



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

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

2012, ТОМ 8, НОМЕР 1, 37–44

УДК 697.353.2

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА ЗМІЄВИКОВОГО ТИПУ ДЛЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

А. О. Олексюк, І. Г. Шитікова, А. А. Горделюк

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

E-mail: deekon@mail.ru

Отримана 29 лютого 2012; прийнята 23 березня 2012.

Анотація. У статті розглянуто розрахунок характеристик установки для систем опалення та гарячого водопостачання. Установка може бути запроектована для незалежних схем підключення місцевих систем опалення і гарячого водопостачання житлових, громадських та промислових будівель. Застосовуючи нову конструкцію теплообмінника для систем індивідуального або централізованого гарячого водопостачання при одній і тій же поверхні нагрівання теплообмінника, можна досягати збільшення теплового навантаження за рахунок інтенсифікації теплообміну. Якщо врахувати перерозподіл теплових потоків між системою опалення та гарячого водопостачання протягом доби в триконтурному теплообміннику, то ця установка стабілізує роботу системи тепlopостачання в день з максимальним водорозбором. Визначено оптимальні габарити всієї конструкції триконтурного теплообмінника для індивідуальних теплових пунктів з незалежною схемою підключення місцевих систем опалення і гарячого водопостачання. Методика конструктивного розрахунку дозволяє оптимізувати ПАУ і підвищити ефективність тепломасообміну.

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

КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова, А. А. Горделюк

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

E-mail: deekon@mail.ru

Получена 29 февраля 2012; принята 23 марта 2012.

Аннотация. В статье рассмотрен расчет характеристик установки для систем отопления и горячего водоснабжения. Установка может быть запроектирована для независимых схем подключения местных систем отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и промышленных зданий. Применяя новую конструкцию теплообменника для систем индивидуального или централизованного горячего водоснабжения при одной и той же поверхности нагрева теплообменника, можно добиться увеличения тепловой нагрузки за счет интенсификации теплообмена. Если учесть перераспределение тепловых потоков между системой отопления и горячего водоснабжения в течение суток в трехконтурном теплообменнике, то данная установка стабилизирует работу системы теплоснабжения и в день с максимальным водоразбором. Определены оптимальные габариты всей конструкции трехконтурного теплообменника для индивидуальных тепловых пунктов с независимой схемой подключения местных

систем отопления и горячего водоснабжения. Методика конструктивного расчета позволяет оптимизировать ПАУ и повысить эффективность теплообмена.

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

CONSTRUCTIVE CALCULATION OF A COILED HEAT-EXCHANGER FOR HEATING AND HOT WATER SUPPLY SYSTEMS

Anatoliy Oleksiuk, Irina Shitikova, Artem Gordeliuk

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.

E-mail: deekon@mail.ru

Received 29 February 2012; accepted 23 March 2012.

Abstract. The article is concerned with the calculation of properties of the unit for the heating and hot water supply systems. The unit may be engineered for the independent schemes of connection of local heating and hot water supply systems of residential, public and industrial buildings. The use of the construction of the heat-exchanger for the systems of individual or centralized hot water supply with one and the same heating surface of the heat-exchanger will help to increase thermal capacity at the expense of intensification of the heat exchange. If one takes into account the redistribution of thermal flows between the heating and hot water supply system for twenty-four hours in a three-circuit heat-exchanger, the given unit will stabilize the work of the heat supply system per day with the highest possible water pumping. The optimal gabarits of the whole construction of the three-circuit heat-exchanger for individual thermal points with the independent scheme of connection of local heating and hot water supply systems are defined. The methods of constructive calculation allow to optimize HSU and increase the effectiveness of heat mass exchange.

Keywords: a heating-storage unit, a three-circuit heat exchanger, an independent hot water supply system.

Формулировка проблемы

В коммунальной энергетике наиболее крупными потребителями тепловой энергии являются системы теплоснабжения городов с их коммунально-бытовыми потребителями. Исследования топливно-энергетического комплекса позволили выявить огромный энергосберегающий потенциал в коммунальной теплоэнергетике [2]. Особую актуальность в реализации этого потенциала приобретают энерго- и ресурсосберегающие установки и системы, в связи с развитием кризиса в энергетике. При внедрении установок с независимыми присоединениями местных систем отопления и горячего водоснабжения сокращается утечка воды из теплосетей при повреждении трубопровода, а также повышается надежность. Это обеспечивается тем, что в аварийных ситуациях повышение давления в обрат-

ном трубопроводе не передается на местные отопительные системы, что предохраняет их от разрыва.

