

ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

УДК 697.34(088.8)

© Шитікова І.Г.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ, ЯКІ ПРОТІКАЮТЬ В КОНТУРАХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ, У ТЕПЛООБМІННОМУ АПАРАТІ ЗМІЄВИКОВОГО ТИПУ

Дослідження паливно-енергетичного комплексу дозволило розкрити величезний енергозберігаючий потенціал у комунальній теплоенергетиці. Енерго- і ресурсозберігаючі агрегати та системи набувають актуальності в реалізації цього потенціалу, особливо у зв'язку з невідкладним наближенням кризи енергетичної галузі. Розглянуто саморегульована система тепlopостачання від індивідуальних теплових пунктів з підігрівально-акумуляторними установками і теплообмінниками змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання. Теплообмінники змієвикового типу застосовуються в комунальній енергетиці для передачі тепла (наприклад, геотермальних вод) до незалежних контурів системи опалення та гарячого водопостачання. Був проведений теплотехнічний розрахунок підігрівально-акумуляторної установки з теплообмінником змієвидного типу для незалежних систем тепlopостачання від індивідуального теплового пункту, в результаті якого на дослідно-промисловій установці в лабораторних умовах були отримані дослідні дані. Показані особливості перебігу потоків в міжтрубному просторі, їх вплив на теплообмін і температури теплоносіїв першого і проміжних контурів. Для поліпшення технічних характеристик триконтурного теплообмінника змієвикового типу необхідно знати, які процеси протікають всередині апарату. Рішення цього завдання дозволить в подальшому економити витрати матеріалів на виготовлення триконтурних теплообмінників змієвикового типу і забезпечить енергоефективність системи.

Ключові слова: підігрівально-акумуляторна установка, триконтурний теплообмінник, система незалежного тепlopостачання.

Шитікова И.Г. Исследование теплообменных процессов, которые протекают в контурах систем отопления и горячего водоснабжения, в теплообменном аппарате змеевикового типа. Исследование топливно-энергетического комплекса позволило раскрыть огромный энергосберегающий потенциал в коммунальной теплоэнергетике. Энерго- и ресурсосберегающие агрегаты и системы приобретают особую актуальность в реализации этого потенциала, особенно в связи с неумолимо надвигающимся кризисом энергетической отрасли. Рассмотрены саморегулирующаяся система теплоснабжения от индивидуальных тепловых пунктов с подогревально-аккумуляторными установками и теплообменниками змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения. Теплообменники змеевикового типа применяются в коммунальной энергетике для передачи тепла (например, геотермальных вод) для независимых контуров системы отопления и горячего водоснабжения. Был проведен теплотехнический расчет подогревально-аккумуляторной установки с теплообменником змеевикового типа для независимых систем теплоснабжения от индивидуального теплового пункта, в результате которого на опытно-промышленной установке в лабораторных условиях были получены опытные данные. Показаны особенности течения потоков в межтрубном пространстве, их влияние на теплообмен и температуры теплоносителей.

* здобувач наукового ступеня канд. наук, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, м. Київ, irinashitikova54@gmail.com

лей первого и промежуточных контуров. Для улучшения технических характеристик трехконтурного теплообменника змеевикового типа необходимо знать, какие процессы протекают внутри аппарата. Решение задачи позволит в дальнейшем экономить расход материалов на изготовление трехконтурных теплообменников змеевикового типа, и обеспечит энергоэффективность системы.

Ключевые слова: подогревально-аккумуляторная установка, трехконтурный теплообменник, система независимого теплоснабжения.

I.G. Shytikova. Research of the heat exchanging processes running in the heating and hot water supply loops of the coil heat exchangers. The fuel-energy complex research has made it possible to disclose a huge power-saving potential in the municipal heat-and-power engineering. Power-and-resource-saving units and systems are becoming extremely urgent because of the power engineering crisis expansion. The self-adjusting heat supply system from the individual heating points with the heat-accumulating units and coil heat exchangers for independent heating and water supply systems has been examined. Coil heat exchangers are used in municipal heating for heat transfer (e.g. geothermal waters) for the independent mains of the heating and hot water supply systems. The heat engineering calculation of the heating and accumulating unit with the coil heat exchanger for independent heat supply systems from individual heater was performed and experimental data were received at the experimental industrial unit under the laboratory conditions. The peculiarities of the flows in the intertubular space, their influence on the heat exchange and temperatures of the first and intermediate mains have been shown. It is important to know the processes running inside the apparatus to be able to improve the technical characteristics of the three-loop coil heat exchanger. The task solution will make it possible to save the materials consumption for the three-loop coil heat exchangers in the future.

