

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

І. В. ГРИЦУК, канд. техн. наук, докторант ХНАДУ, Харків**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДВИГУНА У СКЛАДІ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОГО ПРОГРІВУ**

У статті описана методика визначення параметрів контактного теплового акумулятора з фазовим переходом у складі комплексної системи комбінованого прогріву для зберігання теплової енергії двигуна транспортного засобу або енергетичної установки в міжмінний період. Методика дозволяє повною мірою урахувати умови експлуатації і включає в себе всі процеси роботи контактної теплової акумулятора комплексної системи комбінованого прогріву.

Ключові слова: транспортний засіб, енергетична установка, експлуатація, зберігання теплової енергії, контактний тепловий акумулятор, фазовий перехід, комплексна система комбінованого прогріву.

Вступ. Експлуатація транспортних засобів (ТЗ) і енергетичних установок (ЕУ) з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) характеризується великим обсягом робіт в холодну пору року на передпускову підготовку. Проблема є особливо актуальною для ТЗ і ЕУ, які в процесі експлуатації віддалені від основних баз [1 -3].

Існує велика кількість способів забезпечення передпускової і післяпускової теплової підготовки охолоджуючої рідини (ОР) в системі охолодження (СОД) і моторної оливи (МО) в системі мащення (СМ) двигуна ТЗ і ЕУ в холодну пору року. Вирішенням проблеми передпускового розігріву двигуна і полегшення умов праці може бути досягнуто застосуванням комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) у складі різних типів підігрівачів [4], в тому числі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакumulюючим матеріалом (ТАМ) з фазовим переходом [5 - 7]. Важливим питанням при розробці і формуванні КСКП для ТЗ і ЕУ є розробка методик визначення параметрів складових системи і оцінка їх ефективності в процесі конструювання і випробувань, як для всієї системи, так і для складових.

Аналіз останніх досліджень. Проведені дослідження щодо встановлення і використання ТА з фазовим переходом на двигунах ТЗ і ЕУ при здійсненні передпускового, післяпускового прогріву і зберігання прогрітого двигуна в міжмінний період в різних температурних умовах експлуатації показали суттєве скорочення часу прогріву для ОР і для МО, зниження витрати палива і шкідливих викидів у відпрацьованих газах (ВГ) [4 - 7]. Для зберігання теплової енергії двигуна ТЗ і ЕУ в міжмінний період запропонована конструкція контактної теплової акумулятора (КТА) у складі КСКП, робота якого заснована на виділенні та поглинанні теплоти при зміні фазового стану ТАМ і відрізняється тим, що застосування його не потребує внесення будь-яких суттєвих змін у конструкцію двигуна та інших систем ТЗ і ЕУ, легко монтується, простий в обслуговуванні, не вимагає додаткового джерела енергії.

Існує ряд методик конструювання ТА з фазовим переходом [10], однак, вони не можуть повною мірою врахувати всіх особливостей конструкції КТА, тому потрібна розробка спеціальної методики визначення параметрів КТА фазового переходу. Розроблений автором програмний комплекс [8] дає можливість проводити проектування і дослідження КСКП двигуна ТЗ і ЕУ у складі КТА з фазовим переходом.

Постановка задачі. Мета статті – розробка методу визначення параметрів КТА фазового переходу двигуна у складі КСКП. Отримані результати є ефективною

основою для проектування систем прогріву двигунів з КТА фазового переходу, а також коригування їх параметрів в процесі експериментальних досліджень і оптимізації елементів конструкції. Кінцева мета розрахунку і оцінювання параметрів КТА у складі КСКП двигуна - визначення таких значень варійованих параметрів, які дозволяють отримати екстремальне значення параметра, що оптимізується. Саме вибраний параметр оптимізації, який є цільовою функцією ряду змінних, розраховується шляхом пошуку його екстремуму із застосуванням сучасної обчислювальної техніки і відповідних програм.

Основний матеріал. Контактний тепловий акумулятор (КТА) призначений для забезпечення ефективного зберігання теплової енергії двигуна в процесі міжзмінного зберігання ТЗ або ЕУ до визначеної температури, що експлуатується в умовах низьких температур оточуючого середовища (ОС) T_{OC} . Конструкція контактного теплового акумулятора фазового переходу являє собою кілька секцій-контейнерів з теплоакумулюючим матеріалом на основі суміші високомолекулярних вуглеводнів C_{18} - C_{35} – парафіну, що закріплені на поверхні блоку циліндрів і піддона ДВЗ, зверху закритих багатошаровим теплоізоляційним чохлам.