Анализ последних исследований и публикаций

Локальные системы горячего водоснабжения и отопления с малой теплопроизводительностью характеризуются, как правило, весьма стесненными условиями для размещения основного и вспомогательного оборудования индивидуального теплового пункта. В связи с этим для таких систем особое значение приобретает вопрос компактности оборудования и, в первую очередь, теплообменной аппаратуры [5]. Уменьшение конструктивных и монтажных габаритов теплообменников подогревательно-аккумуляторной установки возможно за счет интенсификации теплообмена.

Независимое присоединение местных систем отопления и горячего водоснабжения требует установку водо-водяных подогревателей для каждой из них, также циркуляционных насосов, соответствующих контуров. Циркуляция воды контуров осуществляется при помощи насосов, а заполнение и подпитка местных абонентских систем производится из обратной линии тепловой сети с помощью специальных подпиточных насосов.

Подогревательно-аккумуляторные установки с трехконтурным теплообменником дают возможность саморегулирования тепловых нагрузок между системами отопления и горячего водоснабжения в течение суток, а также использования тепловых потерь теплообменника для подогрева воды, находящейся в баке-аккумуляторе.

Цели

Для решения комплекса задач, стоящих при проектировании и эксплуатации индивидуальных тепловых пунктов для независимых систем отопления и горячего водоснабжения, могут послужить малогабаритные, компактные подогревательно-аккумуляторные установки с трехконтурными теплообменниками, которые решают проблему выравнивания графиков суточного водопотребления в системах горячего водоснабжения и обеспечения расчетной температуры горячей воды 55°C в самой удаленной точке водоразбора; обеспечить расчетную температуру воздуха в помещении с помощью системы отопления.

Основной материал

Для определения расчетных поверхностей нагрева на отопления и горячее водоснабжение задаемся величинами коэффициентов теплопередачи $K_{от} = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ и $K_{гв} = 1600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, а расчетные параметры теплоносителей, зависящие от величины тепловых потоков на отопление и горячее водоснабжение, заданный с различным числом жителей, приведены в табл. 1.

$$F_{от} = \frac{Q_0^{cp}}{k_{от} \cdot \Delta t_{от}^{cp}} = \frac{200}{27,5} = 7,27 \text{ м}^2, \quad (1)$$

$$F_{гв} = \frac{Q_{гв}^{cp}}{k_{гв} \cdot \Delta t_{гв}^{cp}} = \frac{32000}{1600 \cdot 17,5} = 1,15 \text{ м}^2. \quad (2)$$

Объем бака аккумулятора горячей воды, м^3

$$V_{БА} = \frac{m \cdot a}{12} \cdot 10^{-3} = \frac{100 \cdot 120}{12} \cdot 10^{-3} = 1 \text{ м}^3. \quad (3)$$

Суммарная длина теплообменной поверхности змеевика для систем отопления

$$L_{от} = \frac{F_{от}}{\pi d_{зм}} = \frac{7,27}{3,14 \cdot 0,02} = 115,76 \text{ м}. \quad (4)$$

То же для системы горячего водоснабжения

$$L_{гв} = \frac{F_{гв}}{\pi d_{зм}} = \frac{1,15}{3,14 \cdot 0,02} = 18,312 \text{ м}. \quad (5)$$

Общая длина теплообменника для отопления и горячего водоснабжения зависит от числа витков, которая определяется по формулам

$$l_{ТО}^{om} = 0,022 \cdot 74 = 1,63 \text{ м}, \quad (6)$$

$$l_{ТО}^{гв} = (0,02 + 0,002) \cdot 12 = 0,264 \text{ м}. \quad (7)$$

$$l_{ТО} = 2000 \text{ мм}.$$

Общий конструктивный расчет теплообменника приведен на рис. 1.

