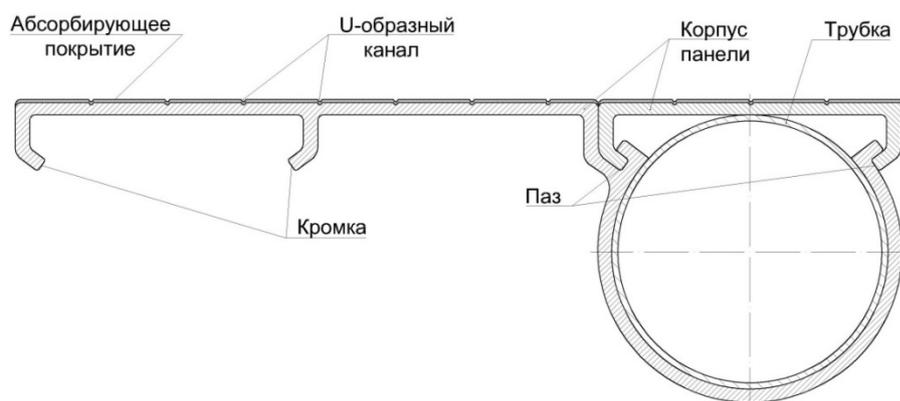


Рис. 3. – Плоская конфигурация сборной теплообменной панели в разрезе

Для устранения недостатков необходимо оптимизировать толщину теплопроводных слоев с целью интенсификации теплообмена от абсорбирующей поверхности панели к трубкам теплоносителя, ориентируя этот процесс на достижение наивысших показателей технико-экономического обоснования. Сущность усовершенствования заключается в том, что в данном устройстве для оптимизации процесса теплопередачи, элементы алюминиевого профиля должны изготавливаться с полностью эквидистантной медным трубкам внутренней поверхностью, исключая из теплопроводного сечения воздушные полости, снижающие эффективность теплообмена в наиболее нагретых областях панели. Для этого следует изменить плоскую конфигурацию панели на волнообразную, рис. 4, что приведет к уменьшению материалоемкости, увеличению площади лучеприемной поверхности, повышению эффективности работы гелиоустановки, а также, за счет сохраненных на ее поверхности U-образных продольных каналов с дополнительно оптимизированным их расположением, относительно мест наиболее подверженных изгибу, позволит снизить трудоемкость монтажа, который будет осуществляться полностью вручную. [9]

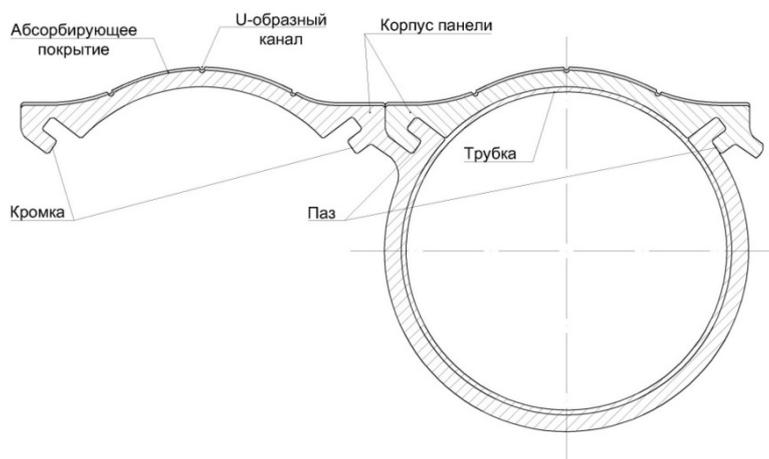


Рис. 4. – Волнообразная конфигурация сборной теплообменной панели в разрезе

Дополнительно для интенсификации теплообмена и упрощения процесса монтажа толщина стенок теплообменной панели также оптимизируется, что обусловлено необходимостью подбора слоев, реализующих концепцию совмещения тепловых свойств различных металлов с наибольшей эффективностью, при этом сохраняющих возможность упрощенного монтажа и экономическое обоснование. Вследствие чего, учитываются все параметры, оказывающие влияние на конечный результат, табл. 1.

Табл. 1 – Толщина элементов алюминиевого профиля теплообменной панели

| Толщина, мм | Обоснование   | Предел прочности из условия - $\sigma \leq 1$ , кгс/мм <sup>2</sup> | Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> •°C/Вт | Масса 1м элемента панели, кг |
|-------------|---|---|--|------------------------------|
| 1           | Неудовлетворительная толщина панели.  | 3,83  | 0,71   | 0,51                         |
| 2           | - низкие материалоемкость и сопротивление теплопередаче, но недопустимая прочность, возможны деформации                           | 1,12  | 0,72   | 0,89                         |
| 3           | Оптимальная толщина панели.   | 0,72  | 0,73   | 2,04                         |
| 4           | - деформации из-за собственных нагрузок исключены, сопротивление теплопередаче и материалоемкость удовлетворяют заданным условиям | 0,57  | 0,73   | 3,59                         |
| 5           |   | 0,55  | 0,74   | 5,56                         |

