

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**



Одеса - 2021

**УДК 621.565; 621.**

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, обладнання кондиціонування повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та кріогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

### **НАУКОВИЙ КОМІТЕТ**

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Заступники голови**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

**Члени наукового комітету:**

**Вансєв С.М.**- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

**Семенюк Ю.В.** - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Лабай В. Й.** - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

**Лавренченко Г.К.** – д.т.н., професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., професор;

**Потапов В. О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

### **Організаційний комітет:**

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н. доц. Жихарева Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г. аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

1. Р.В. Грищенко Динаміка танення льоду в елементах акумуляторів енергії, систем охолодження та кондиціонування повітря: дис. кандидата тех. наук : 15.14.06 / Грищенко Роман Володимирович. – К., 2021. – 170 с.

2. Mohamed E. Ali, Hany Al-Ansary. Experimental Investigations on Natural Convection Heat Transfer Around Horizontal Triangular Ducts. Heat Transfer Engineering. 2010. V. 31(5). P. 350–361.

3. S. W. Churchill and R. Usagi. A general expression for the correlation of rates of transfer and other phenomena. AIChE Journal. 1972. 18(6). P.1121–1128.

4. Aubrey G. Jaffer. Turbulent Mixed Convection from an Isothermal Plate. <http://people.csail.mit.edu/jaffer/convect>. 16 p.



УДК: 621.578, 621.5.09

### ПОТЕНЦІАЛ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

*Голуб О.В., аспірант кафедри ТЕХТ, Пилипенко О. Ю., доцент кафедри ТЕХТ, НУХТ, м. Київ,  
[alex1@i.ua](mailto:alex1@i.ua)*

Сучасні побутові та комерційні холодильні установки мають достатньо високі рівні енергоефективності, при цьому маючи необоротні втрати. Наприклад, теплота конденсації – компресор витрачає роботу на стиснення, а відповідно і нагрів холодоагенту. Вентилятори конденсаторів витрачають енергію на відвід теплоти конденсації в навколишнє середовище. В побутових холодильниках конденсатори повинні мати більшу площу теплообміну, а відповідно і металоємність, щоб забезпечити відвід теплоти конденсації без примусової циркуляції повітря. З іншого боку, пари холодильного агента після випарника ще мають низьку температуру і можуть відводити теплоту від навколишнього середовища. На нашу думку, цю різницю потенціалів можливо використовувати для виробітку електроенергії за допомогою термоелектричних перетворювачів.

Задля аналізу можливості та потенціалу виробництва електроенергії термоелектричними модулями проаналізовано варіанти роботи побутової холодильної установки оснащеної теплообмінником на базі таких модулів. Принципова схема модернізованої установки зображено на рис. 1.

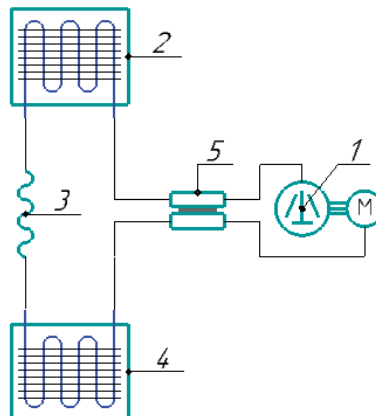


Рис. 1 – Гідравлічна схема побутового холодильника:

1 – компресор, 2 – конденсатор, 3 – капілярна трубка, 4 – випарник, 5 – теплообмінник з термоелектричним модулем.

Передбачається використання теплообмінника 5 (рис. 1) який являє собою два плоских трубопроводи виконаних з міді, в які заведені мідні патрубки холодоагенту. Між плоскими відрізками трубопроводу через термопасту розміщені термоелектричні модулі (ТЕМ). Встановивши ТЕМ між нагнітальним і всмоктувальним трубопроводами в теплообмінник (рис. 1) теоретично є можливим досягти різниці температур в межах крайніх робочих значень конкретної холодильної установки, а саме різниці між температурою кипіння та температурою кінця стиснення холодительного агента.

Для розрахунків використано робочі параметри холодильної установки згідно стандартів ASHRAE [1]. Так температура кипіння холодительного агента становила  $t_0 = -23,3$  °С, температура конденсації  $t_{\text{кд}} = 55$  °С. Однак, на відміну від стандарту ASHRAE прийнято корисний перегрів на рівні 3,3 К, переохолодження рідкої холодоагенту у конденсаторі 2,0 К. Перегрів що виникає при проходженні теплообмінника 5 (рис. 1) приймався в діапазоні від 0 до 30 К з кроком в 5 К. Також проведено розрахунок за додаткового перегріву 0 К, прийнято припущення про роботу теплообмінника 5 (рис. 1) у частково затопленому стані. Розрахункова холодопродуктивність випарника холодительної машини прийнята 150 Вт. Аналіз проведено для холодоагентів R134a, R507a, R290 та R600a, які були обрані через широке розповсюдження в побутовому та промисловому секторі холодительних машин.

