



Філін С.О.

**Філін С.О.** доктор техн. наук

Західнопоморський технологічний університет у Щецині  
алея Піастів 17, Щецин, 70-310, Польща;  
e-mail: [Sergiy.Filin@zut.edu.pl](mailto:Sergiy.Filin@zut.edu.pl)

## **ВПЛИВ ТЕПЛООВОГО КОНТАКТУ ПОВЕРХНІ ОХОЛОДЖЕННЯ З ОБ'ЄКТОМ НА ШВИДКОДІЮ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ОХОЛОДЖУВАЧІВ НАПОЇВ**

---

*У статті розглядаються конструктивні та експлуатаційні характеристики сучасних термоелектричних охолоджувачів і підігрівників напоїв, зокрема динамічні характеристики. Наведено результати порівняльних випробувань, що показують вплив умов теплообміну між банкою (пляшкою) і контейнером охолоджувача на швидкість охолодження напою. Заповнення щілини між пляшкою з напоєм і ємністю охолоджувача дозволяє суттєво підвищити швидкодію охолоджувача. Наприклад, час охолодження напою від 25 °С до 10 °С у випробуваному охолоджувачі знизився з 67 до 50 хвилин. Бібл. 10, рис. 11, табл. 2.*

**Ключові слова:** охолоджувач/підігрівник напоїв, темп охолодження, умови теплообміну, експериментальні дослідження

### **Вступ**

В останні два десятиліття в публікаціях з термоелектричного охолодження, у тому числі й у матеріалах Міжнародних форумів з термоелектрики, відзначалось, що виробники побутових термоелектричних виробів різко знизили вимоги до ряду їх технічних характеристик, в основному заради зниження ціни й енергоспоживання цих виробів [1, 2]. У свою чергу, низька ціна дозволяє розглядати такі вироби як такі, що не підлягають ремонту, а отже, їх життєвий цикл обмежується декількома роками. Сучасні термоелектричні охолоджувачі (як переносні, так і стаціонарні) значно поступаються своїм попередникам за створюваним перепадом температур [3]. У результаті термін зберігання та асортимент збережуваних продуктів зменшується.

Серед пропозицій, які з'являються на міжнародному ринку холодильної техніки, можна зустріти переносні автохолодильники без теплоізоляції. Її роль відіграє 20-міліметровий прошарок повітря між корпусом і камерою. А це вже свідчить про те, що за виробництво холодильників узялися не професіонали, у черговий раз дискредитуючи саму ідею термоелектричного охолодження.

На відміну від наприклад, компресорних холодильників термоелектричні охолоджувачі й підігрівники напоїв відносять до виробів епізодичної дії. Для них характерне верховенство динамічних параметрів над енергетичними. Мова йде про час охолодження напою від початкової до кінцевої температури й середню швидкість охолодження. Для споживача досить

істотно, щоб цей час був мінімальним, особливо в поїзді або на відпочинку, тобто за відсутності інших технічних засобів охолодження. Якщо аналізу динамічних характеристик термоелектричних льодогенераторів<sup>1</sup> присвячено дуже багато публікацій, патентів і навіть монографія [4], то охолоджувачі напоїв явно залишилися обійденими увагою. Нечисленні публікації на цю тему припадають на злам XX і XXI століття [5, 6].

Нагадаємо нашим читачам, що у світі існують і гостро конкурують між собою два принципово різні підходи до охолодження напоїв: *європейський*, коли напій проохолоджується зовнішнім джерелом холоду без зміни складу напою, і *американський*, коли напій проохолоджується шматочками водного льоду, що розчиняється в напої. Такий розподіл не означає, що обидва способи охолодження не поширені по усьому світу, але переваги жителів Нового й Старого світу, вочевидь, різні [4]. Європейський підхід має на увазі як охолодження напою в його оригінальному упакуванні, чому буде присвячена основна частина статті, так і його охолодження в спеціальній ємності або ємностях, як показано на рис. 1.



Рис. 1. Типовий торговельний (барний) охолоджувач напоїв.

Торговельні охолоджувачі зазвичай оснащено компресорними холодильними агрегатами досить великої продуктивності, у зв'язку із чим претензій до їхньої швидкодії у споживачів не виникає. Нижче розглянемо, як проблему швидкодії малих термоелектричних охолоджувачів напоїв вирішують, або навпаки – не вирішують їх виробники.

