



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

**СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО**  
**СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**  
**MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION**

2016, ТОМ 12, НОМЕР 2, 71–77

УДК 697.32+620.9

## **СХЕМИ РОБОТИ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З КОТЛАМИ НА ОРГАНІЧНОМУ ПАЛИВІ**

**В. В. Остапенко<sup>a</sup>, Д. В. Остапенко<sup>b,1</sup>, О. В. Лук'янов<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> *ООО РМН,*

*50, Земперштрассе, Гамбург, Німеччина, 22303.*

<sup>b</sup> *Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

*E-mail: <sup>b,1</sup> d.v.ostapenko@donnasa.ru*

*Отримана 24 березня 2016; прийнята 22 квітня 2016.*

**Анотація.** Питання енергозбереження, раціонального використання наявних природних ресурсів, використання відновлюваних джерел енергії, зниження викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище є важливими аспектами існування людства. Вони можуть бути об'єднані однією загальною властивістю: всі сучасні енергозберігаючі установки мають періодичність роботи (піки і провали щодо споживання енергії та її вироблення) залежно від сфери їх застосування. Таким чином, складовою питання енергозбереження є завдання вирівнювання процесів споживання і генерації енергії в часі за рахунок її акумуляції. Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку технології акумуляції теплової енергії на сьогодні вважається акумуляування за рахунок явища фазового переходу при плавленні-кристалізації матеріалу. Використання теплоти плавлення для акумуляування тепла забезпечує високу щільність енергії, що запасується, у разі використання невеликих перепадів температур і досить стабільну температуру теплоносія на виході з акумулятора теплоти.

**Ключові слова:** теплота, органічне паливо, акумулятор теплоти фазового переходу (АТФП), схеми підключення акумулятора теплоти, зниження викидів шкідливих речовин, зменшення капітальних витрат.

## **СХЕМЫ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С КОТЛАМИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ**

**В. В. Остапенко<sup>a</sup>, Д. В. Остапенко<sup>b,1</sup>, А. В. Лукьянов<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> *ООО РМН,*

*50, Земперштрассе, Гамбург, Германия, 22303.*

<sup>b</sup> *Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

*E-mail: <sup>b,1</sup> d.v.ostapenko@donnasa.ru*

*Получена 24 марта 2016; принята 22 апреля 2016.*

**Аннотация.** Вопросы энергосбережения, рационального использования имеющихся природных ресурсов, использования возобновляемых источников энергии, снижения выбросов вредных веществ в окружающую среду являются важными аспектами существования человечества. Они могут быть объединены одним общим свойством: все современные энергосберегающие установки имеют периодичность

работы (пики и провалы по потреблению и выработке энергии) в зависимости от области их применения. Таким образом, составной вопроса энергосбережения является задача выравнивания процессов потребления и генерации энергии во времени за счет ее аккумуляции. Одним из наиболее перспективных направлений развития технологии аккумуляции тепловой энергии в настоящее время считается аккумуляция за счет явления фазового перехода при плавлении-кристаллизации материала. Использование теплоты плавления для аккумуляции тепла обеспечивает высокую плотность запасаемой энергии при использовании небольших перепадов температур и достаточно стабильную температуру теплоносителя на выходе из аккумулятора теплоты.

**Ключевые слова:** теплота, органическое топливо, аккумулятор теплоты фазового перехода (АТФП), схемы подключения аккумулятора теплоты, снижение выбросов вредных веществ, уменьшение капитальных затрат.

