

УДК 621.565.93

СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

САВИЦКИЙ Н. В.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
СКРЫПНИКОВ В. Б.², *д.т.н, проф.*,
ЛЯХОВЕЦКАЯ-ТОКАРЕВА М. М.³, *к.т.н.*
ГРОМОВАЯ А. С.⁴, *студ.*

^{1*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5614-8467

³ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0338-4930

⁴ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7521-7226

Аннотация. *Цель.* Целью данной работы являются проблемы эффективной работы системы теплоснабжения промышленных объектов с использованием вторичных и нетрадиционных энергоресурсов. *Методика.* Для достижения поставленной цели предложено рассмотрение некоторых энергоэффективных систем теплоснабжения промышленных объектов с использованием вторичных и нетрадиционных энергоресурсов: вариант схемы, при которой в каждой ступени воздух последовательно проходит вначале воздухоохладители утилизационного контура, а затем доохлаждающего; применение теплонасосных технологий в процессах производства строительных материалов во вращающихся печах с утилизацией низкотемпературных газоздушных потоков; сочетание в комплексной альтернативной системе теплоснабжения гелиосистемы с дополнительным источником грунтовой энергии на базе теплонасосного цикла. *Результаты.* В ходе изучения представленных систем теплоснабжения, альтернативная система теплоснабжения с гелиоколлектором, аккумулятором тепла, грунтовыми теплообменниками, в комплексе с тепловым насосом, позволяет эффективно использовать одновременно два вида альтернативной энергии для теплоснабжения потребителей. При дефиците альтернативной энергии в схеме предусматривается резервный источник энергии. *Научная новизна.* Минимизация теплоты термотрансформаторной компоненты в общем энергетическом потоке должна быть доминирующей в системах энергосбережения на этой основе. Разработаны теплотехнологические основы устройства и системы энергосбережения на основе комбинирования рекуперативной и теплонасосной технологии утилизации теплоты со стабилизирующим охлаждением вращающейся печи для промышленного и коммунально-бытового теплоснабжения. *Практическая значимость.* Эффективность систем альтернативного теплоснабжения определяется долей замещения традиционного топлива возобновляемыми видами энергии. Повысить долю замещения можно путем комбинированного использования двух разнородных источников нетрадиционной энергии, природные особенности которых способны взаимно компенсировать дефицит один одного.

Ключевые слова: система теплоснабжения; вторичные и нетрадиционные энергоресурсы; альтернативная система теплоснабжения; энергосбережение; теплонасосный цикл

СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

САВИЦЬКИЙ М. В.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
СКРІПНІКОВ В. Б.², *д.т.н, проф.*,
ЛЯХОВЕЦЬКА-ТОКАРЕВА М. М.³, *к.т.н.*
ГРОМОВА А. С.⁴, *студ.*

^{1*} Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5614-8467

³ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0338-4930

⁴ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7521-7226

Анотація. Мета. Метою даної роботи є проблеми ефективної роботи системи теплопостачання промислових об'єктів з використанням вторинних та нетрадиційних енергоресурсів. **Методика.** Для досягнення поставленої мети запропоновано розглянути деяких енергоефективних систем теплопостачання промислових об'єктів з використанням вторинних та нетрадиційних енергоресурсів: варіант схеми, при якій в кожній щаблі повітря послідовно проходить спочатку повітроохолоджувачі утилізаційного контуру, а потім доохлоджуючого; застосування теплонасосних технологій в процесах виробництва будівельних матеріалів в обертових печах з утилізацією низькотемпературних газоповітряних потоків; поєднання в комплексній альтернативній системі теплопостачання геліосистеми з додатковим джерелом ґрунтової енергії на базі теплонасосного циклу. **Результати.** В ході вивчення представлених систем теплопостачання, альтернативна система теплопостачання з геліоколекторів, акумулятором тепла, ґрунтовими теплообмінниками, в комплексі з тепловим насосом, що дозволяє ефективно використовувати одночасно два види альтернативної енергії для теплопостачання споживачів. При дефіциті альтернативної енергії у схемі передбачається резервний джерело енергії. **Наукова новизна.** Мінімізація теплоти термотрансформаторної компоненти в загальному енергетичному потоці повинна бути домінуючою в системах енергозбереження на цій основі. Розроблені тепло-технологічні основи пристрої та системи енергозбереження на основі комбінування рекуперативної і теплонасосної технології утилізації теплоти зі стабілізуючим охолодженням обертової печі для промислового та комунально-побутового теплопостачання. **Практична значимість.** Ефективність систем альтернативного теплопостачання визначається часткою заміщення традиційного палива відновлюваними видами енергії. Підвищити частку заміщення можна шляхом комбінованого використання двох різнорідних джерел нетрадиційної енергії, природні особливості яких здатні взаємно компенсувати дефіцит один одного.