За прийнятими параметрами для кожного холодительного агента було побудовано по 7 циклів (по одному для кожного додаткового перегріву).

За даними кожного з циклів визначено:

- індикаторні ККД циклу;
- реальні ентальпії та температури кінця стиснення холодоагенту після компресору;
- споживану компресором потужність з врахуванням механічних та електричних втрат (рис. 2);
- температуру парів холодительного агента після теплообмінника 5 (рис. 1) перед конденсатором з теплового балансу теплообмінника.

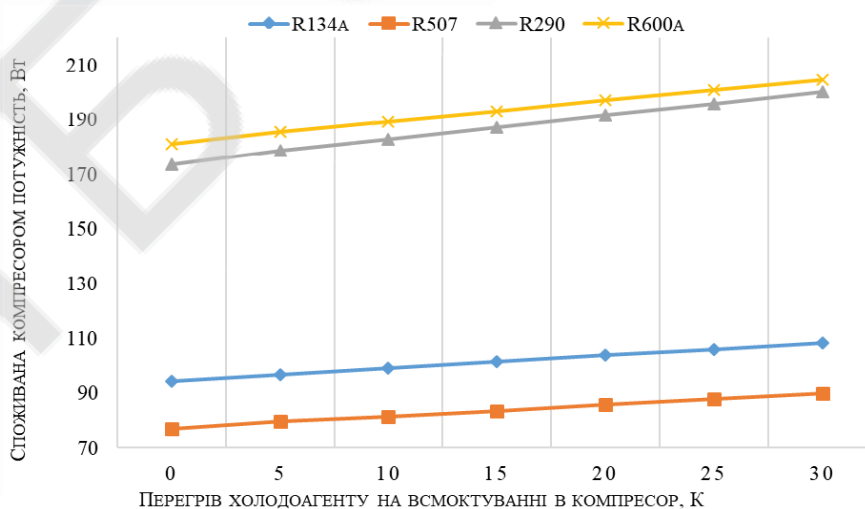


Рис. 2 – Зміна споживання електричної потужності компресором

Для розрахунку максимально можливої виробленої електричної потужності одним ТЕМ, прийнято модуль з 127 парами напівпровідників з Телуриду Вісмуту, охолоджуючого типу (ТЕС1-127-06). Максимальна температура «гарячої» сторони модуля складає 135 °С [2], що є рівним максимально допустимій температурі нагнітання будь-якої холодительної установки. Окрім того, зазначені модулі мають нижчу вартість та більше розповсюдження за генераторні ТЕМ.

Розрахунки показали, що для обраної схеми холодильної установки максимальний перепад температур на ТЕМ складає 121,63 К для R507a, 120,26 К для R134a, 116 К для R290, 111,13 К для R600a.

За даними [3] коефіцієнт Зеєбека для напівпровідника Телурид Вісмуту складає  $\alpha = 460$  мВ/К.

Виходячи з розрахованих температурних напорів на теплообміннику 5 (рис. 1) та коефіцієнту Зеєбеку визначено електрорушійну силу одного ТЕМ для кожного з холодильних агентів (рис. 3). З технічних характеристик, наведених виробником ТЕМ [2], шляхом інтерполяції визначено опір при перепаді температур кожного розглянутого випадку. За розрахованими значеннями опору та електрорушійної сили, визначено максимальну генеровану потужність, за умови що опір навантаження дорівнює опору модуля (рис. 4).

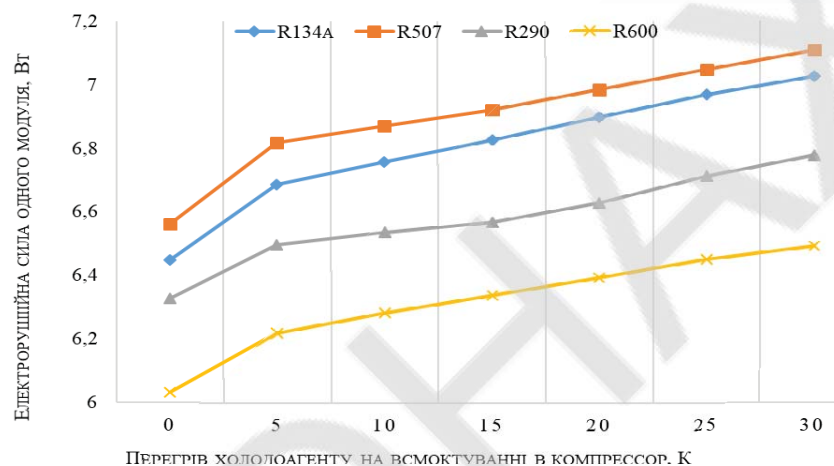


Рис. 3 – Електрорушійна сила одного ТЕМ.