На рис. 1. показана блок-схема розрахунку і визначення параметрів КТА з фазовим переходом двигуна у складі КСКП, яка розроблена автором на основі отриманих результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень [2], що підтвердили ефективність використання КТА. Дана методика дозволяє повною мірою врахувати умови експлуатації ТЗ і ЕУ, а також включає в себе всі процеси створення КТА у складі КСКП. Методика розрахунку і визначення параметрів КТА фазового переходу двигуна у складі КСКП складається з чотирьох основних етапів:

I - визначення вихідних даних (блоки 1 - 3): умови експлуатації двигуна ТЗ і ЕУ, часу роботи ДВЗ протягом зміни, час міжзмінного зберігання двигуна, температури повітря ОС, масові і габаритні параметри прогріву КТА двигуна ТЗ і ЕУ.

II – визначення (блоки 4 - 14) площі поверхні теплопередачі, вибір теплоакумулюючого матеріалу КТА, розрахунок маси ТАМ, вибір і розрахунок конструктивних параметрів КТА фазового переходу, тепловий розрахунок параметрів процесів зарядки, розрядки і зберігання теплоти в КТА фазового переходу, вибір матеріалу, конструкції і параметрів теплоізоляції КТА. Для цього використовуються теплотехнічні способи розрахунку [9]. На цьому етапі виконується оптимізація теплових, технологічних і конструкційних параметрів КТА і показників його роботи методами замкнутої оптимізації [9, 11].

III – розрахунок (блоки 15 - 21) складових елементів КТА у складі КСКП двигуна, конструктивних параметрів КТА: геометричні розміри, кількість і форма секцій, розміри зовнішніх теплоізоляційного і захисного шарів КТА, тощо.

IV – випробування КТА, коректування його конструктивних елементів в залежності від способів закріплення секцій КТА на двигуну ТЗ і ЕУ (блоки 22 - 23).

