

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



*IX Міжнародна науково-практична конференція*

**«ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ,  
МЕТРОЛОГІЯ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТА  
ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

14 – 15 листопада 2019 р.

**Одеса 2019**

УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4:330:629  
ББК 30  
Т38

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради  
Одеської державної академії технічного регулювання та якості (ОДАТРЯ)  
Міністерства освіти і науки України від 31.10.2019 р., протокол № 3.*

Головний редактор:

*Л. В. Коломієць*, доктор технічних наук, професор, ректор ОДАТРЯ

Відповідальний за випуск:

*Г. Д. Братченко*, доктор технічних наук, професор.

Матеріали подані в авторській редакції.  
За зміст публікації несе відповідальність автор.

**Т38 Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології:** матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 14-15 листопада 2019 р.) / ред. Л. В. Коломієць, Г. Д. Братченко, В. Д. Постоварова; Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса, Бондаренко М. О., 2019. – 212 с.

ISBN 978-617-7829-24-8

У збірнику представлено матеріали конференції, присвяченої проблемам технічного регулювання та якості, в тому числі в освітній галузі та на транспорті, стандартизації та споживчої політики, метрології та метрологічного забезпечення розвитку інформаційних та транспортних технологій, економіки та управління.

Розраховано на викладачів, аспірантів, наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення та дослідження цих проблем.

**УДК 89:621:531:006.07:53.08:539.4:330:629  
ББК 30**

**ISBN 978-617-7829-24-8**

©Одеська державна академія технічного регулювання та якості, 2019 р.

## ЗМІСТ

РАЗВИТИЕ ТЕОРИЙ ПРОЧНОСТИ В МЕХАНИКЕ МАТЕРИАЛОВ (Копія статті з журналу «Проблемы прочности», 2010, № 5) <b>Лебедев А. А.</b> .....	9
<b>СЕКЦІЯ 1</b> ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ	30
ВИКЛАДАННЯ ВИМОГ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО ПАКУВАННЯ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ У НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ <b>Вербицький С.Б., к.т.н.; Копилова К.В., д.с.-г.н.; Козаченко О.Б.;</b> <b>Вербова О.В.</b> .....	31
КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА <b>Медведєва Н.А., к.т.н.; Сухенко В.Ю., д.т.н.</b> .....	36
СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ПІДГОТОВКИ БІЗНЕС- АНАЛІТИКІВ В УКРАЇНІ <b>Зубрецька Н. А., д.т.н.; Халімоненко Я.А.</b> .....	42
ПРОЦЕДУРИ СЕРТИФІКАЦІЇ У ГАЛУЗІ ШТУЧНОГО ХОЛОДУ <b>Буданов В.О., к.т.н.</b> .....	45
ЯКІСТЬ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ <b>Солоненко І.П., к.т.н.; Мірошниченко О.І.</b> .....	51
<b>СЕКЦІЯ 2</b> МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, НАНОВИМІРЮВАННЯ	55
АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ УТЕЧКИ ИЗ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ АЭС <b>Кравченко В.П., д.т.н.; Власов А.П.; Власов Д.А.; Поляшов С.В.;</b> <b>Литвинов Б.А.</b> .....	56
ОЦІНКА ЯКОСТІ ВПЛИВУ ХОЛОДОАГЕНТА З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК НА РОБОТУ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА <b>Мілованов В.І., д.т.н.; Балашов Д.О.</b> .....	63
РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІНУ У СТРУМКУ КОНДЕНСАТУ ПІД ЧАС СТРАТИФІКОВАНОГО РЕЖИМУ ТЕЧІЇ ФАЗ <b>Горін В.В., к.т.н.; Серeda В.В., к.т.н.</b> .....	66
СИСТЕМА НАВІГАЦІЇ АВТОМАТИЧНО КЕРОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ <b>Матус С.К., к.т.н.</b> .....	70

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВПЛИВУ ХОЛОДОАГЕНТА З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК НА РОБОТУ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА

Мілованов В.І.<sup>1</sup>; Балашов Д.О.<sup>2</sup>

1 – д.т.н., професор, зав. кафедри, ОНАХТ, м.Одеса, Україна.