## SCHEMES OF BATTERY LIFE LATENT HEAT IN HEATING SYSTEMS WITH BOILERS OF FOSSIL FUELS

Vitaliy Ostapenko<sup>a</sup>, Dmitriy Ostapenko<sup>b,1</sup>, Alexandr Lukyanov<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *ООО RMN,*

*50 Semperstraße, Hamburg, Deutschland, 22303.*

<sup>b</sup> *Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail: <sup>b,1</sup> d.v.ostapenko@donmasa.ru*

*Received 24 March 2016; accepted 22 April 2016.*

**Abstract.** Energy saving, rational use of natural resources, renewable energy, reducing emissions of harmful substances into the environment are important aspects of human existence. They can be combined in one common property of all modern energy-saving settings have frequency operation (peaks and dips in power consumption and generation), depending on their application. Thus, an integral task of the issue of energy conservation is a challenge balancing processes of energy generation and consumption in time due to its accumulation. One of the most promising areas of technology accumulation of thermal energy is now considered by the accumulation of the phenomenon of phase transition in the melting-crystallization of the material. Using the heat of fusion for heat storage provides high density of stored energy when small changes in temperature and sufficiently stable temperature of the coolant at the outlet of the heat accumulator.

**Keywords:** heat, fossil fuels, battery heat of the phase transition (ATFP), circuit connecting the battery heat, reduction of harmful emissions, reduction of capital costs.

### Введение

Выработка теплоты за счет сжигания органического топлива не носит циклического характера. Однако следует учесть, что подбор любого генератора теплоты выполняется для покрытия максимальной нагрузки системы, которая носит кратковременный характер (около 3 %) по сравнению с длительностью отопительного периода [1, 2]. В остальное время генераторы работают в диапазоне нагрузок от 40 до 100 % номинальной мощности котла в зависимости от технологичности горелки [1–3]. Для обеспечения необходимой мощности на минимуме своих возможностей котел увеличивает количество пусков и

остановок в час, при этом снижается долговечность газогорелочного оборудования и повышается эмиссия СО (неполное сгорание топлива) в атмосферу. Если говорить о твердотопливных котлах, то в переходном режиме на поддержание горения при отсутствии теплоносителя тратится значительное количество топлива, при этом увеличивается тепловое напряжение поверхностей нагрева генератора.

### Основная часть

Путь решения перечисленных вопросов лежит в увеличении тепловой инерции системы тепло-

снабжения. В настоящее время задача решается за счет жидкостных смесительных аккумуляторов. Однако увеличение инерционности за счет такого типа аккумуляторов основано на элементарном наращивании водного объема системы и компенсационных емкостей. Это в результате сказывается на комфорте потребителя, так как котел не в состоянии быстро прогреть большой объем теплоносителя. В свою очередь АТФП лишены подобных недостатков.

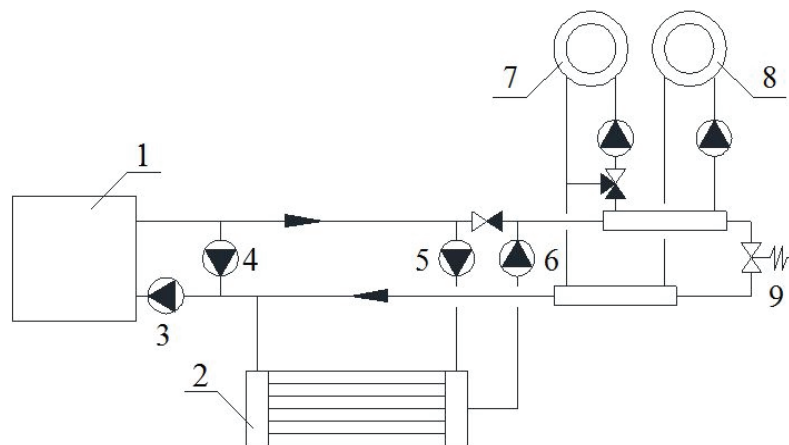
В процессе рассмотрения и разработки схем включения АТФП в системы теплоснабжения основная задача работы тепловых аккумуляторов рассматривалась в расширении возможностей использования возобновляемых и экологически чистых источников энергии, а также в повышении КПД теплогенераторов на органических видах топлива за счет рационализации периодов их работы. Основываясь на данных принципах, учитывая существующие схемы аккумулятирования тепловой энергии [2, 4–10] и особенности работы АТФП, были разработаны рассматриваемые ниже тепловые схемы систем теплоснабжения с фазопереходными аккумуляторами тепловой энергии.