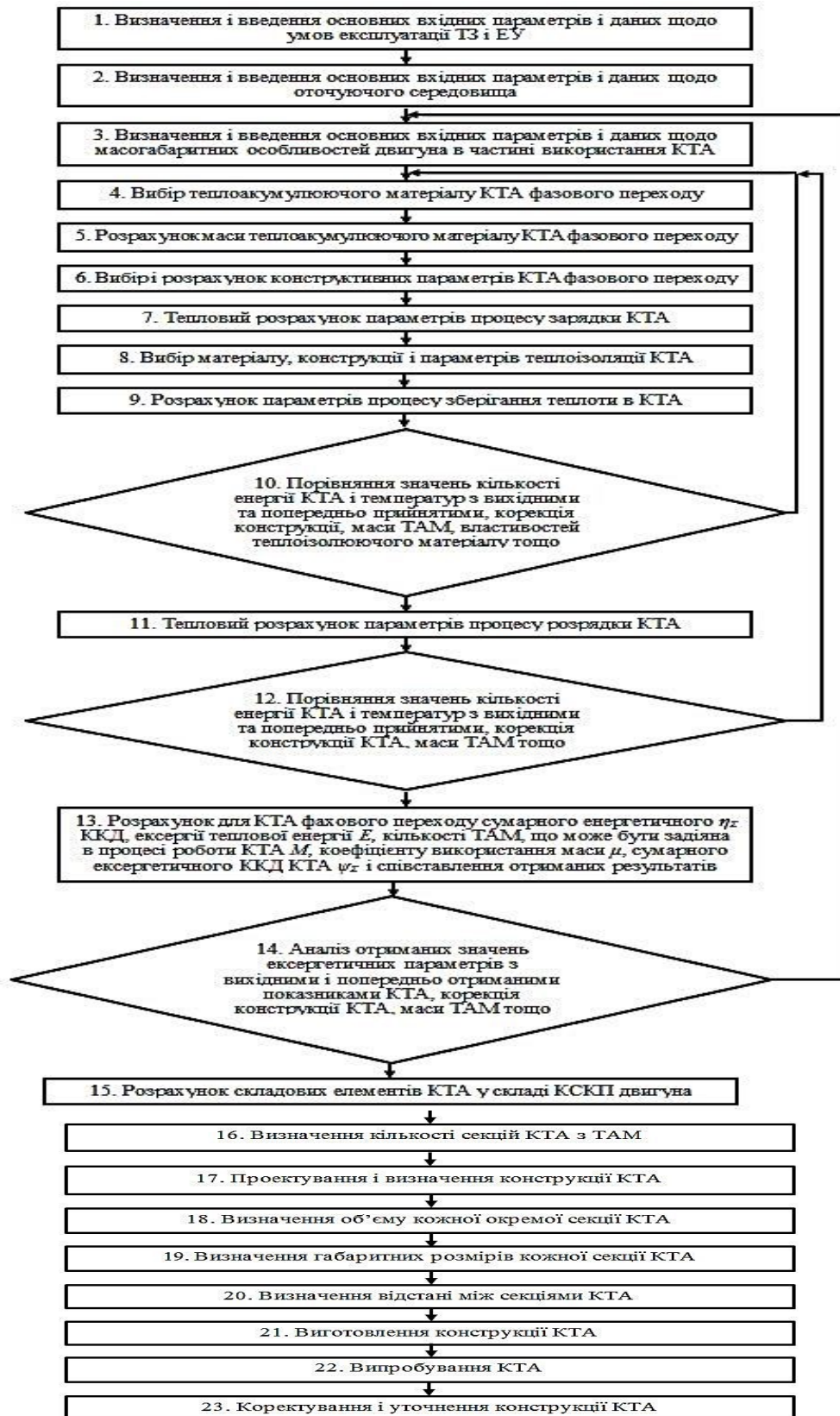


Рисунок 1 – Блок-схема розрахунку і визначення параметрів КТА з фазовим переходом двигуна у складі КСКП

Таким чином, використовуючи викладену вище методику (рис. 1), що заснована на положеннях роботи [9], можливо отримати параметри КТА, необхідні для його виготовлення, з урахуванням умов експлуатації та конструктивних особливостей двигуна ТЗ і ЕУ. За допомогою запропонованої методики проведений розрахунок параметрів і виготовлений експериментальний зразок КТА для зберігання теплових параметрів двигуна 8Ч 9,2/8. Динаміка зміни температури $T_{ТАМ}$ в залежності від часу зберігання ДВЗ з КТА при $T_{OC}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ показана на рис. 2. Експериментальні дослідження розробленої конструкції підтвердили її ефективність.



Рисунок 2 – Динаміка зміни температури ТАМ в КТА у складі КСКП для двигуна ТЗ і ЕУ за цикл роботи (розрядки-зберігання теплоти-зарядки) при $T_{OC}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Порівняння часу зберігання теплоти двигуна за допомогою КТА при різних температурах $T_{OC}=20\text{ (0 / -20)}\text{ }^{\circ}\text{C}$ у складі КСКП показані на рис. 3. Аналіз отриманих результатів показав наступні результати. При довготривалому зберіганні теплового стану в межах $T_{OP} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $T_{MO} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ при непрацюючому двигуні без КСКП, тобто зі штатними системами (ШС), час підтримання температур ДВЗ склав: 80 (40/20) хв. для ОР і 100 (60/30) хв. для МО при відповідних $T_{OC}=20\text{ (0 / -20)}\text{ }^{\circ}\text{C}$ (на рис. 3: 1) – ОР в СОД для ШС; 2) МО в СМ для ШС). Аналіз параметрів роботи підсистем КСПП показав, що використання ТА фазового переходу з власними підсистемами (на рис. 3: 3) ОР в СОД і МО в СМ за допомогою ТА фазового переходу СППД) забезпечує покращення показників: за часом підтримання $T_{OP} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 640 (560/490) хв. або на 900 (1400/2450)% відповідно, а підтримання $T_{MO} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 620 (540/480) хв. або на 620 (900/1600)% відповідно. При підтриманні $T_{OP} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $T_{MO} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ двигуна з використанням контактного теплового акумулятора (КТА) (на рис. 3: 4) ОР в СОД і МО в СМ за допомогою КТА) покращуються показники теплової підготовки ОР для дослідного двигуна на 880 (800/600) хв. або на 1100 (2000/3000)% відповідно, а для МО- на 860 (780/590) хв. або на 860 (1300/1970)% відповідно. Крім цього, для довготривалого підтримання $T_{OP} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $T_{MO} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ при не працюючому двигуні доцільно використовувати поєднання підсистем КСПП, а саме ТА + КТА (на рис. 3: 5) ОР в СОД і МО в СМ за допомогою спільної дії ТА фазового переходу КСКП і КТА). Таке поєднання елементів і підсистем дозволяє покращити теплові показники газового двигуна для ОР на 1600 (1400/1100) хв. або на 2000 (3500/5500)% відповідно, а для МО