Ключові слова: система теплопостачання; вторинні і нетрадиційні енергоресурси; альтернативна система теплопостачання; енергозбереження; теплонасосний цикл

THE RATIONALE OF USING THE HEAT OF CONDENSATION AND HEAT OF SUPERHEAT TO HEAT THE HOT WATER

SAVYTSKYI M. V.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

SKRYPNIKOV V. B.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

LYACHOVETSKAYA-TOKAREVA M. M.³, *PH.D. (TECH.)*

GROMOVAYA A. S.⁴, *stud.*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk 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, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Department of heating, ventilation and quality of air environment, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5614-8467

³ Department of heating, ventilation and quality of air environment, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0338-4930

⁴ Department of heating, ventilation and quality of air environment, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7521-7226

Abstract. Purpose. The aim of this work is the problem of effective work of system of a heat supply of industrial facilities using recycled and unconventional energy resources. **Methodology.** To achieve this goal it is proposed to consider some energy-efficient heat supply systems of industrial facilities using recycled and unconventional energy resources: option scheme, in which in each stage the air sequentially passes through first, the unit of the utilization circuit and then to the cooling; use of heat pumps technology in production processes of building materials in rotary furnaces with the utilization of low-temperature gas flows; a combination of complex alternative heat supply system a solar system with an additional source of ground energy heat pump cycle. **Findings.** During the inspection of heating systems, alternative heating system with solar collectors, heat accumulator, ground heat exchangers in combination with heat pump allows efficient use simultaneously two types of alternative energy for heat supply. With the shortage of alternative energy in the circuit provides a backup source of energy. **Originality.** Minimization of heat thermo-transformer components in the total energy flux should be dominant in energy saving systems on this basis. Developed heat-technological foundations of devices and systems for energy conservation based on a combination of regenerative and heat pump technology heat

recovery with a stabilizing cooling of rotary kilns for industrial and household heating. **Practical value.** The effectiveness of alternative systems of heat supply is determined by the percentage of substitution of traditional fuels with renewable forms of energy. To increase the proportion of substitution by combined use of two different sources of nonconventional energy, the natural features which is able to reciprocally compensate for the lack of one.

Keywords: heating system; secondary and non-traditional energy; alternative energy; energy efficiency; heat-pumping cycle

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке и применению энергосберегающих технологий с использованием бросового тепла промышленных установок и нетрадиционных энергоресурсов.

Источниками бросового вторичного тепла являются воздушные компрессорные установки, системы охлаждения которых осуществляют отвод тепла от сжимаемого воздуха в окружающую среду. В литературе [1, 2, 8, 9, 11] приведены различные технические решения по использованию этого тепла в системах горячего водоснабжения, генерации пара хладагента и абсорбционных холодильных машин, выработки электроэнергии.

Цель

Решить одновременно задачи получения горячего водоснабжения для систем использования тепла сжатия воздуха и охлаждения сжатого воздуха до нормативных значений.

Методика

Для осуществления поставленной цели в каждой ступени воздух последовательно проходит вначале воздухоохладители утилизационного контура, а затем доохлаждающего. На рис. 1 приведен один из вариантов такой схемы [3].