Расход первичного теплоносителя через теплообменник рассчитанный на 100 человек населения, где

$$Q_p^{ПВ} = (q_0 \cdot f_{жс} + q_{гв} \cdot m) \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (8)$$

$$G_{ТО} = \frac{\sum Q_p^{ПВ}}{c(t_1 - t_2)} = \frac{250}{4,2(150 - 70)} = 0,75 \text{ кг/с}, \quad (9)$$

$$G_{от} = \frac{Q_p^{ПВ}}{c(t_1 - t_2)} = \frac{200}{4,2(95 - 70)} = 1,9 \text{ кг/с}, \quad (10)$$

$$G_{гв} = \frac{Q_{гв}^{cp}}{c(t_1 - t_2)} = \frac{32}{4,2(60 - 5)} = 0,139 \text{ кг/с}. \quad (11)$$

Скорость $W_{от}$ и $W_{гв}$ нагреваемых теплоносителей в змеевиках теплообменника для систем отопления и горячего водоснабжения

$$W_{от} = \frac{4 \cdot G_{от}}{\pi d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 1,9}{3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 1000} = 6,03 \text{ м/с}, \quad (12)$$

$$W_{гв} = \frac{4 \cdot G_{гв}}{\pi d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,139}{3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 1000} = 0,44 \text{ м/с}. \quad (13)$$

Таблица 1. Влияние расчетных параметров теплоносителя на нагрев двух вторичных для систем отопления и горячего водоснабжения в теплообменнике змеевикового типа

$\Sigma Q_{ПАУ}$, кВт	м, чел	Q_{\circ} , кВт	$Q_{ГВ}^{Cp}$	$Q_{п}$	$f_{ж}$, м ²	$G_{т.с}$ кг/с	$G_{от}$, кг/с	$G_{ГВ}^{Cp}$ кг/с	$\phi = G_{аб}/G_{гв}$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
250	100	200	32	18	2000	0,75	1,9	0,139	2,718
250	100	200	32	18	2000	0,85	1,9	0,139	2,398
250	100	200	32	18	2000	0,992	1,9	0,139	2,055
250	100	200	32	18	2000	1,19	1,9	0,139	1,713
250	100	200	32	18	2000	1,488	1,9	0,139	1,37
500	200	400	64	36	4000	1,5	3,8	0,278	2,718
500	200	400	64	36	4000	1,7	3,8	0,278	2,398
500	200	400	64	36	4000	1,984	3,8	0,278	2,055
500	200	400	64	36	4000	2,38	3,8	0,278	1,713
500	200	400	64	36	4000	2,976	3,8	0,278	1,37
750	300	600	96	54	6000	2,25	5,7	0,417	2,718
750	300	600	96	54	6000	2,25	5,7	0,417	2,398
750	300	600	96	54	6000	2,976	5,7	0,417	2,055
750	300	600	96	54	6000	3,572	5,7	0,417	1,713
750	300	600	96	54	6000	4,464	5,7	0,417	1,37
1000	400	800	128	72	8000	3	7,6	0,556	2,718
1000	400	800	128	72	8000	3,4	7,6	0,556	2,398
1000	400	800	128	72	8000	3,968	7,6	0,556	2,055
1000	400	800	128	72	8000	4,762	7,6	0,556	1,713
1000	400	800	128	72	8000	5,952	7,6	0,556	1,37
1250	500	1000	160	90	10000	3,75	9,5	0,695	2,718
1250	500	1000	160	90	10000	4,25	9,5	0,695	2,398
1250	500	1000	160	90	10000	4,96	9,5	0,695	2,055
1250	500	1000	160	90	10000	5,952	9,5	0,695	1,713
1250	500	1000	160	90	10000	7,44	9,5	0,695	1,37