Keywords: heat-accumulating unit, three-loop heat exchanger, independent heat supply system.

Постановка проблеми. Проводяться дослідження підігрівально-акумуючої установки з багатоконтурним теплообмінним апаратом змієвикового типу як для незалежної системи опалення, так і для системи гарячого водопостачання [1].

Для дослідження були розроблені два варіанти теплообмінників. У першому варіанті змієвики виконані однаковими як для контурів системи опалення, так і гарячого водопостачання, тобто з однаковими поверхнями нагріву $F_{OT} = F_{TB} (M^2)$.

У другому варіанті розглядається триконтурний теплообмінник, який у якості первинного теплоносія використовує геотермальну воду, а змієвик контуру системи гарячого водопостачання знаходиться всередині змієвика опалювального контура. В даній конструкції поліпшується знімання тепла, але ускладнюється чистка теплообмінних поверхонь змієвиків від накипу і забруднень, що знаходяться в геотермальній воді.

Ці конструкції підігрівальної акумулюючої установки (ПАУ) з багатоконтурними теплообмінниками змієвикового типу можуть використовувати теплоносій від будь-якого джерела теплоти, а розбірні фланці в теплообміннику підвищують експлуатаційні характеристики, такі як: надійність, розбірність конструкції, швидкість монтажу [2]. Вхідний і вихідний патрубки первинного теплоносія розміщені тангенціально до корпусу теплообмінника, що турболізує потік навколо теплообмінних поверхонь систем опалення та гарячого водопостачання і покращує теплообмін. Вторинний теплоносій в змієвику рухається на противотоці первинного теплоносія, що знаходиться в міжтрубному просторі, це сприяє обмиванню поверхонь теплообмінника і запобігає осіданню зважених частинок на поверхнях теплообмінника. Тим самим збільшується термін між чистками і профілактикою теплообмінних поверхонь та стінок корпусу теплообмінника (рис. 1).

У комунальній енергетиці найбільшими споживачами теплової енергії є системи теплопостачання міст та їхні комунально-побутові споживачі. Дослідження паливно-енергетичного комплексу дозволили виявити величезний енергозберігаючий потенціал в комунальній тепло-

енергетиці. Устаткування індивідуальних теплових пунктів завжди відрізняється своєю компактністю і надійністю, викликаною обмеженими умовами приміщення.

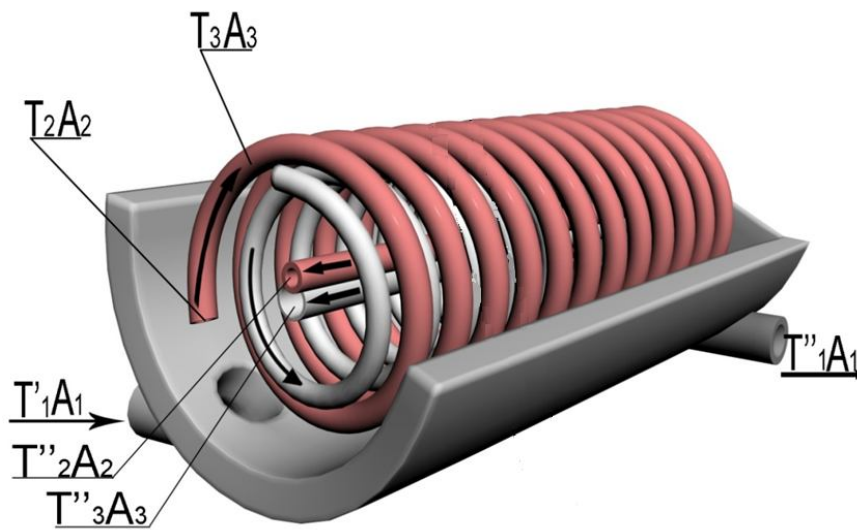


Рис. 1 – Напрямок руху теплоносіїв у багатоконтурному теплообміннику змієвикового типу