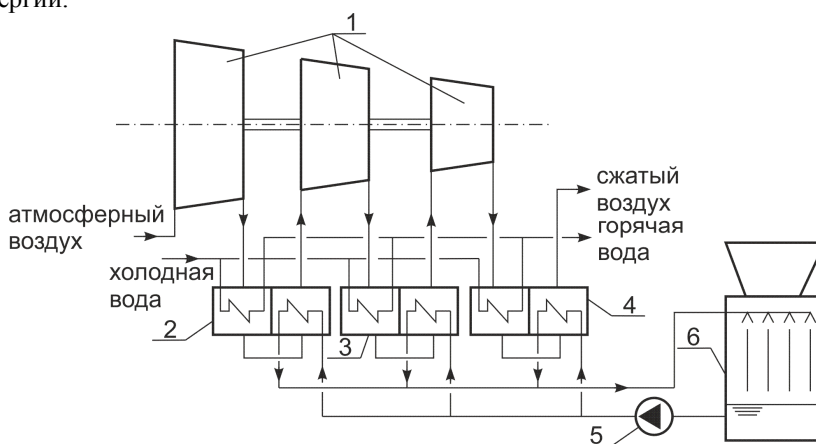


Рис. 1 Турбокомпрессор К-500 с двухсекционными воздухоохладителями для двухконтурного охлаждения при последовательном включении воздухоохладителей в утилизационный контур: 1 — турбокомпрессор; 2 — промежуточный воздухоохладитель I-й ступени; 3 — промежуточный воздухоохладитель II-й ступени; 4 — конечной воздухоохладитель III-й ступени; 5 — насос промежуточного воздухоохладителя I-й ступени; 6 — градирня

Turbocharger K-500 with two coolers for dual cooling series connection of coils in the utilization circuit: 1 — turbocharger; 2 — intermediate air cooler the I-th stage; 3 — an intermediate air cooler of the second stage; 4 — terminal unit cooler III stage; 5 — the pump of the intermediate cooler the I-th stage; 6 — cooling tower

На рис. 2 приведены результаты исследований системы охлаждения турбокомпрессора К-500-61.

Перспективным является применение теплонасосных технологий в процессах производства строительных материалов во вращающихся печах с утилизацией низкотемпературных газозвушных потоков [4].

Минимизация теплоты термотрансформаторной компоненты в общем энергетическом потоке должна быть доминирующей в системах энергосбережения

на этой основе. Разработаны теплотехнологические основы устройства и системы энергосбережения на основе комбинирования рекуперативной и теплонасосной технологии утилизации теплоты со стабилизирующим охлаждением вращающейся печи для промышленного и коммунально-бытового теплоснабжения (рис. 3) [5].

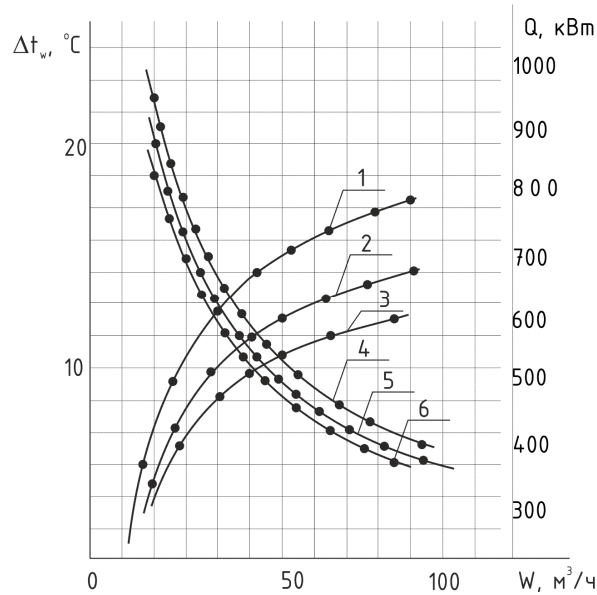


Рис.2 Результаты исследований системы охлаждения турбокомпрессора К-500-61: 1, 2, 3 — зависимости отводимой тепловой мощности от расхода охлаждаемой воды соответственно в первом, втором и концевом воздухоохладителях; 4, 5, 6 — зависимости перепада температуры охлаждаемой воды от ее расхода соответственно в первом, втором и концевом воздухоохладителях

