DOI:10.30857/1813-6796.2018.4.3.

УДК 697.329

РУСУ О. П., ГАЙ Д. О., УСТЕНКО А. Ю.
Одеська національна академія зв'язку ім. О. С.Попова

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ У СИСТЕМАХ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ

Мета. *Визначення найбільш простих способів використання сонячних колекторів для обігріву приміщень.*

Методика. *Аналіз існуючих технічних рішень використання сонячних колекторів для обігріву приміщень за критерієм простоти інтеграції в існуючі інженерні системи будівель.*

Результати. *Визначено два способи використання сонячних колекторів для обігріву приміщень, що дозволяють легко інтегрувати їх в існуючі інженерні системи будівель.*

Наукова новизна. *Обґрунтовано використання повітряних сонячних колекторів для обігріву приміщень як у якості автономних пристроїв, так і у складі інтегрованих опалювально-вентиляційних систем. Обґрунтована інтеграція сонячних колекторів у існуючі системи кондиціонування з використанням у якості теплоносія фреону, що дозволить використовувати їх у опалювальний період.*

Практична значимість. *Запропоновані способи використання сонячних колекторів можуть стати основою для розробки нових пристроїв та систем для обігріву приміщень, що дозволять зменшити витрати органічних видів палива та рівень екологічного навантаження на довколишнє середовище.*

Ключові слова: *сонячний колектор, кондиціонер, система обігріву, тепловий насос, альтернативна/сонячна енергетика.*

Вступ. Необхідність зменшення використання традиційних енергоресурсів, що призводять до збільшення рівня концентрації рівня CO_2 є актуальною проблемою сьогодення, яка стоїть перед усім світом [1]. Зменшення рівня споживання органічних видів палива можливе шляхом заміщення їх альтернативними енергоресурсами, одним із яких є сонячна енергетика [2]. У [3, 4] показано, що сумарна кількість сонячної енергії за опалювальний період на території України може досягати 1 ГДж/м^2 [4], причому ці дані добре корелюються з міжнародними методиками розрахунку [5]. Якщо утилізувати хоча б четверту частину цієї енергії, то вийде, що один приватний будинок з розмірами 10 м х 10 м і висотою 3 м, розташований, наприклад, в Одеській області, за опалювальний період зможе отримати додаткову енергію:

$$(Q_{Пн}S_{Пн} + Q_{Сх}S_{Сх} + Q_{Пд}S_{Пд} + Q_{Зх}S_{Зх} + Q_{Дх}S_{Дх})/4 =$$
$$= (248\cdot30 + 454\cdot30 + 881\cdot30 + 480\cdot30 + 876\cdot100)/4 \approx 37 \text{ ГДж};$$

де $Q_{Пн}$, $Q_{Сх}$, $Q_{Пд}$, $Q_{Зх}$, $Q_{Дх}$ – сумарна кількість енергії, що отримує за опалювальний період один квадратний метр вертикальної (орієнтованої, відповідно, на північ, схід, південь та захід) та горизонтальної поверхні будівлі, розташованої в Одеській області (МДж/м^2) [4]; $S_{Пн}$, $S_{Сх}$, $S_{Пд}$, $S_{Зх}$, $S_{Дх}$ – повна площа цих поверхонь (м^2). Така кількість енергії дозволяє заощадити на опалення приблизно 1000 м^3 природного газу із, що відповідає майже 2 тонам CO_2 на рік.

Одним із способів утилізації енергії Сонця є використання сонячних колекторів. Однак на сьогоднішній день більшість присутніх на українському ринку сонячних колекторів орієнтовані на системи гарячого водопостачання. Використання їх у системах опалення пов'язано із необхідністю істотної модернізації існуючих інженерних систем будівель, що істотно стримує їх практичне використання.

Перспективними напрямками утилізації енергії сонячного випромінювання для обігріву приміщень є використання повітряних сонячних колекторів [6] та інтеграція їх із тепловими насосами [7 – 9]. Однак в Україні цей напрямок поки що не набув великого поширення, хоча існуючі дослідження [10] показують його перспективність. Крім того, незважаючи на велику кількість методів використання сонячних колекторів для обігріву приміщень, в умовах України доцільно використовувати в першу чергу ті, які потребують мінімальної переробки існуючих інженерних систем будівель, але кількість подібних досліджень в Україні також обмежена.

