

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції  
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса  
Видавець Бондаренко М. О.  
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

*Тітлов О. С.*, завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

**Збірник** наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

**Секція 1:**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ»**

Модель теплового розрахунку фонтанів була перевірена на двох досвідчених фонтанах, підключених до систем кондиціонування повітря. Коефіцієнт ефективності теплообміну струменів був перевірений на дослідній установці. Випробуванню піддавалися струменів, утворені циліндричними насадками з  $dH = 2,3,4,5,6,8$  мм. Проведені досліді дали задовільну збіжність з зазначеними теоретичними положеннями. Маючи дані по щільності зрошення знайдена величину  $C$ . При роботі робочих струменів вона дорівнює 0,145, декоративних 0,157, при їх спільній роботі 0,302.

В програмі написаною в MathCad зміна зовнішньої температури зовнішнього повітря  $t_s(\tau)$  та пряма та розсіяна радіація визначалась методом сплайнів. Добовий цикл зміни середньоінтегральної температури води в чаші басейну розраховане за диференціальним рівнянням. При визначенні коефіцієнта теплопередачі враховувалось випаровування з поверхні чаші та охолодження струменя

Даний метод теплового розрахунку фонтану враховує динаміку теплового навантаження від систем кондиціонування, поглинену водою сонячну радіацію, час роботи декоративних і робочих струменів, що акумулює здатність води чаші фонтану та зміна параметрів зовнішнього повітря. Метод дозволяє визначити добовий хід температури охолодженої води, аналізувати тепловий режим фонтану і вибирати оптимальний варіант роботи струменів по годинах доби.

Аналізуючи результати досліджень переконуємося, що на середньодобову температуру води в чаші великий вплив робить тривалість роботи струменів

#### Інформаційні джерела

1. Перепека В.И., Жихарева Н.В. Расчеты систем кондиционирования и вентиляции. Одесса: «ТЭС», 2014. – 340 с
2. Перепека В.И. Расчеты систем кондиционирования и вентиляции. / В.И., Перепека, Н.В. Жихарева – Одесса: «ТЭС», 2014. – 240 с.
3. Zhikhareva N. Modeling of energy effivient air condition // N.V Zhikhareva. / The scientific method. Poland – 2017.No. 3.P.3–6.
4. Zhikhareva N. Optimization of conditionsng system for fremises with non stasionari heat exchanger //N. Zhikhareva. / Norwegian Journal of development of the International Science 2017. Vol. 2. No 5. P. 94– 99.

УДК 621.56

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА $C_{60}$ В КОМПРЕССОРНЫХ МАСЛАХ НА ПАРАМЕТРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СИТЕМЫ РАБОТАЮЩЕЙ НА ПРОПАНЕ

Корниевич С.О., Хлієва О.Я., Желзний В.П.  
Одеська національна академія харчових технологій

Одним из путей повышения энергетической эффективности парокompрессионного холодильного оборудования является применение раствора хладагентов с компрессорными маслами, в которые добавлено определенное количество наночастиц [1-3]. Изучение параметров эффективности парокompрессионных холодильных машин с примесями наночастиц является актуальной проблемой, которая требует своего решения. Как показано в работах, опубликованных за последние годы [4, 5], определенные перспективы для повышения энергоэффективности холодильной техники имеет фуллерен  $C_{60}$  в качестве

добавки к рабочему телу. Эффект добавок фуллерена может привести к снижению потерь на трение в компрессоре, к повышению интенсивности теплообмена при кипении в испарителе, но однозначно спрогнозировать влияние этих добавок на протекание физических процессов в холодильной машине на сегодня невозможно.

Перспективы использования фуллеренов для улучшения трибологических свойств компрессорных масел с целью уменьшения трения в сопрягаемых элементах машин, являются в настоящее время предметом пристального изучения [4, 6]. Вместе с тем, данные о влиянии фуллерена  $C_{60}$  на параметры эффективности компрессионного холодильного оборудования, в котором используется пропан, в литературе практически отсутствуют.