The results of studies of the cooling system of the turbocharger K-500-61: 1, 2, 3 — according to the exhaust heat energy from the flow of cooling water respectively in the first and second end air coolers; 4, 5, 6 — dependence of the temperature difference of cooling water from the flow respectively in the first, second and end coolers

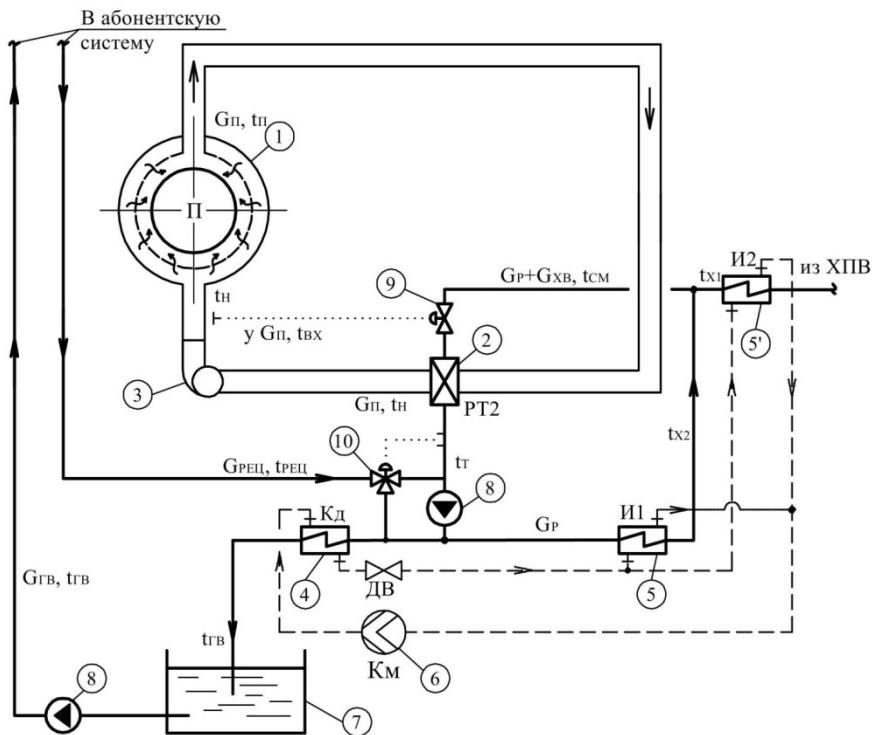


Рис.3 Система теплоснабжения на основе термотрансформированной энергии стабилизирующего охлаждения вращающейся печи и холодной воды: 1 — укрытие печи; 2 — calorifer; 3 — вентилятор; 4 — конденсатор; 5, 5' — испарители; 6 — компрессор; 7 — бак-аккумулятор; 8 — насосы; 9 — температурный регулятор расхода теплоносителя; 10 — трехходовой регулятор расхода

Heating system based on thermotransformers energy stabilizing cooling of the rotary kiln and cold water: 1 shelter furnace; 2 — heater; 3 — fan; 4 — condenser; 5, 5' — evaporator; 6 — compressor; 7 — storage tank; 8 — pump; 9 — temperature regulator, flow rate; 10 — three-way flow regulator

Утилизированная теплота в предложенной системе может быть эффективно использована для теплотехнологического и промышленного теплоснабжения.

Общий энергетический поток, затрачиваемый в процессе нагрева воды в рассматриваемой термотрансформаторной системе может быть представлен в виде

$$Q = Q_{\Pi} + N = Q_{PT2} + Q_K - Q_{И1} - Q_{И2}, \quad (1)$$

где Q_{Π} – тепловой поток, воспринятый с охлаждаемой поверхности вращающейся печи, Вт;

N – тепловой эквивалент приводной мощности компрессора, Вт;

Q_{PT2} – воспринятая теплота утилизации в рекуперативном теплообменнике PT2, Вт;

Q_K – тепловой поток, воспринятый в конденсаторе термотрансформаторного контура, Вт;

$Q_{И1}, Q_{И2}$ – утилизируемый тепловой поток в испарителях И1, И2 термотрансформаторного контура, соответственно, Вт.