Постановка завдання. Визначення способів використання сонячних колекторів для обігріву приміщень з простою інтеграцією їх в існуючі інженерні системи будівель.

Результати дослідження. Спрощена типова схема системи обігріву приміщень із використанням сонячних колекторів показана на рис. 1. Як видно із рисунка, у більшості випадків сонячні колектори повинні мати окремий ізольований контур циркуляції теплоносія, у якості якого використовується незамерзаюча рідина (у більшості випадків – пропіленгліколь $C_3H_8O_2$). Це значно ускладнює систему і потребує використання додаткового обладнання, для встановлення якого інколи не має місця.

Найпростішим способом утилізації сонячного випромінювання для обігріву приміщень є використання повітряних сонячних колекторів. І хоч повітря має менший коефіцієнт теплопровідності, порівняно із водою або антифризом, використання його у якості теплоносія має ряд суттєвих переваг.

1. Система обігріву приміщення призначена для підігріву повітря, тому використання у якості теплоносія повітря не потребує окремих ізольованих контурів для циркуляції теплоносія, що значно спрощує інтеграцію сонячного колектора у існуючу систему. У самому простішому випадку, наприклад, коли сонячний колектор розташований безпосередньо на стіні будівлі, для його роботи потрібно зробити мінімально лише два отвори (рис. 2).

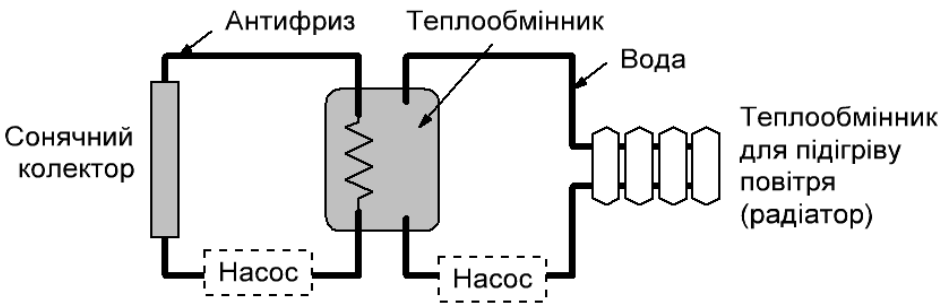

Рис. 1. **Спрощена схема системи опалення з використанням сонячних колекторів**

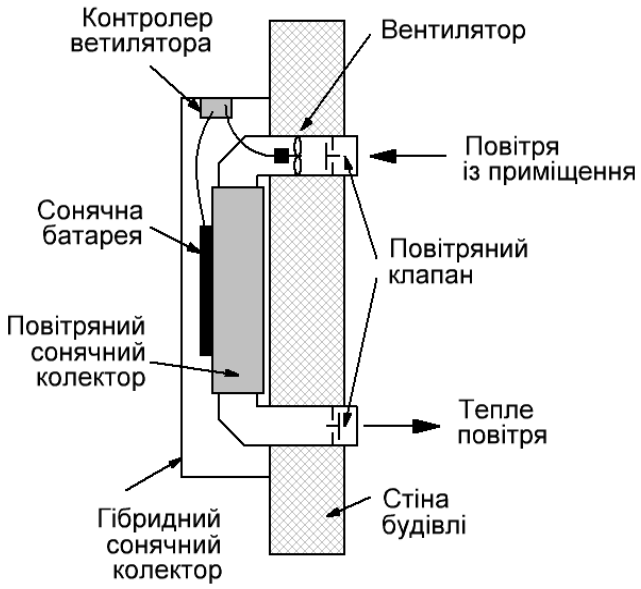

Рис. 2. **Обігрів приміщення за допомогою повітряного сонячного колектора**

2. Така система може працювати цілком автономно і не потребує інтеграції з існуючими системами. У ясний день, при значному рівні сонячної інсоляції, сонячні колектори підвищать температуру у певному приміщенні, при цьому кількість теплоносія, що подається у радіатори централізованого опалення, може бути зменшена автоматично, наприклад, за допомогою індивідуальних регуляторів температури.