В последние годы опубликовано достаточно много работ посвященных экспериментальному исследованию влияния примесей наночастиц к рабочим телам пароконпрессорных холодильных машин на показатели эффективности. Детальный анализ этих исследований приведен в обзорах [1-3]. Показатели эффективности компрессорной системы зависят от довольно большого количества факторов. Поэтому выполнить научно обоснованный анализ изменений холодопроизводительности и потребляемой компрессором мощности при наличии примесей компрессорного масла и наночастиц в рабочем теле пароконпрессорной холодильной машины достаточно трудно, даже при наличии данных о теплофизических свойствах рабочего тела с примесями наночастиц. Поэтому целью настоящей работы является комплексное экспериментальное исследование параметров работы компрессорной холодильной системы, в которой используются в качестве рабочего тела растворы пропана ( $R290$ ) в компрессорных маслах, содержащих примеси фуллерена  $C_{60}$ .

В соответствии с поставленной целью создана установка, схема которой приведена на рис. 1.

На данной установке была проведена серия экспериментов, в которых измерялись холодопроизводительность и потребляемая компрессором мощность при различных расходах рабочего тела (в диапазоне  $0,25 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^{-3}$  кг/с, температурах кипения хладагента (от 252 до 275 К) и конденсации (от 317 до 319 К). Для определения холодопроизводительности компрессорной системы использовался метод калориметра с вторичным хладагентом в соответствии (ISO 917-89). Погрешность определения потребляемой компрессором энергии не превышала 1,2 %.

Степень перегрева рабочего тела относительно температуры насыщения чистого  $R290$  в испарителе контролировалась термпарой медь-константан и поддерживалась на уровне 5 К.

Температуры хладагента в различных точках компрессорной системы и воды, охлаждающей конденсатор, измерялись медь-константановыми термпарами с погрешностью не выше 0,2 К.

Для измерения давления в различных точках компрессорной системы установлены несколько преобразователей давления. Неопределенность измерения давления преобразователями давления WIKA не превышала 0,4 %.

В эксперименте проводилось регулирование температуры кипения хладагента в компрессорной системе и при каждом режиме проводилась серия многократных измерений. Измерение расхода осуществлялось калориметрическим расходомером 5 с погрешностью 0,05%.

С целью определения концентрации масла перед дроссельным устройством, был проведен ряд экспериментов с отборами проб рабочего тела перед дроссельным устройством. Проведенные исследования показали, что концентрация компрессорных масел в растворе хладагент/масло перед дроссельным устройством составляла не более 1,3 масс. %.

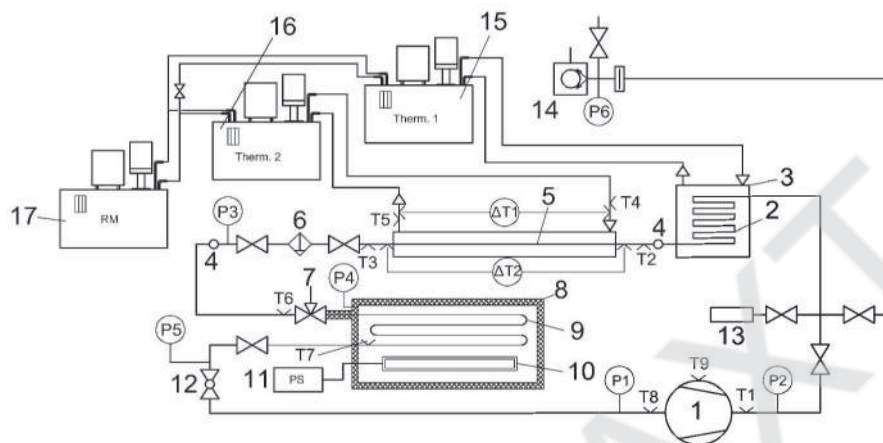


Рис. 1 - Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования показателей энергетической эффективности компрессорной системы: 1 – компрессор Embraco Aspera EMT 6152 U; 2 – конденсатор; 3 – теплообменник конденсатора; 4 – смотровое окно; 5 – калориметрический расходомер; 6 – фильтр осушитель; 7 – дроссель-вентиль; 8 – калориметр со вторичным хладагентом R134a; 9 – испаритель калориметра; 10 – нагреватель; 11 – источник питания; 12 – шаровый кран для регулировки давления кипения рабочего тела в испарителе; 13 – заправочный баллон; 14 – вакуумный насос; 15 – термостат для регулирования температуры теплоносителя в системе охлаждения конденсатора; 16 – термостат для регулирования температуры теплоносителя в системе охлаждения калориметрического расходомера; 17 – холодильная машина