Тепловой аккумулятор может быть применим в любой технологической схеме теплогенерирующей установки. Принципиальным моментом его расположения является его работа совместно с генератором. АТФП может быть включен в тепловую схему последовательно или параллельно.

Параллельное подключение (рис. 1) предусматривает установку аккумулятора на параллельной линии с теплогенератором.

Включение в работу теплоаккумулятора предполагается при работе системы генерации на 60–70 % от максимальной мощности. В процессе работы котла в переходной период происходит зарядка теплоаккумулятора. При этом расход теплоты производится потребителями – 7, 8 и теплоаккумулятором – 2. Забор теплоносителя на зарядку АТФП выполняет насос – 5, при этом его расход обеспечивает работу котла на уровне 30–40 % максимальной мощности, так чтобы даже при закрытии потребителей – 7, 8 теплогенератор продолжал выработку теплоты при своем максимально возможном КПД для аккумулятирования. В таком режиме выработка энергии идет при меньшей тепловой нагрузке топки, что ведет к снижению выбросов  $\text{NO}_x$ . При полной зарядке АТФП – 2, насосы – 3, 4 выключаются. Насос – 6 включается в работу и обеспечивает саккумулятированной тепловой энергией систему на расчетный период. Установка перепускного клапана – 9 предусматривается для защиты насоса – 6. В системах малой мощности клапан – 9 может быть заменен гидравлической стрелкой.

Особенностью такой схемы является увеличение времени работы теплогенератора в диапазонах мощности при максимальном КПД. Например, для котлов Viessmann Vitomax 100-LW увеличение КПД возможно на 3,5 %.



**Рисунок 1.** Схема параллельного включения АТФП в систему теплоснабжения: 1 – теплогенератор; 2 – фазопереходный аккумулятор; 3 – котловый насос; 4 – рециркуляционный насос; 5 – насос зарядки АТФП; 6 – насос разрядки АТФП; 7 – контур потребителя регулируемый; 8 – контур потребителя нерегулируемый; 9 – перепускной клапан.

При последовательном включении (рис. 2) теплоаккумулятор – 2 устанавливается на одну линию с теплогенератором 1.

Аккумулятор – 2 в такой схеме участвует в процессе генерации теплоты на протяжении всего периода работы теплогенерирующей установки, включая период максимальных нагрузок. Теплоноситель нагревается в котле – 1 и поступает в систему теплоснабжения. В момент, когда потребителям – 5, 6 более не требуется тепловая энергия, потребитель закрывается, открывается перепускной клапан – 7, который может быть настроен на 30–40 % пропуска расчетного расхода теплоносителя, и производится зарядка АТФП – 2 за счет «горячей» обратной магистрали. При полной зарядке аккумулятора – 2, работа котла – 1 прекращается. Система поддерживается за счет саккумулированной энергии.

При последовательном подключении аккумулятора выполняется защита котла от холодной обратки за счет саккумулированной энергии во все периоды работы генератора. Однако это требует повышения мощности котла сверх проектной. Котел в переходной период не остывает за время простоя, а постоянно находится в разогретом (рабочем) состоянии за счет протока через него циркулирующего теплоносителя. Вместе с тем система становится менее маневренной, чем при параллельном подключении. При остановках котельной в аварийных ситуациях выход ее на необходимые параметры рабо-