---

|    |   |      |      |       |
|----|---|------|------|-------|
| 6  | Толщина панели удовлетворительная.            | 0,51 | 0,75 | 8,07  |
| 7  | - прочность элемента панели достаточная, но   | 0,49 | 0,75 | 10,98 |
| 8  | не целесообразная для данного случая ввиду    | 0,47 | 0,76 | 14,34 |
| 9  | увеличения сопротивления теплопередаче и      | 0,46 | 0,76 | 18,15 |
| 10 | материалоемкости, усложнения процесса монтажа | 0,45 | 0,77 | 22,4  |

В данной системе определяющую роль играет сопротивление теплопередаче, которое, если будет выше допустимых значений, посредством задержания теплоты в теплоаккумуляционном устройстве, значительно увеличит тепловые потери через светопрозрачное покрытие солнечного коллектора и приведет к снижению КПД установки. Однако повышение толщины алюминиевого слоя, несмотря на увеличение материалоемкости конструкции и повышение экономических затрат, будет технически обоснованным и позволит с большей эффективностью реализовать концепцию совмещения тепловых свойств различных металлов. Результатом работы которой, кроме всего прочего, служит бóльшая устойчивость к погодным условиям, обуславливающая возможность временной работы в случае затенения при высокой облачности или после захода Солнца [10].

### Литература

1. World Energy Outlook 2017 // URL: [eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484%282017%29.pdf](http://eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484%282017%29.pdf)
2. Girya L.V., Sheina S.G., Fedyaeva P.V. The procedure of substantiation of selection of the energy-efficient design solutions for residential buildings // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 8. pp. 19263-19276
3. Пирожникова А.П., Сафорьян Л.Н. Позиция России в мировом энергетическом комплексе//Научное обозрение. –2016. – № 20. – С. 176-180. URL: [sced.ru/ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=473:arh-no-24&catid=21&Itemid=156](http://sced.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=473:arh-no-24&catid=21&Itemid=156)

4. Шеина С.Г., Пирожникова А.П. Тенденции развития альтернативной энергетики в странах мира и России//Инженерный вестник Дона, 2016, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3720](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3720)

5. Пирожникова А.П. Энергосберегающие технологии//Материалы международной научно-практической конференции «Строительство – 2014» / РГСУ. – Ростов н/Д, 2014. – С. 153-156

6. Даффи, Дж. А., Бекман У.А. Основы солнечной теплоэнергетики. – Долгопрудный: Интеллект. – 2013. – 886 с.

7. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Теплообменная панель и способ ее сборки//Патент на полезную модель RUS 2520775 27.06.2014

8. Дерюгин, В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М. Тепломассообмен: учеб. Пособие. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 240 с. URL: [e.lanbook.com/book/107285](http://e.lanbook.com/book/107285).

9. Пирожникова А.П., Муро Г.Э., Говорунов М.А. Оптимизация процесса теплопередачи сборной теплообменной панели солнечного коллектора//Инженерный вестник Дона, 2018, № 3. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_Pirozhnikova.pdf\\_49aa1517d3.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Pirozhnikova.pdf_49aa1517d3.pdf)

10. Стоянов Н. И. Комплексное энергоснабжение обособленных объектов от солнечной энергии //Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный ун-т, 2014. -96 с.

### References

1. World Energy Outlook 2012. URL: [eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484%282017%29.pdf](http://eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484%282017%29.pdf)

2. Girya L.V., Sheina S.G., Fedyaeva P.V. The procedure of substantiation of selection of the energyefficient design solutions for residential buildings. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 8. pp. 1926319276.



3. Pirozhnikova A.P., Safor'yan L.N. Poziciya Rossii v mirovom ehnergeticheskom komplekse. Nauchnoe obozrenie. 2016. № 20. pp. 176. 180. URL: [sced.ru/ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=473:arh-no-24&catid=21&Itemid=156](http://sced.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=473:arh-no-24&catid=21&Itemid=156)
4. Sheina S.G., Pirozhnikova A.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3720](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3720)
5. Pirozhnikova A.P. Materialy mezhdunarodnoj nauchno.prakticheskoj konferencii «Stroitel'stvo. 2014». RGSU. Rostov n.D, 2014. pp. 153.156.
6. Daffi, Dzh. A., Bekman U.A. Osnovy solnechnoj teploehnergetiki. [Basics of solar thermal power]. Dolgoprudnyj: Intellect. 2013. pp. 886.
7. Kopeckij S.YU., YUrov A.I., ZHerukov B.H., SHahmurzov M.M., Kozhokov M.K., Apazhev A.K., Fiapshev A.G. Teploobmennaya panel' i sposob ee sbor.ki. [Heat exchange panel and method of its Assembly]. Patent na poleznuyu model' RUS 2520775 27.06.2014
8. Deryugin, V.V., Vasil'ev V.F., Ulyasheva V.M. Teplomassoobmen: ucheb. Posobie. [Heat and mass transfer]. EHlektron. dan. Sankt-Peterburg: Lan', 2018. pp. 240. URL: [e.lanbook.com/book/107285](http://e.lanbook.com/book/107285).
9. Pirozhnikova A.P., Muro G.EH., Govorunov M.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №3. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_Pirozhnikova.pdf\\_49aa1517d3.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Pirozhnikova.pdf_49aa1517d3.pdf)
10. Stoyanov N. I. Kompleksnoe energosnabzhenie obosoblennyh ob"ektov ot solnechnoj ehnergii. [Complex power supply of separate objects from solar energy]. Stavropol': SeveroKavkazskij federal'nyj unt, 2014. pp. 96.