Эффективность указанной системы возрастает при увеличении расхода теплоносителя на горячее водоснабжение.

Эффективность систем альтернативного теплоснабжения определяется долей замещения

традиционного топлива возобновляемыми видами энергии. Повысить долю замещения можно путем комбинированного использования двух разнородных источников нетрадиционной энергии, природные особенности которых способны взаимно компенсировать дефицит один одного.

Результаты

Сочетание в комплексной альтернативной системе теплоснабжения гелиосистемы с дополнительным источником грунтовой энергии 4 на базе теплонасосного цикла представляет интерес для энергосберегающих технологий [6, 7]. Комплексная альтернативная система теплоснабжения с гелиоколлектором (ГК) 1, аккумулятором тепла (АК) 2, грунтовыми теплообменниками (ГТ) 4, в комплексе с тепловым насосом (ТН) 3, позволяет эффективно использовать одновременно два вида альтернативной энергии для теплоснабжения потребителей 5 (рис. 4). При дефиците альтернативной энергии в схеме предусматривается резервный источник энергии (дублер) 6.

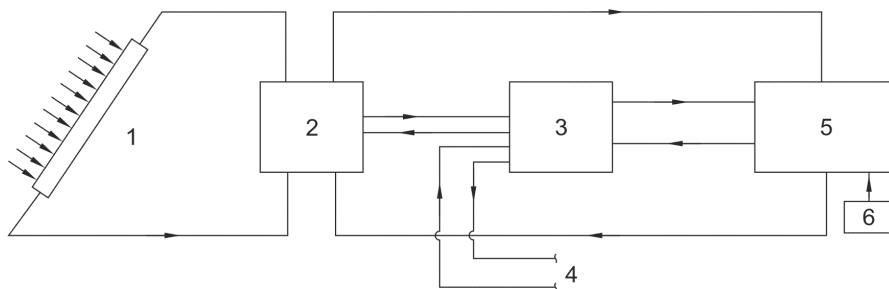


Рис.4 Схема комплексной альтернативной системы теплоснабжения

The scheme of complex alternative heating system

Основные элементы теплонасосной установки теплоснабжения – компрессор 1, конденсатор 2, комплексной альтернативной системы теплоснабжения – испаритель 3 и дроссельный клапан 4 (рис. 5).

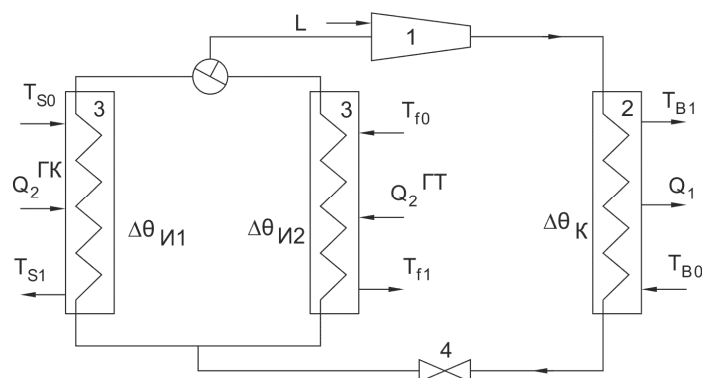


Рис.5 Схема теплонасосной комплексной альтернативной системы теплоснабжения

The scheme of integrated heat pump alternative heating system

Научная новизна и практическая значимость

Испаритель 3 предназначен для отвода тепла на низкотемпературном уровне от "холодного" источника, которым, в нашем случае, может являться АК, ГК, либо ГТ, и дальнейшей передачи этого тепла рабочему телу теплового насоса с целью его испарения и последующего сжатия в компрессоре, для чего затрачивается работа L .

Конденсатор предназначен для отвода теплоты Q_1 от рабочего тела ТН, имеющего более высокий температурный уровень и давление по сравнению с испарителем.