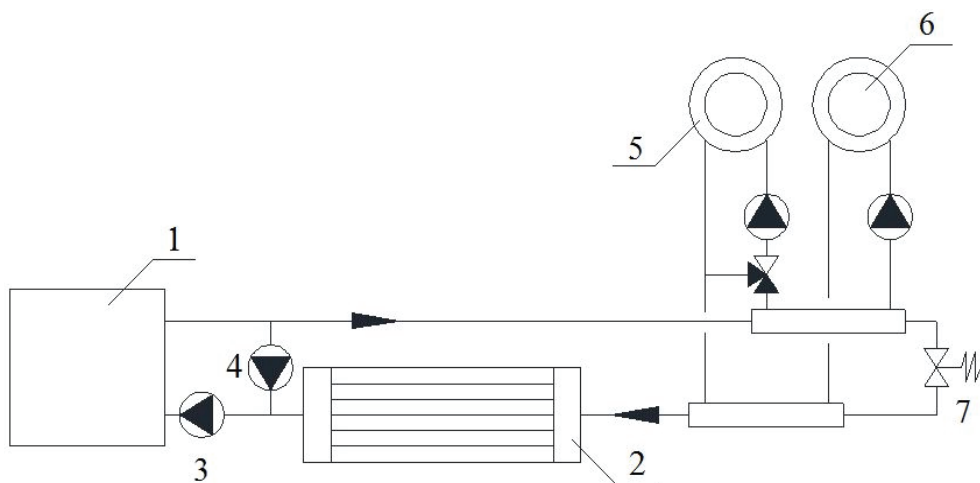
ты возможен только после зарядки аккумулятора. Также увеличиваются теплопотери в максимальном режиме, когда работа аккумулятора практически сведена к нулю, и теплопотери от котла в ожидающем режиме.

Для изучения возможности установки АТФП в схему теплогенерирующей установки на органическом топливе рассмотрим установку с установленной мощностью котлоагрегатов 1 МВт. Учитывая требования СНиП «Котельные установки», в такой котельной необходимо установить как минимум два котла по 500 кВт.

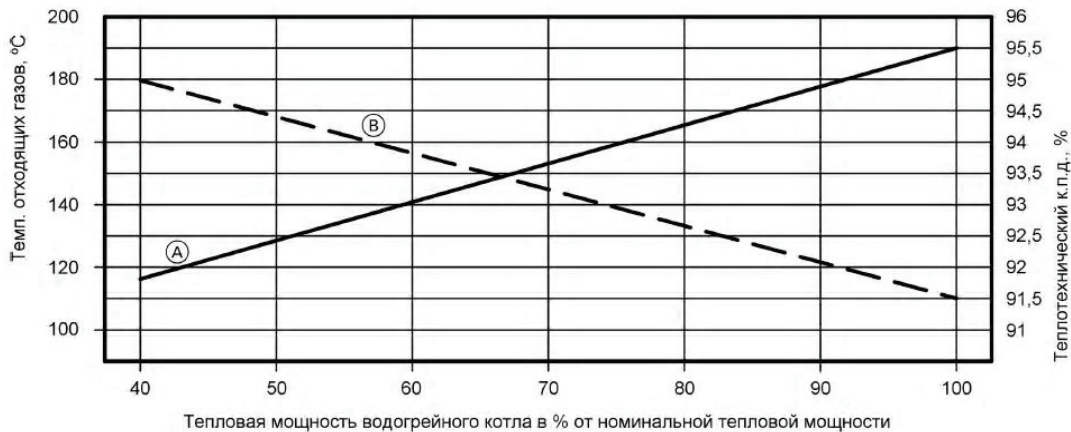
При средней отопительной температуре 0 °С полная мощность установки без АТФП снижается до 479 кВт. При этом в работе остается только один агрегат, работающий на 95,8 % своей мощности. Второй котел стоит в «ожидании запроса». В таких условиях целесообразно рассмотреть работу простаивающего котлоагрегата на уровне мощности 40 % при аккумуляции выработанной им энергии в АТФП.

На основании результатов исследований научной группы фирмы Viessmann характеристик работы котлов Vitomax [11], представленных на рис. 3, можно отметить, что КПД котлоагрегата при уровне работы 40 % составляет 95 % против КПД 91,5 % на уровне мощности 100 %.