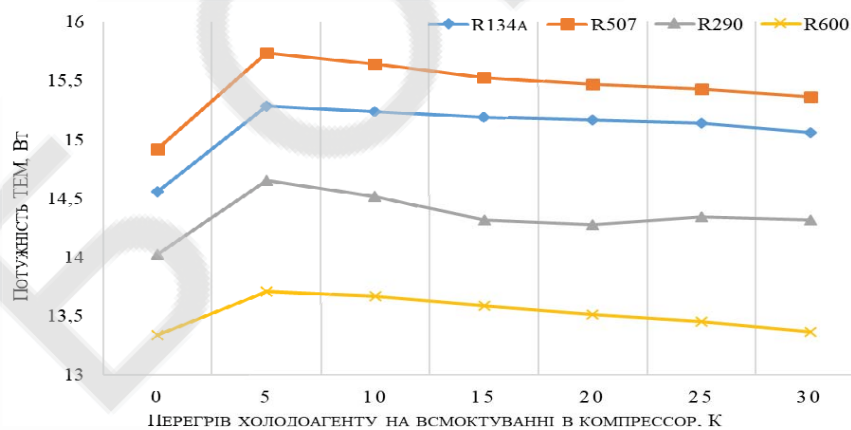


Рис. 4 – Зміна максимальної генерованої потужності одного ТЕМ

Як видно з графіку на рис. 2 найменший приріст навантаження на компресор забезпечують синтетичні холодоагенти (R134a, R507a), на відміну від природніх (R290, R600a).

При зростанні перегріву зростає й перепад температур між температурою на вході в теплообмінник з випарника та з компресора, відповідно, зростає генерована електрорушійна сила одним ТЕМ (рис. 3).

При збільшенні перегріву, зростає температура на всмоктуванні в компресор, відповідно, і температура нагнітання. Проте за властивостями ТЕМ при зростанні температури «гарячої» сторони росте й його опір, як наслідок, генерована потужність ТЕМ знижується (рис. 4).

Аналіз рис. 2 та рис. 4 показує недоцільність створення значних перегрівів на всмоктуванні до компресора за рахунок теплообмінника 5 (рис. 1), а найбільш оптимальним значенням перегріву є

5 К. Окрім того, синтетичні холодоагенти (R134a, R507a) у порівнянні з природніми (R600a, R290) мають вищий потенціал з виробітку електроенергії.

Використовуючи достатню кількість ТЕМ та з'єднуючи їх паралельно або послідовно є можливим одержувати достатню кількість енергії для компенсації додатково витраченої роботи компресором та для її генерації на потреби різноманітних споживачів що підвищують клас енергоефективності холодильної системи.

Список інформаційних джерел:

1. 2018 ASHRAE handbook – Refrigeration(SI) Режим доступу: <https://pdfcoffee.com/qdownload/2018-ashrae-handbook-refrigeration-sipdf-pdf-free.html>
2. Элемент Пельтье TEC1-12706. Характеристики, применение, условия эксплуатации. Режим доступу: <http://mypractic.ru/element-pelte-tec1-12706-xarakteristiki-primenenie-usloviya-ekspluatacii.html>
3. Термоэлектрические материалы на основе теллурида висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  // Научно-техническая фирма «АДВ-Инжиниринг». Режим доступу: [www.adv-engineering.ru/pro/telvism-text-page.html](http://www.adv-engineering.ru/pro/telvism-text-page.html)

УДК: 641.528.6

## **ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ВИМОРОЖЕНОЇ ВОЛОГИ**

*Потанов В.О., д.т.н., Мольський О.С., аспірант, Смілик М. М., аспірант,  
Державний біотехнологічний університет м. Харків, potapov@bigmir.net*

Сьогодні у зв'язку з прискореним ритмом життя населення на світовому продовольчому ринку все більше підвищується попит на заморожені харчові продукти. Незважаючи на істотні техніко-технологічні можливості холодильної обробки, при заморожуванні необоротно відбувається ряд небажаних змін, викликаних необоротними біохімічними процесами, які супроводжують фазові переходи при заморожуванні-розморожуванні. Для вдосконалення процесів холодильної обробки необхідно знати їх динаміку цих процесів. Проблема моделювання цих процесів для біологічної сировини викликана труднощами аналітичного опису цих процесів. Це обумовлено гетерогенністю харчової сировини за складом, фізично-хімічними характеристиками, функціонально-технологічними властивостями, які залежать від також від умов їх заготівлі, вирощування та попередньої підготовки.