У зв'язку з цим, зменшення габаритних розмірів теплообмінників і конструкції ПАУ в цілому можливо за рахунок інтенсифікації процесів теплообміну, що підвищують ефективність їх експлуатації для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання. У цьому плані викликають інтерес багатоконтурні теплообмінники змієвикового типу, в яких первинний (грійучий) теплоносій циркулює між двома змієвиками, з'єднуючи свої незалежні контури для місцевих систем опалення і водопостачання.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Для дослідження теплообміну у теплообмінному апараті (ТА) в роботах Денисенко Ю.Н. та Олексюка А.О. була розроблена математична модель установки для системи опалення та гарячого водопостачання, яка відрізняється простотою застосування, а також багатofункціональністю [3]. Робота є продовженням публікацій авторів з дослідження конструкцій теплообмінних установок і їх розрахунку.

Мета статті – встановити залежність температури води, що нагрівається, від витрати і швидкості теплоносіїв, а також простежити характер сімейства кривих на графіках, які обумовлюються тангенціальним входом і виходом первинного теплоносія в корпус теплообмінника.

Виклад основного матеріалу. Дослідження експериментальної підігрівально-аккумуляторної установки з теплообмінником змієвикового типу для незалежних систем опалювання гарячого водопостачання показали хорошу працездатність конструкції змієвиків, що забезпечують нагрів двох вторинних теплоносіїв T_2 і T_3 , відповідно, грійучим теплоносієм T_1 і з котла (або альтернативного джерела) [4, 5].

Результати лабораторних досліджень процесів теплообміну між грійучим теплоносієм T_1 з котла і вторинними T_2 і T_3 для контурів опалення і гарячого водопостачання (ГВП) приведені в таблиці. Обробка експериментальних даних дозволила побудувати залежності температури води, яка нагрівалася, на ГВП в ТА змієвикового типу при зміні витрати первинного теплоносія з постійною температурою $T_1 = 80^\circ\text{C}$, що показано на рисунках 2, 3. При збільшенні витрат води, що нагрівається, її температура знижується, хоча температура грійучого теплоносія залишається стабільною $T_1 = 80^\circ\text{C}$. Хвилястий характер температурних кривих можна пояснити закручуванням теплового потоку первинного теплоносія в корпусі ТА. Це досягається за рахунок тангенціальної врізки патрубків, які входять і виходять, для потоку первинного теплоносія, а зміна напрямку руху вторинних теплоносіїв в змієвиках ТА по відношенню до протитоку первинного теплоносія і пояснює хвилястий характер кривих, побудованих на рисунку 3.

Таблиця

Результати лабораторних досліджень контуру системи опалювання в теплообміннику змієвикового типу на дослідно-експериментальному стенді

№ п/п	W_{om} , кг/с	G_c , кг/с	ω_{om}^{mp} , м/с	$\omega_c^{m.mp}$, м/с	T_1 , °C	T_2 , °C	Δt_{cp} , °C	Q_{om} , Вт	K , Вт/(м ² ·°C)	$\frac{\omega_{om}^{mp}}{\omega_c^{m.mp}}$	W_{om}/G_c
1	0,075	0,181	0,239	0,576	80	64	38,6	12163	1180	0,415	0,414
		0,305	0,239	0,970	80	68	48,8	15372	1330	0,246	0,245
		0,375	0,239	1,224	80	69	55	17325	1410	0,195	0,2
		0,430	0,239	1,369	80	71	51,6	16254	1575	0,175	0,174
2	0,125	0,181	0,398	0,576	80	57	33,3	17485	1700	0,690	0,690
		0,305	0,398	0,970	80	60	48,8	25620	1825	0,410	0,41
		0,375	0,398	1,224	80	62	54,0	28350	1970	0,325	0,333
		0,430	0,398	1,369	80	64	55,04	28896	2110	0,290	0,29
3	0,153	0,181	0,487	0,876	80	57	27,2	17485	1795	0,845	0,845
		0,305	0,487	0,970	80	60	39,85	25620	1945	0,502	0,50
		0,375	0,487	1,224	80	62,5	42,89	27562	2130	0,398	0,41
		0,430	0,487	1,369	80	64	44,97	28896	2280	0,356	0,356
4	0,295	0,181	0,938	0,576	80	57,5	13,80	17104	2120	1,628	1,63
		0,305	0,938	0,970	80	59,5	21,19	26260	2500	0,967	0,967
		0,375	0,938	1,224	80	62	22,88	28350	2720	0,766	0,766
		0,430	0,938	1,369	80	63	24,77	30702	2810	0,685	0,685
5	0,433	0,181	1,379	0,576	80	56	10,03	18245	2395	2,390	2,39
		0,305	1,379	0,970	80	59	14,79	26901	2710	1,421	1,42
		0,375	1,379	1,224	80	61	16,45	29925	2910	1,127	1,15
		0,430	1,379	1,369	80	62	17,87	32508	3170	1,007	1,007