Тепловая мощность второго котлоагрегата на уровне 40 % составит  $500 \text{ кВт} \cdot 0,4 = 200 \text{ кВт}$ . При этом его тепловая нагрузка будет равна  $200 \text{ кВт} \cdot 0,95 = 190 \text{ кВт}$ . Величина отпущенной



**Рисунок 2.** Схема последовательного включения АТФП в систему теплоснабжения: 1 – теплогенератор; 2 – фазопереходный аккумулятор; 3 – котловой насос; 4 – рециркуляционный насос; 5 – контур потребителя регулируемый; 6 – контур потребителя нерегулируемый; 7 – перепускной клапан.



- Ⓐ Температура отходящих газов, °C  
 Ⓑ К.п.д. котла, %

**Рисунок 3.** Показатели работы котлоагрегата Vitomax при различной степени загрузки.

тепловой энергии первым котлом в установленных условиях составит  $479 \text{ кВт} \cdot 0,915 = 438 \text{ кВт}$ . Следовательно, второму котлу необходимо  $438 \text{ кВт} \cdot 3600 \text{ с} / 190 \text{ кВт} = 8299 \text{ с}$  или 2 ч 18 мин для выработки с аккумуляцией часовой потребности абонента в тепловой энергии. Количество циклов зарядки-разрядки аккумулятора в сутки равно  $24 \text{ ч} / (2,3 \text{ ч} + 1 \text{ ч}) = 7,25$  раза. Работа абонента от аккумулятора в течение суток составит 7,25 ч.

Учитывая вышеизложенную информацию, произведем расчет затрат на газообразное топливо при средней температуре за отопительный период по тарифам, установленным согласно Постановлению НКРЭ Украины от 31.03.2014 г. № 352, 353:

– стоимость потребленной энергии для теплогенерирующей установки без аккумулятора теплоты:

$$\begin{aligned} \text{Ц1} &= 24 \text{ ч} \cdot (0,438 \text{ МВт} \cdot 3600 \text{ с}) / \\ &/ (33,1 \text{ МДж} / \text{м}^3 \cdot 0,915) \cdot 5324,64 \text{ грн./тыс. м}^3 = \\ &= 1250,3 \text{ м}^3 / \text{сут.} \cdot 5324,64 \text{ грн./тыс. м}^3 = 6657,4 \text{ грн./сут.}; \end{aligned}$$

– стоимость потребленной энергии для теплогенерирующей установки с аккумулятором теплоты:

$$\begin{aligned} \text{Ц2} &= (24 \text{ ч} - 7,25 \text{ ч}) \cdot ((0,438 \text{ МВт} \cdot 3600 \text{ с}) / \\ &/ (33,1 \text{ МДж} / \text{м}^3 \cdot 0,915) + (0,190 \text{ МВт} \cdot 3600 \text{ с}) / \\ &/ (33,1 \text{ МДж} / \text{м}^3 \cdot 0,95)) \cdot 5324,64 \text{ грн./тыс. м}^3 = \\ &= 1236,7 \text{ м}^3 / \text{сут.} \cdot 5324,64 \text{ грн./тыс. м}^3 = 6585 \text{ грн./сут.} \end{aligned}$$

Снижение расхода топлива за счет предложенного мероприятия для 1 МВт установленной мощности теплогенератора равно:

$$\text{Ц1} - \text{Ц2} = 1250,3 \text{ м}^3 / \text{сут.} - 1236,7 \text{ м}^3 / \text{сут.} = 13,6 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

При этом увеличение общего КПД теплогенерирующей установки составит 1,1 %.

При установке АТФП в тепловые схемы с твердотопливными котлоагрегатами эффект может быть увеличен, т. к. будут исключены затраты на поддержание горения при простое котлоагрегата. На время работы от аккумулятора генератор останавливается.

Несомненным плюсом объединения АТФП с генераторами теплоты на органическом топливе является возможность работы в ночной период с меньшими капитальными затратами. Данные мероприятия в итоге способны увеличить общий КПД генерации теплоты источником, а также снизить уровень вредных выбросов в окружающую среду [11, 12].