2 – інженер, ОНАХТ, м.Одеса, Україна.

**Анотація** – Метою даної роботи є дослідження впливу домішок наночастинок на прикладі роботи компресора малої холодильної машини. В результаті дослідження планується отримати значення холодопродуктивності і провести порівняння величини для чистого холодоагента та холодоагенту з додаванням наноматеріалів. Аналіз експериментальних даних показав, що присутність наночастинок у робочому тілі може призвести до підвищення холодопродуктивності на 5-7%, але цей ефект спостерігається лише при температурах кипіння нижче -15 ... -20 °С.

**Ключові слова** – компресор, нанодомішки, ізобутан, холодопродуктивність, нанофлюїд.

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE REFRIGERANT WITH NANOPARTICLES ADDITION ON THE PERFORMANCE OF A SMALL REFRIGERATING COMPRESSOR

Milovanov V.I.<sup>1</sup>; Balashov D.O.<sup>2</sup>

1 – DSc, professor, head of department, ONAFT, Odesa, Ukraine

2 – engineer, ONAFT, Odesa, Ukraine

**Abstract** – The purpose of this work is to investigate the effect of nanoparticle impurities on the example of a small refrigerating machine compressor. As a result of the study, it is planned to obtain the value of the cold-producing capacity and to compare the values for pure refrigerant and refrigerant with the addition of nanomaterials. The analysis of the experimental data showed that the presence of nanoparticles in the working fluid can lead to an increase in cold productivity by 5-7 %, but this effect is observed only at boiling points below -15 ... -20 °С.

**Keywords** – compressor, nanoadditives, isobutane, performance, nanofluid.

Традиційні робочі тіла і теплоносії практично вичерпали теоретичні можливості подальшого збільшення показників ефективності теплоенергетичних систем. Перспективними рішеннями для розширення меж використання робочих середовищ є нові класи речовин - іонні рідини і нанофлюїди. В останні два десятиріччя в науковій лексиці швидко зростає використання нових термінів з префіксом «нано»: наноструктура, нанотехнологія, наноматеріал, наноколоїди, тощо. З'явилися об'єкти, які по суті не були в розпорядженні дослідників ще 20 років тому і без яких сьогодні вже не представляється сучасний розвиток науки - це наночастки у всьому їх різноманітті.

З аналізу опублікованих в пресі інформації про вплив наноматеріалів на роботу малих холодильних машин робиться висновок, що більшість робіт присвячено дослідженню теплопровідності речовин з розчиненими в них наночастинками. Дані про вплив нанодобавок на роботу теплообмінних апаратів малої холодильної машини в літературі практично відсутні. Це ускладнює пошук технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності малих холодильників.

Таким чином, стають актуальними роботи з подальших досліджень малих холодильних машин з нанофлюїдами в якості робочого тіла. Нанофлюїди - розчини наночастинок, розміри яких знаходяться в діапазоні від 20 до 100 ангстрем, є об'єктами інтенсивних наукових досліджень, завдяки раніше невідомим ефектам і стрімкому зростанню коефіцієнта теплопровідності. Великим досягненням в дослідженні нанододатків є застосування колоїдної суміші холодоагента або компресорного мастила в якості основної рідини і частинок розміром 1-100 нанометрів. [1] Мала кількість (близько 1%) наночастинок оксиду міді в етиленгліколі або мастилі підвищують теплопровідність базової речовини на 40 % і 150 % відповідно. Звичайні суспензії вимагають концентрації 10 % і більше для таких результатів [2]. Нанофлюїди є новим класом теплоносіїв і показують високий потенціал для застосування в промисловості низьких температур. Використання наночастинок, розчинених в холодоагенті холодильної машини є перспективним засобом для підвищення її ефективності та зменшення вживання електроенергії.