3. При використанні повітряних сонячних колекторів систему обігріву можна легко комбінувати із системою вентиляції, підключивши вхідний повітропровід, або його частину, до джерела чистого повітря – вивівши його або безпосередньо на вулицю, або, наприклад, на горище – де температура повітря більш висока ніж на вулиці.

4. Для живлення вентилятора, що виконує циркуляцію повітря у сонячному колекторі, можна використовувати сонячну батарею. Оскільки необхідна потужність вентилятора пропорційна рівню сонячного випромінювання і, відповідно, потужності, що генерує сонячна батарея, така система не потребує додаткових джерел еклектичної енергії для живлення вентиляторів, що позитивно визначиться на вартості системи. Крім того оскільки потужність вентилятора відносно мала (не більше 10 Вт), то для його живлення можна використовувати недорогі сонячні батареї із аморфного кремнію, наклеївши їх безпосередньо на абсорбер сонячного колектора. У цьому випадку сонячний колектор буде повністю автономним і потребує мінімального керування – у найпростішому випадку достатньо лише вимикача живлення вентилятора для відключення системи у літній період.

5. Повітряний сонячний колектор набагато простіший і дешевший порівняно із рідинними аналогами. Він не потребує обов’язкової повної герметизації каналів циркуляції теплоносія і може ефективно працювати при порушенні герметичності.

6. Оскільки повітряний сонячний колектор може розташовуватися безпосередньо на стіні або даху будівлі, то його теплоізоляція може додатково використовуватися для збільшення їх теплового опору. Якщо така технологія покаже свою ефективність, то у

майбутньому можна налагодити виробництво, наприклад, спеціалізованих сендвіч-панелей з інтегрованою теплоізоляцією, абсорбером, каналами для циркуляції повітря та сонячними панелями.

Іншим способом використання сонячних колекторів є підключення їх до існуючих систем кондиціонування. На сьогоднішній день в Україні вже встановлено велику кількість кондиціонерів, більшість яких використовується лише влітку для охолодження приміщень. При цьому кондиціонер, що є повітряним тепловим насосом, може працювати як у режимі охолодження, так і в режимі обігріву. Але для ефективного відбору тепла із довколишнього повітря температура зовнішнього теплообмінника повинна бути нижче температури повітря. Це призводить до того, що зимою зовнішній теплообмінник може обмерзнути, тому для більшості побутових кондиціонерів мінімальна температура довколишнього середовища у режимі обігріву дорівнює 0...–5 °С.

Використання теплових насосів для обігріву приміщень є визнаною у світі енергозберігаючою технологію, оскільки при витратах 1 кВт·год енергії, тепловий насос може перемістити до 5 кВт·год тепла (для більшості побутових кондиціонерів ця цифра дорівнює приблизно 3 кВт·год). Таким чином, для того щоб існуючі кондиціонери могли робити в режимі обігріву приміщень, їм необхідно мати назовні джерело теплової енергії.

Саме таким джерелом може стати сонячний колектор. Якщо підключити компресор кондиціонера до абсорбера, у контурі якого циркулює фреон (рис. 3), то можна переміщувати отримане тепло у приміщення, тим самим забезпечуючи економію енергії. Серед переваг такого проекту можна виділити наступне.