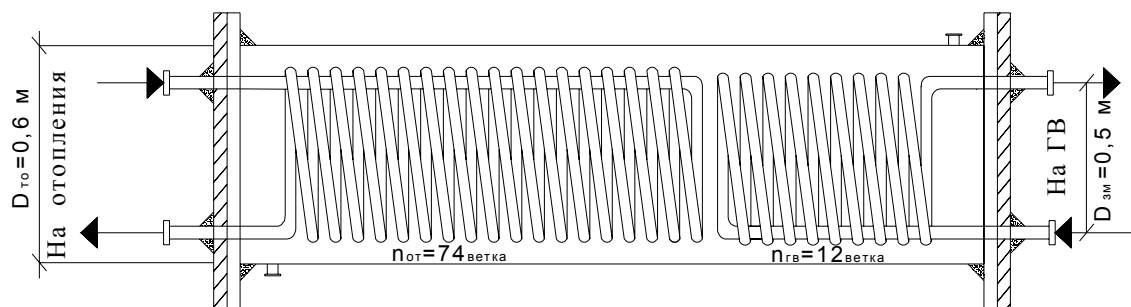


Рисунок 1. Основные конструктивные размеры для расчета теплообменника.

Скорость греющего теплоносителя в теплообменнике

$$W_{TO}^{3x} = \frac{4 \cdot G_{TO}}{\pi D_{зм}^{TO2} \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,75}{(3,14 \cdot 0,36 - 3,14 \cdot 0,25) \cdot 1000} = 0,015 \text{ м/с.} \quad (14)$$

Исходными данными для проектирования подогревательно-аккумуляторной установки послужили расчетные потоки для независимых систем отопления и горячего водоснабжения, температуры и расходы первичного и вторичных теплоносителей.

Первичный теплоноситель поступает в межтрубное пространство теплообменника, образованное корпусом и змеевиковыми трубками. Отдав свою теплоту через поверхности змеевиков систем отопления и горячего водоснабжения и поверхности корпуса бака-аккумулятора, возвращается к источнику теплоты, в данной схеме к котлу. Нагреваемая водопроводная вода поступает в змеевик системы ГВ, где нагревается до температуры 55–60 °С, после чего сливается в аккумулирующую емкость, из которой расходуется на нужды горячего водоснабжения,

как показано на рис. 2. По второму змеевику постоянно циркулирует вода системы отопления при помощи бесшумного насоса.

Из графиков, приведенных на рис. 3, следует, что чем выше температура теплоносителя, тем меньше расход воды в тепловой сети. При этом величина расхода воды, циркулирующей в местных системах отопления и горячего водоснабжения, в 1,5...3,0 раза превышает расход греющего теплоносителя, что характеризует эффективность теплообмена в подогревательно-аккумуляторной установке с трехконтурным теплообменником змеевикового типа (рис. 3).

Что касается относительного расхода воды в абонентских системах отопления и горячего водоснабжения к расходу теплосетевой воды, приведенных на рис. 4, показывает, что система теплоснабжения тем экономнее, чем выше расчетные параметры греющего теплоносителя.

Данные графика также свидетельствуют о том, что эффективность работы теплообменника зависит от конструктивных особенностей установки, пропорционально величине тепловой нагрузки, которая в конечном счете зависит от числа потребителей «м» человек.