$$Q_{om} = G_c \cdot 4200 \cdot (T_1 - T_2) = W_{om} \cdot 4200 \cdot (T_{10} - T_{20}), \quad (1)$$

$$(T_{10} - T_{20}) = \frac{Q_{om}}{W_{om} \cdot 4200}, \quad (2)$$

$$K = \frac{Q_{om}}{F_{зм}^{om} \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (3)$$

де Q_{om} – кількість теплоти, що сприймає контур опалення, Вт; G_c – витрати мережевої води, кг/с; T_1 – температура перинного контуру, °C; T_2 – температура контуру, що нагрівається, °C; W_{om} – витрати системи опалення, кг/с; T_{10} , T_{20} – температури місцевої води на виході і вході, циркулюючого в контурі системи опалювання, °C; K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°C); $F_{зм}^{om}$ – поверхня змієвика контуру опалення, м²; Δt_{cp} – середня температура, °C; ω_{om}^{mp} – швидкість теплоносія у змієвику контуру системи опалення, м/с; $\omega_c^{m.mp}$ – швидкість руху теплоносія по міжтрубному простору, який омиває поверхні змієвиків систем опалювання і гарячого водопостачання, м/с.

Дослідження різноманітних конструкцій теплообмінників дозволило зробити деякі узагальнення, що багатоходові розбірні теплообмінники змієвикового типу придатні для незалежних систем тепlopостачання при використанні гріючого теплоносія у вигляді пари або води, а так само при використанні теплоносія від геотермального джерела теплоти [6]. Що стосується габаритних розмірів конструкції ТА змієвикового типу для ПАУ на індивідуальному тепловому пункті (ІТП), то його довжина не повинна перевищувати $L_{opt} \leq 3,0$ м, а діаметр бака-аккумулятора не перевищував $D_{ба} = 1,0 \dots 1,2$ м. Змієвики мають бути виготовлені з латунних або нержавіючих трубочок діаметром $D_{тр} = 10 \dots 5$ мм.

Виконання цих рекомендацій дозволить вибрати оптимальну конструкцію ПАУ для ІТП з ТА змієвикового типу для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання житлових і громадських будівель від будь-якого джерела теплоти.