Багаторічні дослідження процесів заморожування і розморожування харчової сировини показують необхідність уточнення методів теоретичного моделювання теплофізичних властивостей харчових продуктів, які обумовлюють характер і швидкість протікання в них процесів нагріву або охолодження. Цим дослідженням присвячений ряд класичних і нових досліджень робіт [1;2;3].

Як відомо, у всіх математичних моделях, що описують процеси з фазовим переходом при заморожуванні-розморожуванні, входить частка вимороженої вологи  $\omega(t)$ . У теплофізичних розрахунках процесів холодильної обробки найчастіше для розрахунку кількості вимороженої вологи використовують модель, засновану на рівнянні Рауля, яка описує процес заморожування

- 8 **СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛООБМІНУ ПІД ЧАС ПРИРОДНОЇ ТА ЗМІШАНОЇ КОНВЕКЦІЇ У ВОДІ В ОБЛАСТІ ІНВЕРСІЇ ГУСТИНИ** 46  
*Р.В. Грищенко, канд. тех. наук, доц. каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ*
- 9 **ПОТЕНЦІАЛ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ** 48  
*Голуб О.В., аспірант кафедри ТЕХТ, Пилипенко О. Ю., доцент кафедри ТЕХТ, НУХТ, м. Київ,*
- 10 **ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ВИМОРОЖЕНОЇ ВОЛОГИ** 51  
*Потапов В.О., д.т.н., Мольський О.С., аспірант, Смілик М. М., аспірант, Державний біотехнологічний університет м. Харків*
- 11 **OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF REFRIGERATION UNIT WITH THE USE OF SPRAYING POOLS** 54  
*Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University. Kogut V.E, ass. phrofessor Odessa National Technological University. Dragnev M., engineer Israel, Ostapenko D.student*
- 12 **ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВИНАХОДІВ В ГАЛУЗІ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ** 57  
*Томчик О. М., к.т.н., ст. викл. кафедри ХУКП, інженер з патентної та винахідницької роботи І категорії відділу ПтаНТЗ ОНАХТ, м. Одеса, Хмельнюк М. Г., професор, зав. кафедрою ХУКП ОНАХТ, м. Одеса*
- 13 **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛЬТИВУВАННЯ МАТОЧНИХ ЕНТОМОКУЛЬТУР** 59  
*Піщанська Н.О., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеський національний технологічний університет Подмазко О.С., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеський національний технологічний університет Бельченко В.М., в.о. заст. Директора за наукової роботи Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН*
- 14 **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ХМ НА РІЗНИХ РОБОЧИХ РЕЧОВИНАХ** 61  
*Подмазко І.О. доцент кафедри КПА, ІХКЕ ОНАХТ, Подмазко О.С., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеська національна академія харчових технологій*
- 15 **РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІНУ МІЖ КРАПЛЯМИ РОЗПОРОШЕНОЮ ОХОЛОДЖУЮЧОЇ РІДИНИ І ДИМОВИМ ГАЗОМ** 64  
*Бушманов.В.М. аспірант, Когут В.О. доцент, Жихарева Н.В. доцент, Одеська національна Академія Харчових Технологій м.Одеса*
- 16 **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ СИЛОВИХ УСТАНОВОК СУДЕН** 66  
*Бушманов.В.М. аспірант, Когут В.О. доцент, Жихарева Н.В. доцент, Одеська національна Академія Харчових Технологій м.Одеса*
- 17 **ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ РОЗЧИНІВ ХОЛОДОАГЕНТ R290/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА ХОЛОДОАГЕНТ R290/ КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО/ФУЛЕРЕН C<sub>60</sub>** 67  
*Корнієвич С.Г., Борисов В.О., Желєзний В.П. Одеський національний технологічний університет, м. Одеса,*
- 18 **ЕКОЛОГО-ТЕРМОЕКОНОМІЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОБОЧИХ ТІЛ З ДОМІШКАМИ ФУЛЕРЕНУ C<sub>60</sub> В ПАРОКОМПРЕСІЙНОМУ ХОЛОДИЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ** 70  
*Корнієвич С.Г.<sup>1</sup>, Хлісва О.Я.<sup>1,2</sup>, Борисов В.О.<sup>1</sup>, Валбах Е.<sup>1</sup>, Желєзний В.П.<sup>1</sup> Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса*
- 19 **ТЕПЛОАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ** 74

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И  
ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND  
TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**

Одеса - 2021