### Вывод

Для генераторов теплоты на органическом топливе предложены варианты их работы с АТФП, позволяющие повысить общий КПД выработки теплоты, при этом снизить выбросы вредных веществ за счет рационализации процесса горения в переходных режимах работы теплогенерирующих установок.

## Литература

1. Бекман, Г. Тепловое аккумулирование энергии [Текст] / Г. Бекман, П. Гилли ; Пер. с англ. В. Я. Сидорова, Е. В. Сидорова; Под ред. В. М. Бродянского. – М. : Мир, 1987. – 272 с.
2. Бабаев, Б. Д. Сравнительные характеристики различных типов аккумуляторов тепла, перспективные направления разработок новых методов и устройств для аккумулирования тепловой энергии [Текст] / Б. Д. Бабаев / Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов : материалы VI Школы молодых ученых им. Э. Э. Шпилрайна, 23–26 сентября 2013 г. / Институт проблем геотермии ДНЦ РАН ; под ред. А. Б. Алхасова. – Махачкала : Алеф, 2013. – С. 125–137.
3. Левенберг, В. А. Аккумулирование тепла [Текст] / В. А. Левенберг, М. П. Ткач, В. А. Гольстрем. – Киев : Техника, 1991. – 112 с.
4. Solar unterstützte Nahwärmeverorgungmit und ohne Langzeit-Wärmespeicher [Текст] / M. Benner, M. Bodmann, D. Mangold [et al.]. – Stuttgart : Universität Stuttgart, 2003. – 348 s. – ISBN 3-9805274-2-5.
5. Alario, J. Active Heat Exchange System Development for Latent Heat Thermal Energy Storage: Topical report. NASA CR-159726 [Текст] / J. Alario, R. Kosson, R. Haslett ; Grumman Aerospace Corporation. – New York, 1980. – 60 p.
6. Thermal Properties Of Organic Latent Cold Storage Materials [Текст] / R. Bulgrin, R. Naumann, H.-H. Emons, U. Holfter // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 1991. Vol. 37, № 1. P. 155–169.
7. Fortschrittliche Wärmespeicher [Текст]. Erhöhung von solarem Deckungsgrad und Kesselnutzungsgrad und Emissionsverringierung durch verringertes Takten : Projekt zum IEA-SHC Task 32 [Текст] / Wolfgang Streicher, Andreas Heinz, Peter Puschnig [et al.] ; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. – Wien, 2007. – 139 p.
8. Сотникова, О. А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения [Текст] / О. А. Сотникова, В. С. Турбин, В. А. Григорьев // АВОК. 2003. № 5. С. 40–44.
9. Резницкий, Л. А. Тепловые аккумуляторы [Текст] / Л. А. Резницкий. – М. : Энергоатомиздат, 1996. – 91 с.
10. Speicher für die Energiewende [Текст] / P. Rundel, V. Meyer, I. Meyer, R. Dascner, M. Jakuttis, M. Franke, S. Binder, A. Hornung ; Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg. – Sulzbach-Rosenberg, 2013. – 113 s.
11. Технический паспорт Vitomax 100 [Текст]. Тип M155 : Водогрейный котел на жидком/газовом топливе. Для режима работы с постоянной температурой теплоносителя. – К. : ТОВ «Віссманн», 2005. – 8 с.
12. Умеренков, Е. В. Разработка аккумуляторов теплоты на фазовом переходе для систем теплоснабжения [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 /