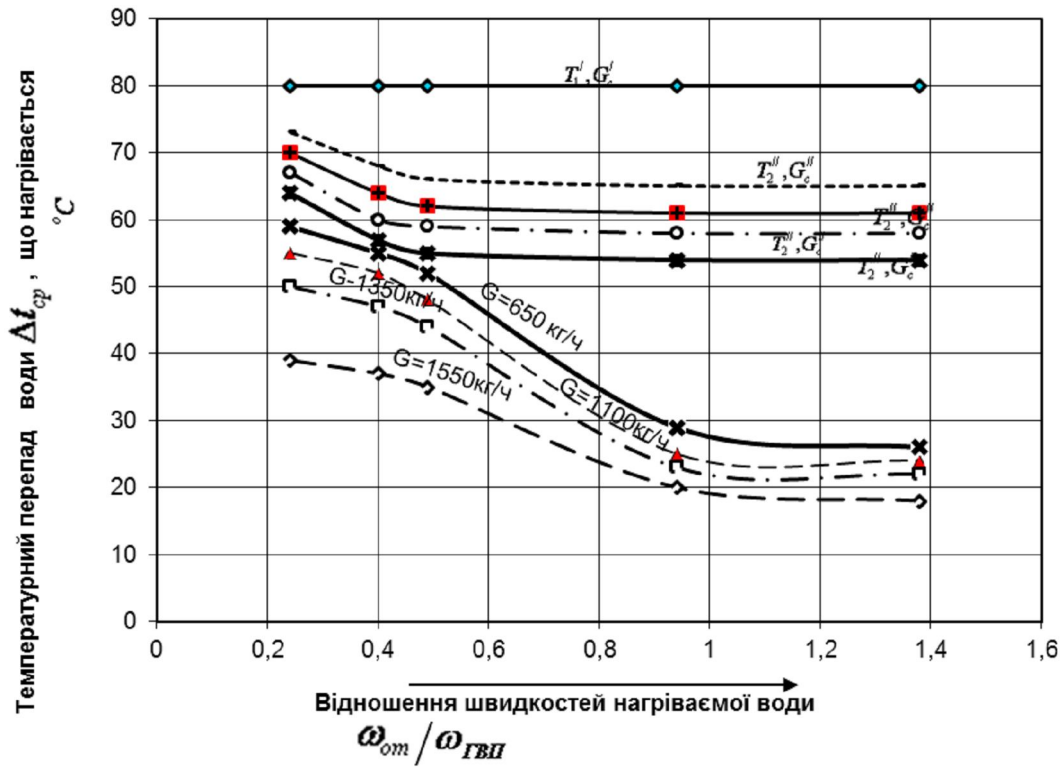


Рис. 2 – Впливи міри закручування потоку первинного теплоносія на швидкість нагріву води в змійовиках вторинних контурів систем опалювання і ГВП при $T_1=80^\circ\text{C}$

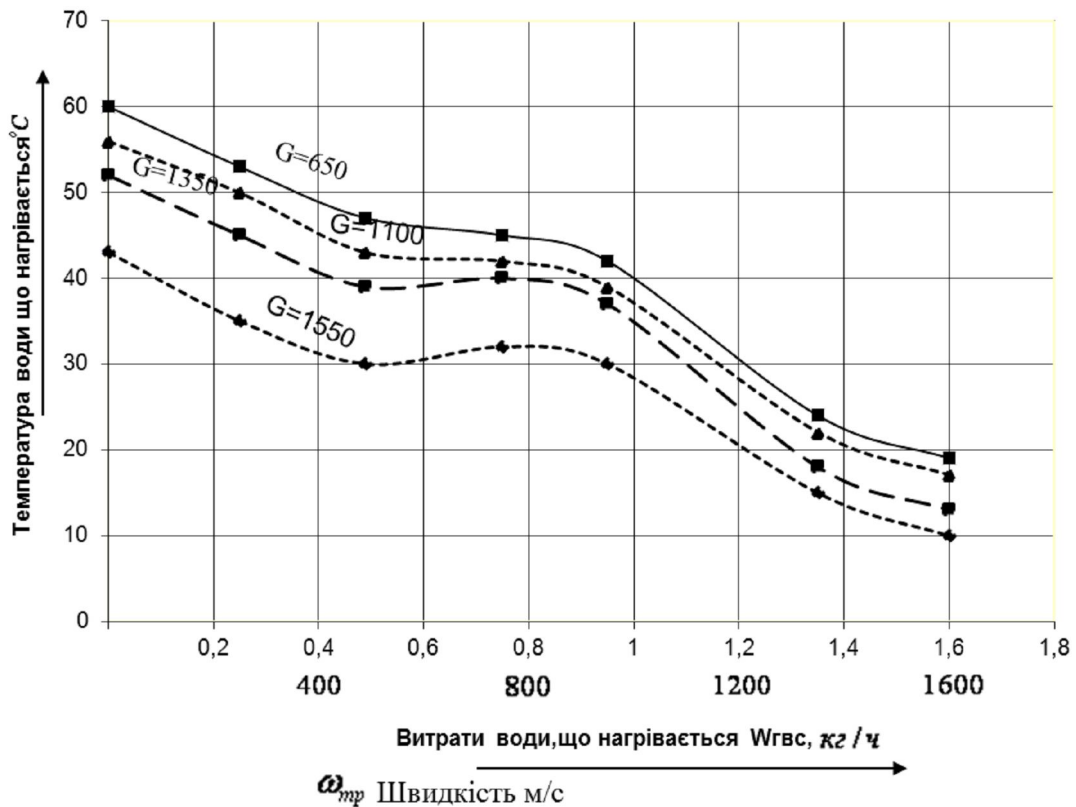


Рис. 3 – Залежність температури нагріваємої води на ГВП в ТА змієвикового типу при зміні витрати первинного теплоносія з температурою $T_1=80^\circ\text{C}$