### Короткий аналіз ринку сучасних термоелектричних охолоджувачів напоїв

Почнемо аналіз з автомобільних пристроїв. Вони характеризуються найбільшою чисельністю й простотою конструкції. Живлення термоелектричного агрегату здійснюється безпосередньо від електричної мережі транспортного засобу 12...14 В постійного струму, наприклад через гніздо прикурювача автомобіля (рис. 2). Типовий сучасний охолоджувач напоїв призначений для охолодження й підігріву напоїв у металевих банках об'ємом від 0.25 до 0.5 л при уніфікованому зовнішньому діаметрі банки 66 мм. Банка з напоєм вкладається у відкриту зверху металеву ємність у вигляді склянки, виконаної з алюмінію. Рідше зустрічаються охолоджувачі на дві банки [6]. Ємність має внутрішній діаметр на 1-2 мм більший за діаметр банки. У щілині між банкою і ємністю під час роботи залишається тонкий прошарок повітря.

<sup>1</sup> Малі побутові, офісні та барні льодогенератори також належать до виробів епізодичної дії.

Усю різноманітність конструкцій охолоджувачів можна звести до двох типів: з бічним і з нижнім розміщенням агрегату. Крім термоелектричного модуля до складу агрегату входить радіатор гарячої<sup>2</sup> сторони модуля й вентилятор, призначений для обдування гарячого радіатора. Кількість елементів керування й автоматики також зведено до мінімуму: перемикач режиму роботи зі світлодіодним індикатором плюс (у деяких моделях) температурне реле захисту гарячої сторони модуля від перегріву. Холодна сторона модуля через металевий теплоперехід практично безпосередньо контактує з ємністю.



Рис. 2. Типова конструкція автомобільного охолоджувача-підігрівника напоїв у банках з бічним розміщенням агрегату.

Побутовий (або столовий) варіант охолоджувача (рис. 3) відрізняється від автомобільного наявністю перетворювача змінного струму в постійний AC/DC. Його наявність практично не справляє впливу на динамічні характеристики охолоджувача.



Рис. 3. Побутові термоелектричні охолоджувачі-підігрівники напоїв з нижнім розміщенням агрегату.

Лише деякі виробники вказують у технічних характеристиках своїх виробів швидкість

<sup>2</sup> За реверсивної роботи пристрою поняття «холодна» та «гаряча» сторона модуля мають умовний характер. З метою спрощення опису ці назви прийнято для режиму охолодження напою.

або час охолодження, причому, як правило, без уточнення, у яких умовах цю швидкість виміряно. Наприклад, з інформації, що швидкість охолодження напою у банці ємністю 0.33 л становить  $0.3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , не зрозуміло, у якому інтервалі температур виміряно цю швидкість, за якої навколишньої температури, за якої напруги живлення і т.д. Верифікація характеристик деяких охолоджувачів, яку було проведено на нашій кафедрі ще в 2002 році, показала принципову відповідність вимірюваних та декларованих характеристик і дозволила уточнити для споживача, яким саме умовам експлуатації відповідають ці характеристики.

Відтоді не відбулося яких-небудь революційних змін в енергетичній ефективності термоелектричних модулів, що визначило «заморожування» (стабілізацію) показника швидкості охолодження напоїв у термоелектричних охолоджувачах. Але це ніяк не відповідає очікуванням споживача. Саме тому німецька фірма «Do-Tech GmbH», наважилася почати серійний випуск банок для пива із вбудованим змійовиком, заповненим вуглекислим газом під тиском. При відкритті банки порушується герметичність також і внутрішнього об'єму змійовика. У результаті газ, виходячи через малий отвір, дроселюється, охолоджуючи вміст банки протягом декількох секунд [7].



Рис. 4. Швидкодiючий охолоджувач німецької фірми Do-Tech GmbH [8].

Чим же відповідають виробники аналогічних термоелектричних виробів? Як не дивно, уповільненням швидкості охолодження. Деякі «горе-конструктори», женучись за здешевленням своїх виробів, приносять у жертву їх швидкодiю й пропонують дуже дивні інноваційні рішення. Ось лише деякі з них.