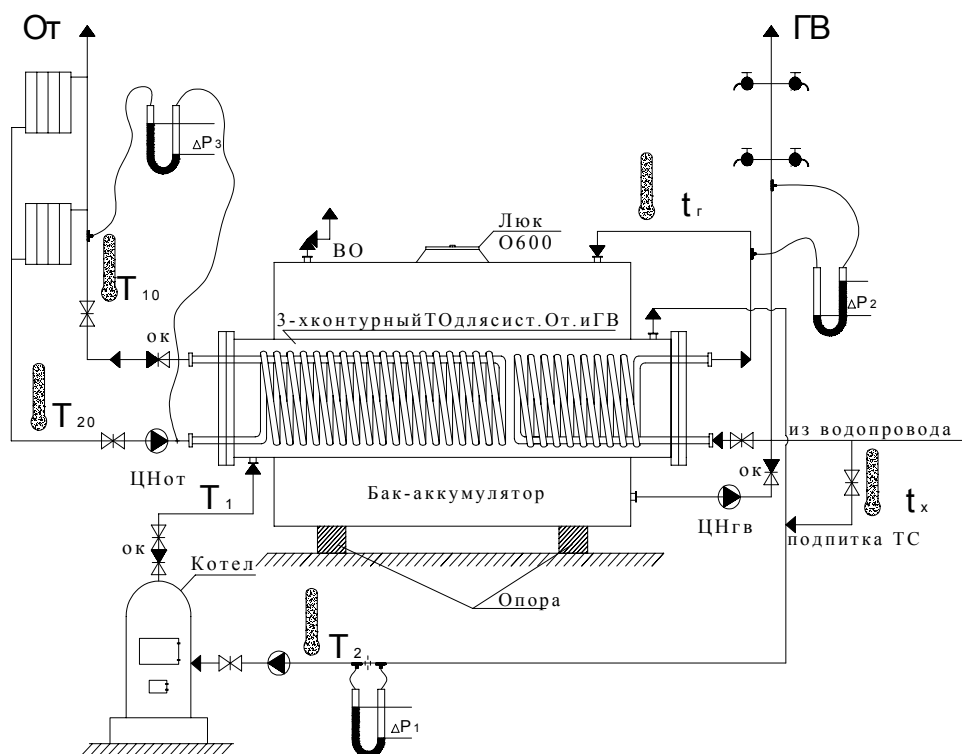


Рисунок 2. Схема опытно-промышленной установки ПАУ с трехконтурным ТО змеевикового типа для систем ОВ и ГВ.

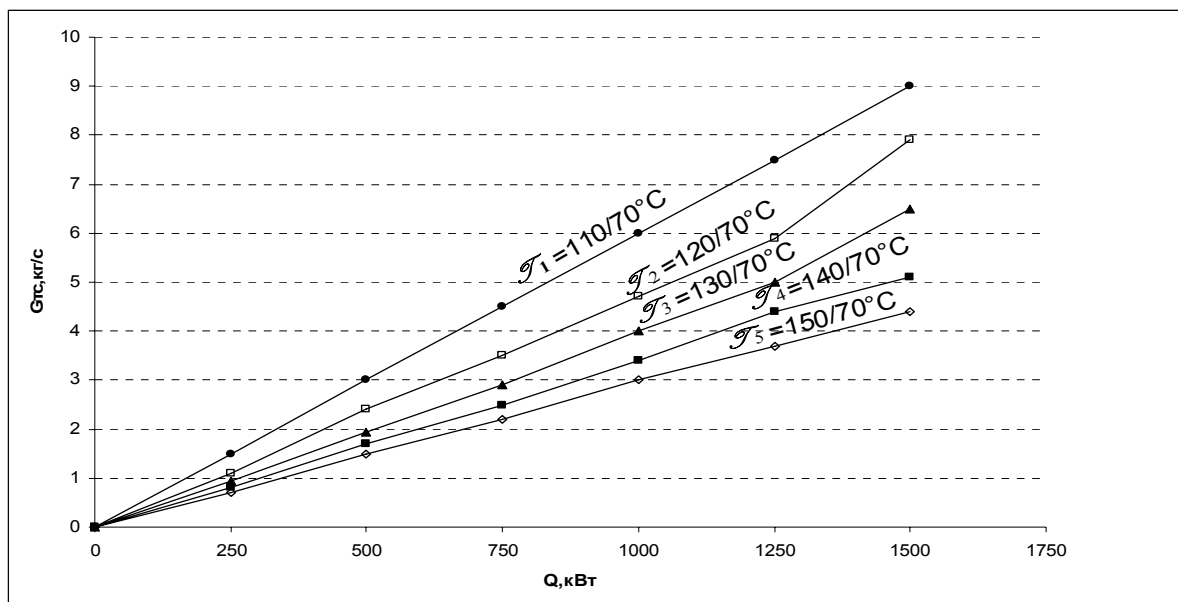


Рисунок 3. Влияние расчетных параметров теплоносителя на измерение режима регулирования отпуска теплоты на ОВ и ГВ в теплообменнике змеевикового типа.