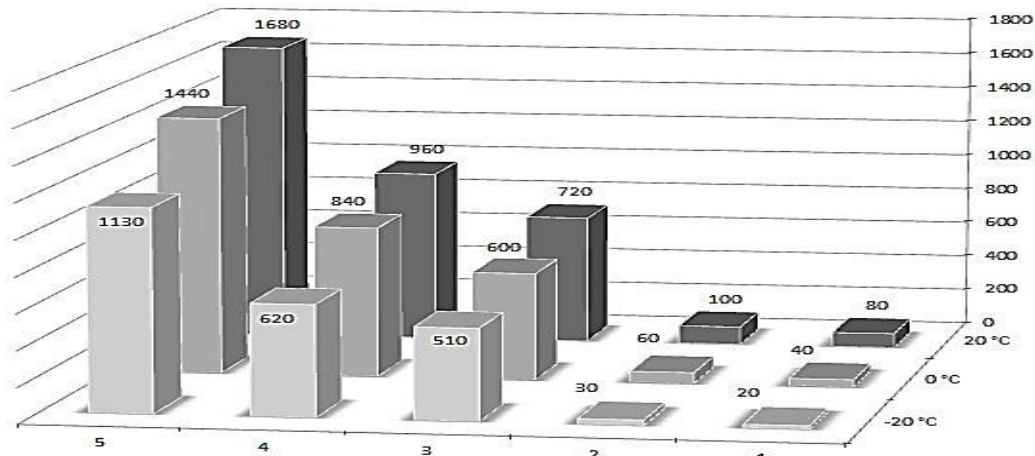


Рисунок 3 – Результати підтримання $T_{OP} \geq 50^{\circ}\text{C}$ і $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$ двигуна 8Ч 9,2/8 в міжзмінний період за допомогою КТА у складі КСПП за часом теплової підготовки ОР в СОД і МО в СМ (хв.)

на 1580 (1380/1000) хв. або на 1580 (2300/3333)% відповідно. Важливим при цьому є те, що при здійсненні підтримання $T_{OP} \geq T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$ в міжзмінний період експлуатації двигун не працює, паливо не використовується, викиді відсутні, підтримання теплової енергії ОР і МО здійснюється КСКП тільки за рахунок накопиченої в КТА і ТА (або КТА + ТА) теплової енергії.

Висновок. Отримані результати підтверджують доцільність розробки методики визначення параметрів контактного теплового акумулятора з фазовим переходом у складі комплексної системи комбінованого прогріву для зберігання теплової енергії двигуна транспортного засобу або енергетичної установки в міжзмінний період. Отримані результати є ефективною основою для проектування систем прогріву двигунів з контактним тепловим акумулятором фазового переходу, а також коригування його параметрів в процесі виконання досліджень і оптимізації елементів конструкції.

Проведене дослідження з використання контактного теплового акумулятора з фазовим переходом підтвердило, що, в цілому, його використання у складі комплексної системи комбінованого прогріву доцільно для забезпечення довготривалого зберігання теплової енергії двигуна транспортного засобу і енергетичної установки при не працюючому двигуні в різних кліматичних умовах експлуатації, а особливості комплектації і технології використання вибираються в залежності від експлуатаційних потреб і призначення двигуна транспортного засобу або енергетичної установки.

Список літератури: 1. *Кривов В. Г.* Проблема запуска двигателей строительных и дорожных машин в условиях низких температур и перспективы ее решения / *В. Г. Кривов, С. Д. Гулин, Н. В. Глухенко, А. А. Сорокин, В. У. Стоянов* // Двигателестроение, 1991. №4. – С.55-60. 2. *Карнаухов Н. Н.* Эксплуатация машин в строительстве: Учебное пособие. / *Н. Н. Карнаухов, Ш. М. Мерданов, В. В. Шефер, А. А. Иванов*// Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. - 440 с. 3. *Ваиуркин И. О.* Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / *И. О. Ваиуркин* // Тюмень, ТюмГНГУ, 2001.-145с. 4. *Матюхин Л. М.* Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие/ *Л. М. Матюхин* / М.: МАДИ, 2009. – 89 с. 5. *Schatz D.* Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen/ *D. Schatz* // Brennst.-Warme-Kraft, 1991. №6. – р.333-340. 6. *Шульгин В. В.* Тепловые аккумуляторы