Выводы

Использование системы комплексной альтернативной системы теплоснабжения в конфигурации «моноструктурная теплонасосная грунтовая система» и «биоструктурная теплонасосная гелио-грунтовая система теплоснабжения» имеет перспективы широкого внедрения в климатических условиях Украины и представляет значительный интерес для энергосберегающих технологий, так как позволяет сохранить топливно-энергетические ресурсы и улучшить экологическое состояние атмосферы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Деклараційний патент F24D 11/00. Система опалення та гарячого водопостачання громадських і промислових будівель // Скрипніков В. Б., Савицький М. В., Бузунов О. В., Салімов Е. З., Сайченко О. В., Скрипніков Ю. В. - Дніпропетровськ, ПДАБА, 2002.
2. Деклараційний патент F24D 11/00. Система опалення та гарячого водопостачання громадських та промислових будівель // Скрипніков В. Б., Савицький М. В., Скрипніков Ю. В., Ляховецька М. М., Сайченко О. В., Салімов Е. З. - Дніпропетровськ, ПДАБА, 2005.
3. Скрыпников В. Б., Савицкий Н. В., Ляховецкая-Токарева М. М., Скрыпников Ю. В. Разработка эффективных методов использования теплоты сжатого воздуха турбокомпрессорных установок / Скрыпников В. Б. // Научно-технический журнал. Вестник Московского государственного строительного университета. Периодическое научное издание. - Москва, 2015. - №7/2015. - С. 215-221.
4. Патент на винахід F27D 9/00. Система стабілізуючого охолодження печі на основі термотрансформації теплоти, яка утилізується // Петраш В. Д., Сорокіна І. В., Басіст Д. В. - Одеса. - 12.10.2009, Бюл. № 19, 2009 р.
5. Чернышова И. В. Условия высокоэффективного теплоснабжения на основе термотрансформации интегрированной энергии охлаждения печи и низкопотенциальных источников. / Чернышова И. В. // Вісник ОДАБА. - Одеса, 2012. - Вип. №45 - С. 290-298.
6. Деклараційний патент на винахід F24J 3/00. Сонячний колектор // Денисова А. Є., Мазуренко А. С., Аль Уста Айман. - Одеса. - 15.08.2002, Бюл. № 8, 2002 р.
7. Денисова А. Е. Оценка эффективности работы комплексной альтернативной системы теплоснабжения / Денисова А. Е. // Тр. Одес. политехн. ун-та. - Одесса, 2000. - № 2. - С. 11.
8. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. / Табунщиков Ю. А. // АВОК №1. - Москва, 1998г. - С. 10-15.
9. Эль Садин Хасан. Выбор оптимальных параметров системы теплохолодоснабжения жилого дома / Эль Садин Хасан // Холодильная техника. - Одесса, 2003. - №3. - С. 18-21.
10. Овчаренко В. А. Овчаренко А. В. Використання теплових насосів / Овчаренко В. А. // Холод М+Т. - Одеса, 2006. - №2. - С. 34-36.
11. Парфенов В. П. Анализ влияния охлаждения на термодинамическую эффективность многоступенчатой компрессорной установки. / Парфенов В. П. // Изв. Вузов, Энергетика. - Москва, 1991. - №7 - С. 12-15.
12. Еременко Е. Н., Лютенко В. Ф., Тимин А. Л. Утилизация тепла сжатия воздуха на компрессорных станциях общего назначения. // Еременко Е. Н. / Химическое и нефтяное машиностроение. - Москва, 1981. - № 1 - С. 27-30.