Предметом исследований в настоящей работе являются показатели эффективности холодильной компрессорной системы (холодильный коэффициент, холодопроизводительность, затраты энергии на работу компрессора). В качестве реальных рабочих тел в компрессорной системе рассматривались растворы хладагента R290 в:

- алкилбенольном компрессорном масле RENISO SP46 (обозначение RENISO sp46 на рисунках);
- масле RENISO SP46, содержащем 0.06837 масс. % фуллерена  $C_{60}$  (обозначение RENISO sp46+c60 на рисунках);
- полиэфирном компрессорном масле ProEco® RF 22 (обозначение ProEco на рисунках);
- масле ProEco® RF 22, содержащем 0.00223 масс. % фуллерена  $C_{60}$  (обозначение ProEco+c60 на рисунках);

Результаты полученных в экспериментах значений холодопроизводительности и потребляемой компрессором мощности при разных различных температурах кипения рабочего тела в испарителе рассматриваемых в данном исследовании рабочих тел приведены на рис. 1.а и 1.б.

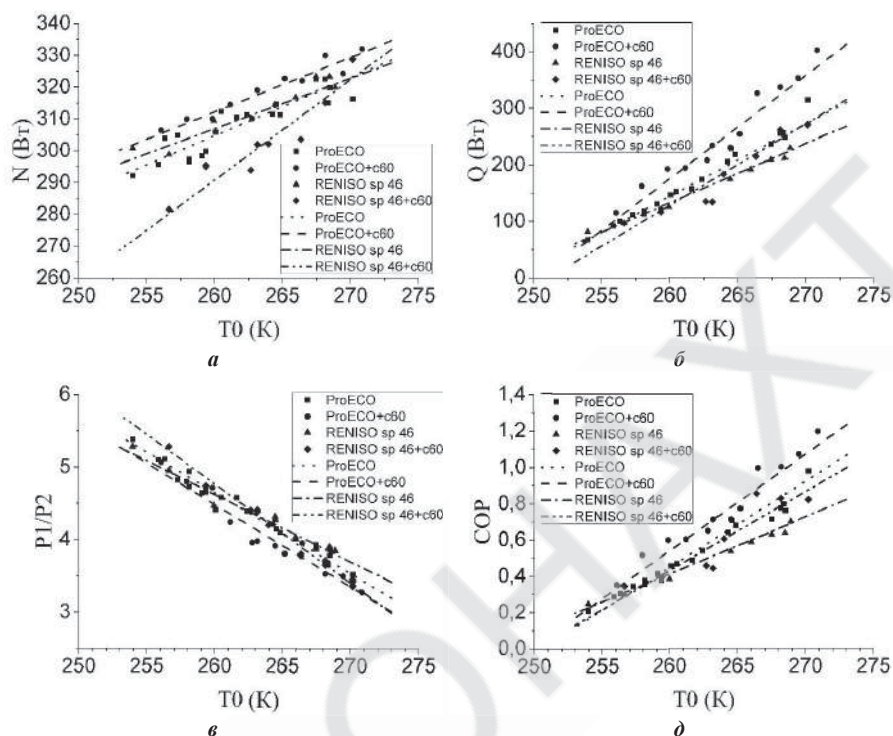


Рис. 2 – Зависимость холодопроизводительности (а), потребляемой компрессором мощности (б), степени сжатия (в) и холодильного коэффициента (д) холодильной компрессорной системы заправленной пропаном и различными компрессорными маслами