автотранспортных средств / В. В. Шульгин / СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. – 268 с. 7. Карнаухов Н. Н. Тепловой аккумулятор для поддержания пусковой температуры ДВС в период межсменной стоянки строительной машины в зимний период / Н. Н. Карнаухов, И. А. Пустовалов, А. В. Яркин // Отраслевой журнал «Автотранспортное предприятие», ноябрь, 2010. Москва, Издатель – НППТранснавигация, Минтранс России, ISSN 2076-3050, стр. 45-48. 8. Грицук І. В. Системний підхід до проектування і дослідження комплексних систем комбінованого прогріву ДВЗ / І. В. Грицук // Збірн. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ – Донецьк: ДонІЗТ, 2012– №30, с. 106-117. 9. Грицук І. В. Особливості математичного моделювання параметрів роботи контактного теплового акумулятора фазового переходу системи регулювання температури охолоджуючої рідини й моторної оливи ДВЗ / І. В. Грицук, А. М. Гуцин, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Збірник наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2014 – Випуск №37., с.120-128. 10. Адров Д. С. Покращення паливної економічності і екологічних показників двигунів внутрішнього згорання застосуванням системи комбінованого прогріву / Д. С. Адров // Автореф. ... канд. техн. наук / ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк, 2014. - 20 с. 11. Куколев М. И. Оценка эффективности использования массы теплового аккумулятора / М. И. Куколев // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 1. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1996. - С. 40-42.

Bibliography (transliterated): 1. Krivov V. G., Gulin S. D., Gluhenko N. V., Sorokin A. A., Stojanov V. U. "Problema zapuska dvigatelej stroitel'nyh i dorozhnyh mashin v uslovijah nizkih temperatur i perspektivy ee reshenija". SPb.: Dvigatelistroenie, 1991. No4. – P.55-60. 2. Karnauhov N. N., Merdanov Sh. M., Shefer V. V., Ivanov A. A. "Jekspluatacija mashin v stroitel'stve: Uchebnoe posobie", Tjumen': Tjum GNGU, 2006. 440p. 3. Vashurkin I. O. Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nyh transportnyh i stroitel'nyh mashin zimoj. Tjumen', TjumGNGU, 2001. 145 p. 4. Matjuhin L. M. Teplotehnicheckie ustrojstva avtomobilej: ucheb. Posobie. M.: MADI, 2009. 89 p. 5. Schatz D. "Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen". Brennst. – Wärme-Kraft, 1991. No6 P.333-340. 6. Shul'gin V. V. Teplovyje akumuljatory avtotransportnyh sredstv SPb.: Izdatel'stvo Politehn. un-ta, 2005. 268 p. 7. Karnauhov N. N., Pustovalov I. A., Jarkin A. V. "Teplovoj akumuljator dlja podderzhanija puskovoj temperatury DVS v period mezhsmennoj stojanki stroitel'noj mashiny v zimnij period ". Otrasevoj zhurnal «Avtotransportnoe predprijatje», nojabr', 2010. Moskva, Izdatel' – NPPTransnavigacija, MintransRossii. P.45–48. 8. Gritsuk I. V. "Sy'stemny`j pidxid do proektuvannya i doslidzhennja kompleksny`x sy`stem kombinovanogo progrivu DVZ". Zbirn. nauk. pracz` DonIZTUkrDAZT – Donecz`k: DonIZT, 2012 – No30. P.106–117. 9. Gritsuk I. V., Gushhy`n A. M., Adrov D. S., Verbovs`ky`j V. S., Krasnokuts`ka Z. I. "Osobly`vosti matematy`chnogo modelyuvannya parametriv roboty` kontaktного теплового акумулятора fazovogo perexodu sy`stemy`regulyuvannya temperatury` oxolodzhuyuchoyi ridy`ny` j motornoyi oly`vy` DVZ. "Zbirny`k nauk. pracz`DonIZTUkrDAZT. – Donecz`k: DonIZT, 2014 – No37 P.120–128. 10. Adrov D. S. "Pokrashhennja paly`vnoyi ekonomichnosti i ekologichny`x pokazny`kiv dvu`guniv vnutrishn`ogo zgorannya zastosuvannjam sy`stemy` kombinovanogo progrivu" Avtoref. ... kand. texn. nauk / DonIZTUkrDAZT. – Donecz`k, 2014. 20 p. 11. Kukolev M. I. "Ocenkaj effektivnosti ispol'zovanija massy teplovogo akumuljatora "Trudy lesoinzhenernogo fakul'teta PetrGU. Vyp. 1. –Petrozavodsk: Izd-voPetrGU, 1996. P.40-42.

Надійшла (received) 27.02.2015