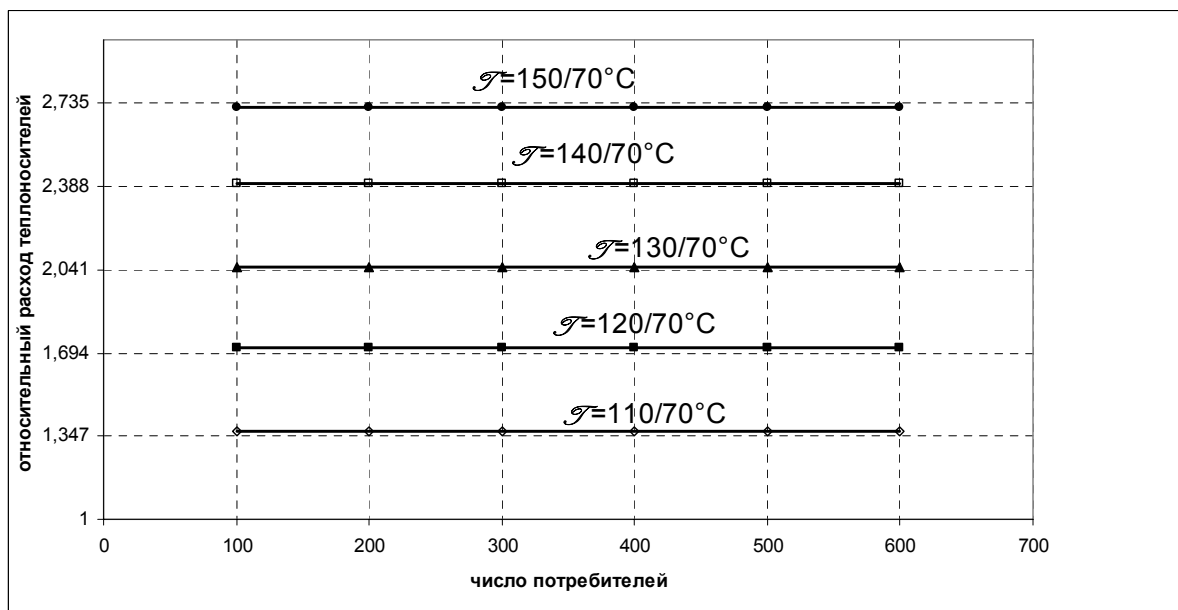


Рисунок 4. Зависимость расходов абонентских систем ОВ и ГВ от расхода теплосетевой воды при изменении температурного графика регулирования отпуска теплоты.

Выводы

Определены оптимальные размеры общей конструкции ПАУ с трехконтурным теплообменником для ИТП заводского изготовления в зависимости от числа жителей в здании. Это подтверждает тот факт, что оптимальная длина ПАУ составляет от 2,2 до 3,0 м. Такие конструк-

ции ПАУ позволяют присоединять к тепловой сети здания повышенной этажности. Это повышает устойчивость и надежность системы централизованного теплоснабжения при эксплуатации и сглаживает пиковые нагрузки на графике суточного водопотребления в системе ГВ.

Литература

1. Олексюк, А. О. Створення енергоресурсозберігаючих систем геотермального теплопостачання з використанням сонячної енергії та теплових насосів [Текст] / А. О. Олексюк, С. О. Челапко, А. А. Горделюк // Вісті автомоб.-дорожнього ін-ту. – Горлівка : Вид-во АДІ, 2011. – № 1(12). – С. 143–150. – ISSN 1990-7796.
2. Олексюк, А. О. Оптимізація енергоресурсозберігаючих установок для геотермального теплопостачання житлових і громадських будинків [Текст] / А. О. Олексюк, С. О. Челапко // Вісті автомоб.-дорожнього ін-ту. – Горлівка : Вид-во АДІ, 2010. – № 2(11). – С. 140–144. – ISSN 1990-7796.
3. Олексюк, А. О. Методика розрахунку триконтурних ТО для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання [Текст] / А. О. Олексюк, С. О. Челапко // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук. техн. зб. – К. : Вид-во КНУБА, 2009. – Вип. 13. – С. 13–18.
4. Олексюк, А. А. Математическая модель процессов теплообмена в трёхконтурных ТО с аккумулятором теплоты [Текст] / А. А. Олексюк, Н. В. Долгов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-6(86) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 123–130. – ISSN 1814-3296.
5. Установки з незалежним приєднанням систем опалення та гарячого водопостачання за допомогою триконтурних теплообмінників та вибір їх оптимальних параметрів [Текст] / А. О. Олексюк, Н. А. Максимова, М. В. Долгов, А. А. Горделюк // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2011. – Т. 7, № 1. – С. 43–50. – ISSN 1993-3495.
6. Олексюк, А. А. Саморегулирующие энергоресурсосберегающие системы теплоснабжения от ИТП с ПАУ для независимых систем отопления и горячего водоснабжения ЖКХ городов Украины [Текст] / А. А. Олексюк, Н. В. Долгов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2011. – Вип. 2011-5(91) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 87–92. – ISSN 1814-3296.
7. Манюк, В. И. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей [Текст] / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж. – М. : Стройиздат, 1987. – 215 с.
8. Чистович, С. А. Автоматическое регулирование расхода тепла в системах теплоснабжения и отопления [Текст] / С. А. Чистович. – Л. : Стройиздат, 1975. – 158 с.