Анализируя влияние вязкости масел и примесей фуллерена  $C_{60}$  на мощность потребляемую компрессором EMBRACO EMT 6152U можно сформулировать несколько выводов. Во-первых, разность в значениях мощности потребляемой компрессором для двух разнородных по химическому составу компрессорных масел отличается всего на 3-4 %. Примеси фуллерена  $C_{60}$  в R290/ProEco® RF 22 S способствуют очень незначительному (примерно на 5%) увеличению мощности потребляемой компрессором. Этот эффект, по-видимому, связан с увеличением степени сжатия в компрессоре при наличии в рабочем теле R290/ ProEco® RF 22 S примесей фуллерена  $C_{60}$  (рис. 1.в). За счет меньшей степени сжатия в компрессоре, в котором используется рабочее тело в R290/ RENISO SP46, потребляемая компрессором мощности меньше чем для рабочем теле R290/ ProEco® RF 22 S.

Поскольку известно, что фуллерен  $C_{60}$  способствует понижению затрат энергии на трение в компрессоре [4, 6], то полученный эффект, видимо связан с большей вязкостью растворов R290/Pro ECO RF 22/C60 по сравнению с R290/Pro ECO RF 22 в картере компрессора. Соизмеримые значения потребляемой мощности для двух растворов R290/Pro ECO RF 22 и R290/RENISO SP46 с различной вязкостью подчеркивают актуальность получения информации о трибологических характеристиках различных растворов хладагент/масло с примесями фуллерена. Следовательно, при решении задачи повышения энергетической эффективности холодильного оборудования выбор марки и вязкости компрессорного масла является не менее важной задачей, чем выбор альтернативного

хладагента

Из информации приведенной на рис. 1.б можно сформулировать два вывода. Во-первых, в проведенных исследованиях зафиксировано значительное увеличение холодопроизводительности при добавке фуллеренов к рабочему телу R290/ ProEco® RF 22 S (до 20% при  $T_0 = 268-272$  K). С увеличением температуры кипения позитивный эффект увеличивается. Этот эффект может быть связан с увеличением давления насыщенных паров, который наблюдается при наличие примесей наночастиц в РХМ [7]. Во-вторых, применение алкилбензольного компрессорного RENISO SP46 масла приводит к уменьшению по сравнению с маслом ProEco® RF 22 S холодопроизводительности компрессорной системы. Эффект наиболее значимо проявляется при высоких температурах кипения в испарителе. Такой эффект видимо связан с лучшей растворимостью пропана в масле RENISO SP46. При этом давление насыщенных паров и плотность паров растворов хладагент/масло уменьшается, что приводит к уменьшению массового расхода рабочего тела и уменьшению холодопроизводительности.

Результаты исследования влияния вязкости масел и примесей фуллерена  $C_{60}$  на холодильный коэффициент компрессорной системы демонстрирует рис. 1.д. Из приведенной на рис. 1.д. информации следует что примеси фуллерена  $C_{60}$  в рабочем теле R290/ ProEco® RF 22 S способствуют увеличению холодильного коэффициента в интервале температур кипения от 260 до 275 K. на 10-20 %. Наибольший эффект увеличения COP наблюдается при высоких температурах кипения рабочего тела.

Приведенные в докладе результаты показывают, что выбор марки и вязкости компрессорного масла и наличие в нем примесей фуллерена  $C_{60}$  позволяют изменять в достаточно широких интервалах показателя эффективности компрессорной системы