В літературі розглядається великий обсяг теоретичних робіт по ефективній теплопровідності дво- і більшкомпонентних матеріалів, наприклад, підхід Гамільтона і Кроссера та ін. Був введений фактор впливу форми  $n$ , який визначається експериментально для різних типів матеріалів. Їхньою метою дослідження була розробка моделі як функції форми частинок, складу і теплопровідності обох фаз:

$$k_c = k_f \left[ \frac{k_p + k_f(n-1) - (n-1)V_p(k_f - k_p)}{k_p + k_f(n-1) + V_p(k_f - k_p)} \right], \quad (1)$$

де  $k_f$  – коефіцієнт теплопровідності рідини;

$k_p$  – коефіцієнт теплопровідності частинок;

$V_p$  – об'ємна частка частинок;

$n$  – фактор впливу форми частинок, виведений емпірично (для сферичних  $n = 3$ ) і визначається як  $n = 3/\psi$ ;

$\psi$  – сферичність, відношення площі поверхні сфери до об'єму, рівному об'єму частки до площі поверхні частки.

Модель Гамільтона-Кроссера зводиться до моделі Максвелла при  $\psi = 1$  і узгоджується з експериментальними даними для  $V_p < 30\%$ . Модель вірна до тих пір, поки теплопровідність частинок більше теплопровідності рідини, принаймні в 100 разів. Незважаючи на те, що експерименти показують достатню придатність цих моделей в прогнозуванні теплопровідності, вони не враховують вплив розміру наночастинок.

В результаті дослідження планується отримати значення холодопродуктивності і провести порівняння величини для чистого холодоагента та холодоаге-

нту з додаванням наноматеріалів. Був проведений теоретичний розрахунок компресора малої холодильної машини з ізобутаном в якості холодоагента. Розрахунки проводились при режимах з температурами кипіння – 20, – 10, – 5, 0 °С и температурою конденсації 40 °С. В якості домішок були взяті наночастки оксида титана в масовій концентрації 2,54 %.

Отримані результати експериментів показали, що присутність наночасток у робочому тілі може призвести до підвищення холодопродуктивності на 5-7 %, але цей ефект спостерігається лише при температурах кипіння нижче –15 ... – 20 °С. При високих температурах кипіння (від 0 °С і вище) холодопродуктивність знижується. З висновок полягає в тому, що використання домішок наночасток може підвищити характеристики компресора холодильної машини, при цьому не вимагаючи витрат на допрацювання схеми установки чи конструкції апаратів. Використання нанодомішок перспективно також у побутових холодильниках, торгівельному і промислового обладнанні. Проблема застосування нанофлюїдів вимагає більш глибокого аналізу, теоретичних та експериментальних досліджень, особливо в області високих температур кипіння.

Застосування нанодомішок для підвищення теплопередачі має високий потенціал для розробок компактного і ефективного холодильного обладнання. У кількох опублікованих статтях показується, що коефіцієнт теплопередачі нанофлюїдів є вищим, ніж у звичайних рідин. Крім того, доступні експериментальні дані [3] обмежені і не можуть точно спрогнозувати зміну теплопередачі. Більш того, є лише кілька поправок для точного прогнозу продуктивності. Отже, необхідні подальші дослідження по роботі апаратів холодильної машини з наноматеріалами і більше теоретичних і практичних робіт для ясного розуміння і прогнозу термодинамічних і теплофізичних характеристик.

#### ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] Li C.H., Peterson G.P. Mixing effect on the enhancement of the effective thermal conductivity of nanoparticle suspensions (nanofluids). *Inter. J. of Heat and Mass Transfer*. 2007. Vol. 50. P. 4668–4677.
- [2] Chon, C. H., Kihm, K. D. (2005). Thermal conductivity enhancement of nanofluids by brownian motion. *ASME J. Heat Transfer.*, 127, P. 810.
- [3] Kim, S. H., Choi, S. R., Kim, D. (2007). Thermal conductivity of metal oxide nanofluids: particle size dependence and effect of laser irradiation. *ASME J. Heat Transfer.*, 129, P. 298–307.