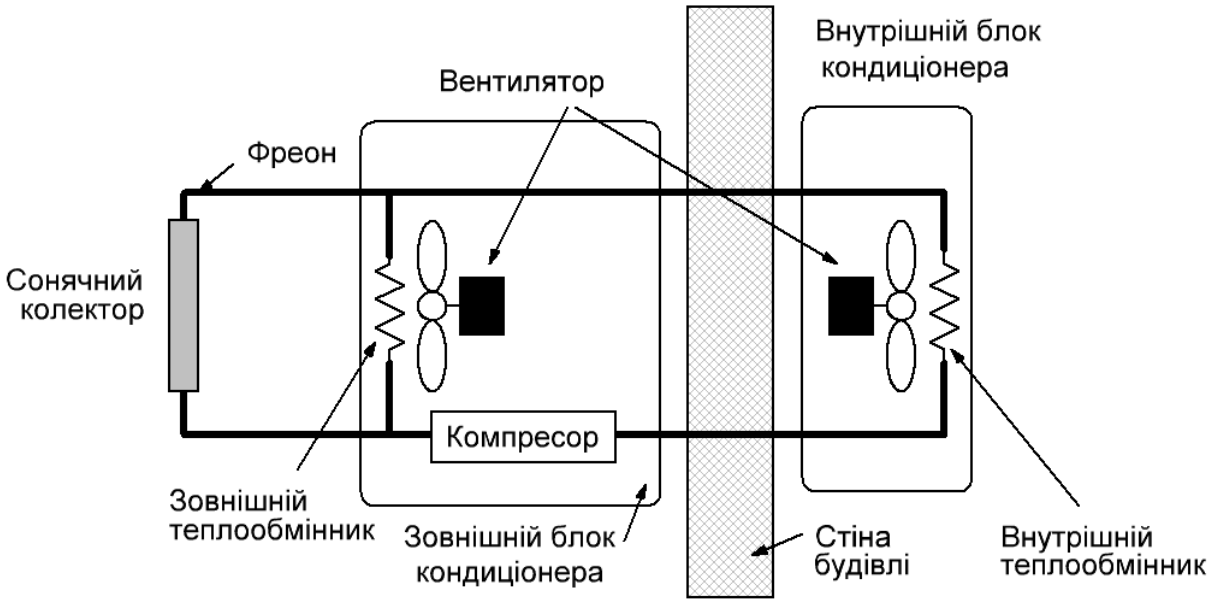

Рис. 3. **Підключення сонячного колектора до кондиціонера**

1. На сьогоднішній день більшість кондиціонерів вже встановлено в будівлях, причому активно використовуються як індивідуальні, так і централізовані системи кондиціонування. У даному випадку підключення їх до сонячного колектора потребує

переробки лише тієї частини системи, що знаходиться назовні без переробки внутрішніх комунікацій.

2. Так само як і у випадку використання повітряних сонячних колекторів, таку систему можна використовувати паралельно із існуючою системою обігріву без необхідності її інтеграції.

3. Теоретично кондиціонер можна живити від сонячної батареї, що наклеєна на абсорбер колектора (гібридні сонячні колектори), причому батарея може вироблювати енергію як взимку, так і влітку, коли кондиціонер працює у режимі охолодження.

4. Оскільки у контурі колектора у даному випадку буде циркулювати фреон, для використання у системі більше підійдуть вакуумні сонячні колектори, які мають найбільшу ефективність.

На жаль така система потребує модернізації більшості існуючих кондиціонерів, у першу чергу – переробки зовнішнього блока, що призведе до анулювання гарантії виробника. Але можливо у майбутньому, якщо ця технологія покаже свою ефективність, виробники відповідного обладнання почнуть виробництво кондиціонерів нового типу у яких можливість підключення зовнішнього сонячного колектора буде штатною опцією або зовнішній блок зможе безпосередньо виконувати функцію сонячного колектора.

На сьогоднішній день без істотної переробки обладнання реалізувати цей проект можна на основі мобільних кондиціонерів з функцією обігріву. У цьому випадку два повітропроводи, що виходять назовні, можна підключити до повітряного сонячного колектора, який буде розташований, наприклад на зовнішній стороні стіни будівлі (рис. 4). Причому влітку, коли у використанні сонячного колектора немає потреби його можна легко від’єднати, тим самим повернувши систему у первісний стан. Але на жаль таке обладнання на сьогоднішній день використовується дуже рідко.