Висновки

Обробка результатів експерименту дозволила отримати вихідні дані для складання методики розрахунку ПАУ і рекомендації за схемами приєднання її до теплових мереж та спрощення конструктивних схем окремих вузлів. Зміну температур гріючого і нагріваємих теплоносіїв на виході з ПАУ з триконтурним теплообмінником в перехідному режимі можна спостерігати на графіку. За допомогою схеми, що представлена на рисунку 1, можна простежити напрями контурів. Для подальшого дослідження є важливим встановлення залежності швидкості та температури, так як це вплине на площу поверхні нагріву і тим самим може змінити конструктивні особливості теплообмінної установки. Виходячи з отриманих даних, можливо використання матеріалів з великою теплопровідністю або збільшити температуру первинного теплоносія.

Перелік використаних джерел:

1. Пат. 81831 Україна, МПК F 24 D 11/00. Багатоконтурний теплообмінний апарат змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання / І.Г. Шитікова, А.О. Олексюк. – № u201301303; заявл. 04.02.2013; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 13. – 4 с.
2. Олексюк А.О. Енергоресурсозберігаючі системи теплопостачання з індивідуальними тепловими пунктами і багатоконтурними теплообмінниками : автореф. дис. ...доктора техн. наук : 05.23.03 / А.О. Олексюк; Донбас. нац. акад. буд-ва і архіт. – Макіївка, 2008. – 34 с.
3. Денисенко Ю.Н. Решение задачи структурной идентификации математической модели отопительной установки / Ю.Н. Денисенко, В.И. Панферов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия : Энергетика. – 2008. – № 26(126). – С. 4-9.
4. Олексюк А.О. Влияние режимов регулирования на величину термического и эксергетического КПД в теплообменнике змеевикового типа / А.О. Олексюк, И.Г. Шитикова // Будівельне виробництво. – 2014. – № 57(2). – С. 46-51.
5. Олексюк А.А. Моделирование теплообмена в теплообменнике змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения / А.А. Олексюк, И.Г. Шитикова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2014. – Вип. 5. – С. 68-72.
6. Non Conventional Sources of Energy / Y.A. Sadawarte [et al.] // International Journal of Computer Applications. – 2012. – P. 1-11.

Bibliography:

1. Pat. 81831 Ukraine, IPC F 24 D 11/00. Multi-circuit coiled heat exchange apparatus for independent systems of heating and hot water / I.G. Shitikova, A.O. Oleksyuk. – № u201301303; filed 04.02.2013; publication 10.07.2013, Bulletin № 13. – 4 p. (Ukr.)
2. Oleksyuk A.O. Energy-and-resource-saving heating supply systems with the individual heating points and multicircuit heat exchangers : Phd. thesis : 05.23.03 / A.O. Oleksyuk; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. – Makeyevka, 2008. – 34 p. (Ukr.)
3. Denisenko Y.N. The decision of the task of structural identification of mathematical model of heating installation / Y.N. Denisenko, V.I. Panferov // Bulletin of the South Ural State University. Series : Power engineering. – 2008. – № 26(126). – Pp. 4-9. (Rus.)
4. Oleksyuk A.O. Influence of regulation modes on the thermic and exergic efficiency factors magnitude in the heat exchanger of a coiled type / I.G. Shitikova, A.O. Oleksyuk // Constructional Industry. – 2014. – № 57(2). – Pp. 46-51. (Rus.)
5. Oleksyuk A.A. Heat exchange in the heat exchanger of a coiled type for the independent heating and hot water supply systems simulation / A.A. Oleksyuk, I.G. Shitikova // Visnik Donbas'koi natsional'noi akademii budivnitctva ta arkhitektury. – 2014. – Issue 5. – Pp. 68-72. (Rus.)
6. Non Conventional Sources of Energy / Y.A. Sadawarte [et al.] // International Journal of Computer Applications. – 2012. – P. 1-11.

Рецензент: В.Б. Кисельов

д-р техн. наук, проф., Академія муніципального управління

Стаття надійшла 05.05.2016