Важко зрозуміти, чим керувалися автори охолоджувача, показаного на рис. 5, зменшуючи більш ніж у два рази й так невелику поверхню контакту банки з ємністю охолоджувача, а точніше тим, що від неї залишилося. Крім збільшення часу охолодження, пристрій має ряд експлуатаційних недоліків: труднощі із забезпеченням теплового контакту банки з охолоджувачем, із кріпленням пристрою в автомобілі, з орієнтацією в просторі і т.д.

Ще далі пішли автори й виробники охолоджувачів-підігрівників, що живляться від комп'ютера через порт USB (рис. 6). У цих виробках поверхня контакту обмежена до металевої підставки діаметром 66-70 мм. Враховуючи, що дно металевої банки ввігнуте й значно знижену холодопродуктивність модуля, можна й без експериментальної перевірки зробити висновок, що швидкість охолодження не перевищує  $0.1^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ , що в 5-6 разів повільніше, ніж в охолоджувачах з живленням 12...14 В та ізольованою ємністю. Зменшення холодопродуктивності модуля пов'язане з обмеженням потужності порту USB: сила струму не може перевищувати 0.5 А.

Сучасний серійний термоелектричний модуль розрахований на струм живлення від 2 до 4 А. Можна спроектувати й виготовити досить потужний (близько 50 Вт максимальної холодопродуктивності) слабострумний охолоджувальний модуль, але це пов'язано з мініатюризацією модуля, що у свою чергу веде до ускладнення технології й більш, ніж 10-кратного зростання ціни модуля. У цих умовах охолоджувачі з такими модулями стають неконкурентоспроможними.



Рис. 5. Автомобільний термоелектричний охолоджувач напоїв виробництва АСТ, Красноярськ, Росія.



Рис. 6. Охолоджувач-підігрівник, що живиться від комп'ютера через порт USB.

Щоб підвищити інтерес потенційних покупців до своїх виробів, деякі виробники використовують прийоми, які ніяк не можна віднести до категорії „fair play”. Наприклад, виготовлювач автомобільного охолоджувача „Smart Holder Hot” (мал. 3, у центрі) декларує, що цей виріб «забезпечує охолодження банки або пляшки (!) до температури  $-6^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хвилин, а підігрів до температури  $+60^{\circ}\text{C}$  – протягом 5 хвилин» [9]. Продавці цього товару з інтернет-магазину [www.sititek.ru](http://www.sititek.ru) змушені пояснювати клієнтам, що «згадані температури досягаються за цей час на стінці ємності, а сам напій проохолоджується трохи повільніше». Це «трохи повільніше» означає на практиці від 40 до 70 хвилин. Лукавство чи «свята простота»? Неможливо стриматися від того, щоб не скомпрометувати по суті цей «шедевр технічної думки». Отже:

1) більшість напоїв, у тому числі й слабоалкогольних, не можна проохолоджувати до температури  $-6^{\circ}\text{C}$ , тому що вони замерзнуть;



2) час охолодження до бажаної температури банки й пляшки однакової ємності з тим же самим напоєм буде різним;

3) щоб надати споживачеві повну й правдиву інформацію, що стосується динамічних характеристик пристрою, виготовлювач повинен вказати: інтервал температур охолодження й підігріву напою, наприклад від 25 °С до 10 °С, температуру навколишнього середовища, час охолодження або середню швидкість охолодження у вищезгаданому інтервалі, масу й тип охолоджуваного напою й тип його впакування. Аналогічні дані необхідно вказати для режиму підігріву.

4) Якщо згадана в п. 3 температура напою не є середньою по його об'єму, слід вказати точне місце вимірювання цієї температури.

На жаль, це не єдиний приклад спроби введення в оману користувачів охолоджувачів-підігрівників [10].

Тільки невелика частина виробників охолоджувачів звертає увагу користувачів на можливість охолодження напоїв у пластикових і скляних пляшках. Одна з них – це відома на ринку транспортних холодильників фірма WAECO (рис. 7). Причина такої ситуації полягає не в тому, що розміри ємності охолоджувача не відповідають зовнішньому діаметру пляшки, а в тому, що час охолодження тієї ж маси напою, але в пляшці виявляється приблизно в 2 рази більшим. Тому виробники не зацікавлені в розкритті такої невігідної для них інформації.