References

1. Oleksyuk, A. O.; Chelapko, S. O.; Gordelyuk, A. A. Development of energy resource-saving systems of geothermal heat supply system using solar energy and heat pump. In: *Works, Institute of Road Traffic*, 2011, No. 1(12), p. 143–150. (in Ukrainian)
2. Oleksyuk, A. O.; Chelapko, S. O. Optimization of energy resource-saving installation for geothermal heat supply system of apartment buildings. In: *Works, Institution of Road Traffic*, 2010, No. 2(11), p. 140–144. (in Ukrainian)
3. Oleksyuk, A. O.; Chelapko, S. O. Calculation procedure of three contour TO for independent system of heating and hot water supply. In: *Ventilation, lighting and heat and gas supply: edited volume*. Kyiv: KNUBA, 2009, Issue 13, p. 13–18. (in Ukrainian)
4. Oleksyuk, A. O.; Dolgov, N. V. Mathematical model of heat exchange processes in three-contour heat exchangers with heat storage. In: *compendium Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2010, Issue 2010-6(86): Engineering system and technogenic safety, p. 123–130. (in Russian)
5. Oleksyuk, A. O.; Maksimova, N. A.; Dolgov, N. V.; Gordeliuk, A. A. Plants with independent joining of heating systems and hot-water supply systems via three-contour heat exchangers and selection of their optimum parameters. In: *Contemporary Industrial and Housing Construction*, 2011, Vol. 7, No. 1, p. 43–50. (in Ukrainian)
6. Oleksiuk, A. O.; Dolgov, N. V. Self-control energy conservation heat supply systems from specific heat supply centers (SHSC) with heating and storage units for independent systems of heating and hot water-supply systems of municipal housing and communal facilities of Ukraine. In: *compendium Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2011, Vol. 2011-5(91): Engineering systems and technogenic safety, p. 87–92. (in Russian)
7. Maniuk, V. I.; Kaplinskii, Ya. I.; Hizh, E. B. Reference book about overlap and operation of hydronic heat supply network. Moscow: Stroiizdat, 1987. 215 p. (in Russian)
8. Chistovich, S. A. Automatic control of heat removal in heat supply system. Leningrad: Stroiizdat, 1975. 158 p. (in Russian)

Шитикова Ірина Геннадіївна – магістрант Донецької національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсоощадження в системах ТГВ.

Олексюк Анатолій Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури, член спеціалізованої вченої ради Д 12.085.01 ДонНАБА. Наукові інтереси: теорія, розрахунок та проектування систем теплопостачання з індивідуальними тепловими пунктами і багатоконтурними теплообмінниками.

Горделюк Артем Андрійович – магістрант Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсоощадження в системах ТГВ.

Шитикова Ирина Геннадиевна – магистрант Донецкой национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах ТГВ.

Олексюк Анатолий Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, член специализированного ученого совета Д 12.085.01 ДонНАСА. Научные интересы: теория, расчет и проектирование систем теплоснабжения с индивидуальными тепловыми пунктами и многоконтурными теплообменниками.

Горделюк Артем Андреевич – магистрант Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах ТГВ.

Anatoliy Oleksiuk – DSc (Eng.), Professor; Heat Engineering, Heat Gas Supply and Ventilation Chair, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theory, calculation and designing energy resource saving heat supply systems with individual heat points and manycontures transformations.

Irina Shitikova – postgraduate, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy resource in the systems HGSV.

Artem Gordelyuk – postgraduate, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy resource in the systems HGSV.