## References

1. Beckmann, G.; Gilli, P. Thermal energy storage. Moscow: Mir, 1987. 272 p. (in Russian)
2. Babaev, B. D. Comparative characteristics of various types of heat storage, uncoming trend of development of innovative methods and devices for thermal energy storage. In: *Topical problems of conversion of renewables: materials of E. E. Shpilrayn VI school of young scientists, 23–26 September 2013 / Institute of geometry problems; Edited by A. B. Alhasov.* Makhachkala: Aleph, 2013, pp. 125–137. (in Russian)
3. Levenberg, V. A.; Tkach, M. P.; Golstrem, V. A. Heat accumulation. Kiev: Technics, 1991. 112 p. (in Russian)
4. Benner, M.; Bodmann, M.; Mangold, D.; Nußbicker, J.; Raab, S.; Schmidt, T.; Seiwald, H. Solar unterstützte Nahwärmeverorgungmit und ohne Langzeit-Wärmespeicher. Stuttgart: Universität Stuttgart, 2003. 348 s. ISBN 3-9805274-2-5.
5. Alario, J.; Kosson, R.; Haslett, R.; Grumman Aerospace Corporation. Active Heat Exchange System Development for Latent Heat Thermal Energy Storage: Topical report. NASA CR-159726. Bethpage, New York, 1980. 60 p.
6. Bulgrin, R.; Naumann, R.; Emons, H.-H.; Holfter, U. Thermal Properties Of Organic Latent Cold Storage Materials. In: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1991, Vol. 37, No. 1, pp. 155–169.
7. Streicher, Wolfgang; Heinz, Andreas; Puschnig, Peter [et al.]; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Fortschrittliche Wärmespeicher. Erhöhung von solarem Deckungsgrad und Kesselnutzungsgrad und Emissionsverringierung durch verringertes Takten: Projekt zum IEA-SHC Task 32. Wien, 2007. 139 p.
8. Sotnikova, O. A.; Turbin, V. S.; Grigorev, V. A. Electric power storages of heat energy of heat producing installation of heat supply systems. In: *ABOK*, 2003, No. 5, pp. 40–44. (in Russian)
9. Reznitskiy, L. A. Heat storages. Moscow: Energoatomizdat, 1996. 91 p. (in Russian)
10. Rundel, P.; Meyer, B.; Meyer, I.; Dascner, R.; Jakuttis, M.; Franke, M.; Binder, S.; Hornung, A.; Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg. Speicher für die Energiewende. Sulzbach-Rosenberg, 2013. 113 s.
11. Technical certificate Vitomax 100. Type M155: liquid/gas fuel hot-water boiler. Kyiv: Viessmann, 2005. 8 p. (in Russian)
12. Umerenkov, E. V. The development of change of phase heat storages for heat supply systems: the thesis submitted for the Scientific Degree on competition of Candidate of Engineering: 05.23.03. Kursk, 2012. 196 p. (in Russian)

Умеренков Евгений Валериевич. – Курск, 2012. – 196 с.

**Остапенко Віталій Валерійович** – інженер технічного оснащення будівель ТОВ РМН, м. Гамбург. Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання, оптимізація роботи локальних джерел теплопостачання.

**Остапенко Дмитро Валерійович** – асистент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: локальні джерела теплоти, підвищення їх енергетичної та екологічної ефективності, вплив цих джерел на навколишнє середовище.

**Лук'янов Олександр Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: локальні джерела теплопостачання, підвищення їх екологічних і енергетичних характеристик.

**Остапенко Виталий Валериевич** – инженер технического оснащения зданий ООО РМН, г. Гамбург. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения, оптимизация работы локальных источников теплоснабжения.

**Остапенко Дмитрий Валериевич** – ассистент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: локальные источники теплоты, повышение их энергетической и экологической эффективности, влияние этих источников на окружающую среду.

**Лукьянов Александр Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: локальные источники теплоснабжения, повышение их экологических и энергетических характеристик.

**Ostapenko Vitaliy** – engineer technical equipment of buildings Ltd. RMN, Hamburg. Scientific interests: energy efficiency in heating systems, optimization of local heating sources.

**Ostapenko Dmitriy** – assistant; Heat-Engineering, Heat and Gas-Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: local sources of heat, improving their energy and environmental efficiency, the impact of these sources on the environment.

**Lukyjanov Alexandr** – DSc (Engineering), Professor, Head of the Heat-Engineering, Heat and Gas-Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: local heat supply sources, increasing their environmental and energy performance.