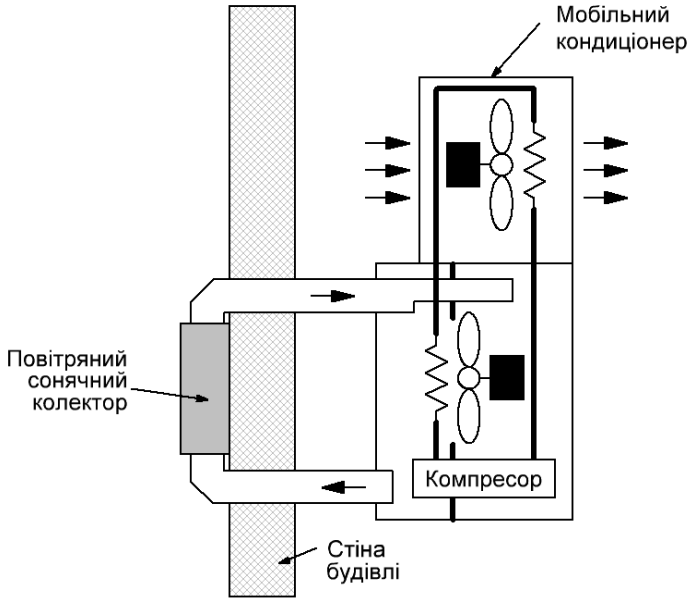

Рис. 4. **Підключення повітряного сонячного колектора до мобільного кондиціонера**

Висновки. Використання сонячних колекторів для обігріву приміщень має великий потенціал і потребує подальших досліджень, для проведення яких на базі Одеської національної академії зв'язку ім. О.С.Попова у рамках науково-дослідної роботи планується створити кілька експериментальних установок. У першу чергу будуть проведені дослідження ефективності повітряних сонячних колекторів виготовлених на базі існуючих огороджувальних конструкцій будівель. Наприклад, на думку авторів, одним із перспективних напрямків може стати використання у якості абсорбера металочерепиці дахів, а також розробка та дослідження різних варіантів сендвіч-панелей. Також планується переробка одного із встановлених кондиціонерів та підключення в його систему сонячного колектора, виготовленого, наприклад, на основі теплообмінника від побутового холодильника.

Література

1. Lorraine Chow Earth's Average CO_2 Levels Cross 410 ppm for the First Month Ever. Режим доступу: https://www.ecowatch.com/earth-co2-levels-fossil-fuels-2565799028.html
2. Ніконорова В. Н. Аналіз ефективності впровадження сонячних колекторів в Україні // В.Н. Ніконорова / Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – Випуск 3 (28). – 2016. – С.145 – 147.
3. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – К.: Мінрегіонбуд. України. – 2008. – 44 с.
4. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2011. – 124 с.
5. Білоус О. М. Методи розрахунку сонячних теплових надходжень / О.М. Білоус // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 77. – С. 188–191.
6. Andrei-Stelian Air solar collectors in building use - A review / Andrei-Stelian Bejan, Abdelouhab Labihi, Cristiana Croitoru Tiberiu Catalina // E3S Web of Conferences 32, 01003 (2018). – DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183201003
7. Putāns H. Solar collector with heat pump / Putāns, H., Ziemelis, I., Jesko, Ž., Kristutis, I //7 th International scientific conference „Engineering for rural development". – C. 29-30.
8. Poppi S. Solar heat pump systems for heating applications: Analysis of system performance and

References

1. Lorraine Chow Earth's Average CO_2 Levels Cross 410 ppm for the First Month Ever. Access mode: https://www.ecowatch.com/earth-co2-levels-fossil-fuels-2565799028.html
2. Nikonorova V. N. Analiz efektyvnosti vprovadzhennia soniachnykh kolektoriv v Ukraini [Analysis of the effectiveness of the implementation of solar collectors in Ukraine] // V.N. Nikonorova / Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia «Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv». – Vypusk 3 (28). – 2016. – P.145 – 147.
3. Proektuvannia. Nastanova z rozroblennia ta skladannia enerhetychnoho pasporta budynkiv pry novomu budivnytstvi ta rekonstruktsii [Designing. Guidelines for the development and assembly of energy passports for buildings under new construction and reconstruction]: DSTU-N B A.2.2-5:2007. – K.: Minrehionbud. – Ukrainy, 2008. – 44 p.
4. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelna klimatolohiia [Protection from dangerous geological processes, harmful operational influences, from fire. Construction Climatology]: DSTU-N B V.1.1-27:2010. – K.: Minrehionbud Ukrainy. – 2011. – 124 p.
5. Bilous O. M. Metody rozrakhunku soniachnykh teplovykh nadkhodzhen [Methods of calculation of solar heat revenues] / O. M. Bilous // Budivelni konstruktsii. – 2013. – Vyp. 77. – P. 188–191.
6. Andrei-Stelian Air solar collectors in building use - A review / Andrei-Stelian Bejan, Abdelouhab Labihi, Cristiana Croitoru Tiberiu Catalina // E3S Web of Conferences 32, 01003 (2018). – DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183201003
7. Putāns H. Solar collector with heat pump / Putāns, H., Ziemelis, I., Jesko, Ž., Kristutis, I //7 th International scientific conference „Engineering for rural development". – C. 29-30.