REFERENCES

1. *Deklaratsiyniy patent F24D 11/00. Systema opalennia ta hariachoho vodopostachannia hromadskykh i promyslovykh budivel* [The Declaration patent F24D 11/00. Heating and hot water supply public and industrial buildings]: Skripnikov V. B., Savitsky N. V. Buzunov V.A., Salimov E.S., Zaichenko A.V., Skripnikov Y.V. - Dnepropetrovsk, PDABA, 2002.
2. *Deklaratsiyniy patent F24D 11/00. Systema opalennia ta hariachoho vodopostachannia hromadskykh ta promyslovykh budivel* [The Declaration patent F24D 11/00. Heating and hot water supply public and industrial buildings] / Skripnikov, V.B., Savitsky N.V. Skripnikov, Y., Lyakhovetskaya M.M., Zaichenko A.V., Salimov E.Z. - Dnepropetrovsk, PDABA, 2005.
3. Skrypnikov V.B., Savitsky N.V., Ljahovetskaya - Tokareva M.M., Skrypnikov Y.V. *Razrabotka effektivnykh metodov ispolzovaniya teploty szhatogo vozduha turbokompressornykh ustanovok* [Development of effective methods of using the heat of compressed air turbo-compressor units] / Skrypnikov V.B. - Scientific-technical journal. Vestnik of Moscow state construction University. A scientific periodical. - Moscow, 2015. - No. 7/2015. - P. 215-221.
4. *Patent na vynakhid F27D 9/00. Systema stabilizuiuchoho okholodzhennia pechi na osnovi termotransformatsii teploty, yaka utylizuietsia* [The patent for the invention F27D 9/00. System stabilizing cooling furnace on the basis of thermotransformers of heat, which is utilized] / Petras V.D., Sorokina I.V., Basist D.V. - Odessa. - 12.10.2009, Bul. № 19, 2009.
5. Chernyshova I.V. *Usloviya vyisokoeffektivnogo teplosnabzheniya na osnove termotransformatsii integrirovannoy energii ohlazhdeniya pechi i nizkopotentsialnykh istochnikov* [Conditions highly efficient heat supply on the basis of

- thermotransformation integrated power cooling furnace and low-grade sources]. // Chernyshova I. V. / J. of OGA. – Odessa, 2012. – Vol. No.45 – P.290-298.
6. Deklaratsiynyi patent na vynakhid F24J 3/00. *Soniachnyi kolektor* [The Declaration patent for the invention F24J 3/00. Solar collector]. // Denisova A.E., Mazurenko A.S., Al Usta Ayman. – Odessa. - 15.08.2002, bull. No. 8, 2002.
 7. Denisova A.E. *Otsenka effektivnosti raboty kompleksnoy alternativnoy sistemy teplosnabzheniya*. [Evaluation of the effectiveness of complex alternative heat supply system]. // Denisova A.E. / Proc. of the OPU. – Odessa, 2000. no. 2. – P. 11.
 8. Tabunshchikov Y.A., Brodach M.M.. *Nauchnyie osnovyi proektirovaniya energoeffektivnyih zdaniy* [Scientific bases of designing energy-efficient buildings]. // Tabunshchikov Y.A. / AVOK No. 1. – Moscow, 1998. – P. 10-15.
 9. *El Hasan Sadin. Vyibor optimalnyih parametrov sistemy teploholodosnabzheniya zhilogo doma*. [The choice of optimal parameters of heating and cooling houses]. // El Hasan Sadin / Refrigeration. – Odessa, 2003. - No. 3. - P. 18-21.
 10. Ovcharenko V.A., Ovcharenko A.V. *Vykorystannia teplovykh nasosiv*. [The use of heat pumps]. // Ovcharenko V.A. / Cold M+T – Odesa, 2006. - No. 2. - P. 34-36.
 11. Parfenov V.P. *Analiz vliyaniya ohlazhdeniya na termodinamicheskuyu effektivnost mnogostupenchatoy kompressornoj ustanovki*. [Analysis of the influence of cooling on the thermodynamic efficiency of a multistage compressor]. // Parfenov V.P. / Izv. Universities, Energy. – Moscow, 1991. – №7 – P. 12-15.
 13. Eremenko E.N., Lyutenko, V.F., Thymine A.L.. *Utilizatsiya tepla szhatiya vozduha na kompressornyih stantsiyah obshego naznacheniya*. [Heat recovery from air compression at compressor stations of general purpose]. // Eremenko E.N. / Chemical and petroleum engineering. – Moscow, 1981. – No. 1 – P. 27-30.

Стаття надійшла в редколегію 02.04.2017