#### Список литературы

1. Azmi, W. H., Sharif, M. Z., Yusof, T. M., Mamat, R., Redhwan, A. A. M. (2017) Potential of nanorefrigerant and nanolubricant on energy saving in refrigeration system—A review. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 69, 415-428. doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.207
2. Bhattad, A., Sarkar, J., Ghosh, P. (2018) Improving the performance of refrigeration systems by using nanofluids: a comprehensive review. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 82, 3656-3669. doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.097
3. Kasaeian, A., Hosseini, S. M., Sheikhpour, M., Mahian, O., Yan, W. M., Wongwises, S. (2018) Applications of eco-friendly refrigerants and nanorefrigerants: A review. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 96, 91-99. doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.033
4. Xing, M., Wang, R., Yu, J. (2014) Application of fullerene  $C_{60}$  nano-oil for performance enhancement of domestic refrigerator compressors. *Int. J. Refrig.*, 40, 398-403. doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.12.004
5. Zhelezny, V., Chen, G., Khliyeva, O., Lukianov, M., Shestopalov, K., Kornievich, S. (2019) An experimental investigation of the influence of fullerene  $C_{60}$  additives in compressor oil on the coefficient of performance of the refrigeration system. Proc. 25<sup>th</sup> IIR International Congress of Refrigeration. Montreal, Canada, 2019, August 24-30. <https://doi.org/10.18462/iir.icr.2019.682>
6. Ku, B.C., Han, Y.C., Lee, J.E., Lee, J.K., Park, S.H. (2010) Tribological effects of fullerene ( $C_{60}$ ) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity. *Int. J. Precis. Eng. Man.*, 11, 607-611. doi.org/10.1007/s12541-010-0070-8
7. Zhelezny, V., Khliyeva, O., Lukianov, M., Motovoy, I., Ivchenko, D., Faik, A., Grosu, Y., Nikulin, A., Moreira, A.L. (2019) Thermodynamic properties of isobutane/mineral compressor oil and isobutane/mineral compressor oil/fullerenes  $C_{60}$  solutions. *Int. J. Refrig.*, 106, 153-162. doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.06.011.

<b>БЛОКУВАННЯ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ СВЕРДЛОВИН</b> <i>Світлицький В.М., Іванків О.О.</i> .....	99
<b>THE FILTER ON THE BASIS OF THE EJECTOR OF THE HEAT EXCHANGER FOR PURIFICATION OF HARMFUL SUBSTANCES FROM FLUE GASES USING HEAT EXCHANGER AS COMBUSTION GAS FILTER</b> <i>Kogut V.E. Bushmanov V.M. Gihareva N.V.</i> .....	101
<b>СИСТЕМА ОХЛАЖДЕННЯ И КОНДИЦИОНІРОВАНИЯ МИКРООБ'ЄМОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧЕСКОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ</b> <i>Андреев А.И.</i> .....	103
<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ АДсорбЦИОННОГО МОДУЛЯ ПАРОВОЙ КОМПРЕССОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ</b> <i>Е.А. Беляновская, Г.Н. Пустовой, К.М. Сухой, М.П. Сухой</i> .....	105
<b>НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОБМІННИКА З ТРУБКОЮ ФІЛЬДА</b> <i>Василів О.Б., Вовченко А.І.</i> .....	107
<b>ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ ВОДИ ТА ОТРИМАННЯ ВОДИ З ПОВІТРЯ</b> <i>Василів О.Б., Проць Б.М.</i> .....	108
<b>ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> <i>Галимова Л.В., Седойкин И.Е., Букин В.Г.</i> .....	109
<b>АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АММИАЧНЫХ ДУХУСТУПЕНЧАТЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С БЕЗМЕЕВИКОВЫМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СОСУДОМ</b> <i>Дроздов М.М., Галимова Л.В. Кузьмин А.Ю.</i> .....	116
<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ ФОНТАНІВ ПРИ КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ</b> <i>Жихарева Н.В., Когут В.О.</i> .....	119
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА C60 В КОМПРЕССОРНЫХ МАСЛАХ НА ПАРАМЕТРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СИТЕМЫ РАБОТАЮЩЕЙ НА ПРОПАНЕ</b> <i>Корниевич С.О., Хлїєва О.Я., Желєзний В.П.</i> .....	120
<b>ОСОБЛИВОСТІ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ З БАСЕЙНОМ</b> <i>Крушельницький Д.О., Жихарева Н.В.</i> .....	125
<b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА</b> <i>Лужанская А.В.</i> .....	126

Наукове видання

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції

### **«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

*(українською, російською, англійською мовами)*

Підписано до друку 6.10.2020  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.  
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»  
ФОП Бондаренко М.О.  
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60  
тел.: +38 048 700 11 55  
[www.aprel.od.ua](http://www.aprel.od.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.