possible solutions for improving system performance. – KTH Royal Institute of Technology, 2017. – 111 c.
9. Majid Z. A. A. et al. Multifunctional solar thermal collector for heat pump application //Proceedings of the 3rd WSEAS int. conf. on renewable energy sources. – 2009. – C. 342-346.
10. Пахолюк О. А. Дослідження роботи пласких сонячних повітряних колекторів / О.А. Пахолюк, А. Л. Ящинський // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2015. – Вип. 4. – С. 139 – 144.

8. Poppi S. Solar heat pump systems for heating applications: Analysis of system performance and possible solutions for improving system performance. – KTH Royal Institute of Technology, 2017. – 111 c.
9. Majid Z. A. A. et al. Multifunctional solar thermal collector for heat pump application // Proceedings of the 3rd WSEAS int. conf. on renewable energy sources. – 2009. – C. 342-346.
10. Pakholiuk O. A. Doslidzhennia roboty plaskykh soniachnykh povitrianykh kolektoriv [Research a work of flat solar air collectors] / O. A. Pakholiuk, A. L. Yashchynskyi // Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. – 2015. – Vyp. 4. – P. 139 – 144.

RUSU ALEXANDER
shurusu@ukr.net;
ORCID: 0000-0002-7315-2537;
Ph.D., Senior Lecturer of the Department of automation of processes and power supply;
A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

GAI DMITRY
dmitry_olegovich@ukr.net

A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

USTENKO ANASTASIA
ustenkon@ukr.net

A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ОБОГРЕВА ПОМЕЩЕНИЙ

РУСУ А. П., ГАЙ Д. О., УСТЕНКО А. Ю.
Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова

Цель. *Определение наиболее простых способов использования солнечных коллекторов для обогрева помещений.*

Методика. *Анализ существующих технических решений использования солнечных коллекторов для обогрева помещений по критерию простоты интеграции в существующие инженерные системы зданий.*

Результаты. *Определены два способа использования солнечных коллекторов для обогрева помещений, позволяющие легко интегрировать их в существующие инженерные системы зданий.*

Научная новизна. *Обосновано использование воздушных солнечных коллекторов для обогрева помещений как в качестве автономных устройств, так и в составе интегрированных отопительно-вентиляционных систем. Обоснованная интеграция солнечных коллекторов в существующие системы кондиционирования с использованием в качестве теплоносителя фреона, что позволит повысить их эффективность в отопительный период.*

Практическая значимость*. Предложенные способы использования солнечных коллекторов могут стать основой для разработки новых устройств и систем для обогрева помещений, позволяющих уменьшить затраты органических видов топлива и уровень экологической нагрузки на окружающую среду.*

Ключевые слова: *солнечный коллектор, кондиционер, система обогрева, тепловой насос, альтернативная/солнечная энергетика.*

USING SOLAR COLLECTORS IN THE BUILDING HEATING SYSTEMS

RUSU A. P., GAI D. O., USTENKO A. Y.
A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

Purpose. *Determination the easiest ways to use solar collectors for building heating.*

Methodology. *Analysis of existing technical solutions for the use of solar collectors for building heating by the criterion of simple integration into existing engineering systems of buildings.*

Findings. *Two ways of using solar collectors for building heating making easy to integrate into existing engineering systems of buildings are proposed.*

Originality. *The use of solar air collectors for building heating both as autonomous devices and as part of integrated heating and ventilation systems is substantiated. The integration of solar collectors into existing air conditioning systems using Freon as a coolant, which will increase their efficiency during the heating season, is substantiated.*

Practical. *The proposed methods of using solar collectors can be the basis for the development of new devices and systems for building heating, which can reduce the quantity of organic fuels and the level of environmental pressure on the environment.*

Keywords: *solar collector, air conditioning, heating system, heat pump, alternative / solar energy.*