Рис. 7. Термоелектричний охолоджувач-підігрівник напоїв WAECO Myfridge, модель MF-1F-12/24.

В електричних побутових підігрівниках дитячого живлення внутрішній діаметр ємності в середньому на 5...8 мм більше, ніж діаметр пляшки. У них вміст пляшки підігривається в «водяній бані», що не лише прискорює процес у порівнянні з «сухим» підігрівом, але й дозволяє довше зберігати напій у підігрітому стані й забезпечити більш рівномірне його нагрівання по висоті пляшки.

Цей прийом з розміщенням води в ємності в охолоджувачах не використовується, незважаючи на те, що цей очевидне і не дуже складне рішення дозволяє поліпшити динамічні характеристики пристрою. Однак використання води в ємності вимагає розробки відповідних інноваційних технічних рішень, у тому числі таких, які забезпечують герметизацію заповненого водою кільцевого проміжку. Відсутність таких рішень пояснює й відсутність відомостей про експериментальні дослідження впливу наявності води (або іншої рідини) у

ємності охолоджувача під час охолодження напою. Дані представлені в наступних розділах статті покликані хоча б частково заповнити цю прогалину.

### Об'єкт дослідження

Порівняльні випробування охолоджувачів були проведені на кафедрі кондиціонування й холодильного транспорту Західнопоморського технологічного університету в Щецині в період з квітня по травень 2018 року. У якості об'єкта дослідження використано два однакові охолоджувачі *Car mini-cooler* ФМ 201.001 виробництва Київської НВФ «Модуль», що мають типову для цього класу виробів конструкцію. У цьому охолоджувачі використано один модуль типу МТ1.42-1.12-12 з бічним його розташуванням відносно ємності для напою (рис. 5). Ємність у вигляді циліндричної склянки із внутрішнім діаметром 67 мм виконано з алюмінієвого сплаву, а знімне дно – з неметалу. Глибина склянки становить 70 мм, що дозволяє без утруднень вкласти й вийняти металеву банку з напоєм ємністю 0.33 л, не вдаючись до перекидання охолоджувача.

У першій серії експериментів проохолоджувалися металеві банки 0.33 л, заповнені відстояною водою, а в другій серії – пластикові пляшки з морквяно-фруктовим соком ємністю 0.3 л. Одночасно випробовувалися два охолоджувачі з однаковими напоями, які відрізнялися тільки способом теплового контакту: у першому випадку використаний так званий «сухий» контакт (рис. 8, ліворуч), у другому – «мокрый». Ємність другого охолоджувача було герметизовано силіконом і заповнено відстояною водою так, щоб її рівень у щільному проміжку між банкою (пляшкою) і ємністю був на 1 мм нижче торця ємності.

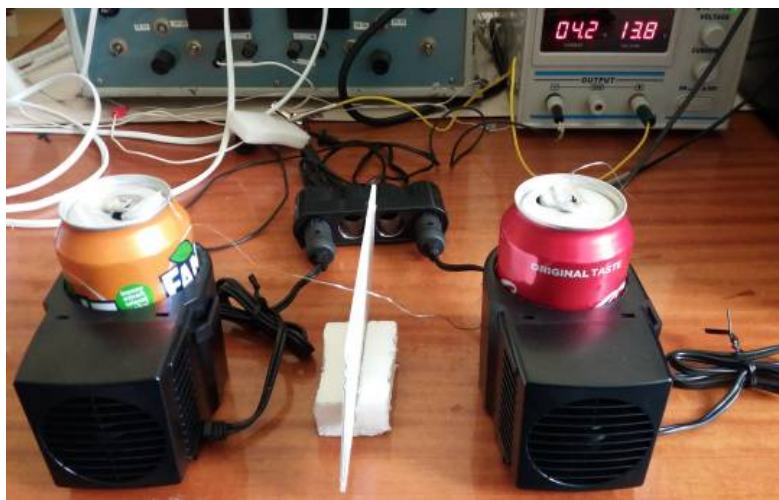


Рис. 8. Фрагмент схеми порівняльних випробувань охолоджувачів напоїв *Car mini-cooler* ФМ 201.001.

Два випробовувані охолоджувачі відрізнялися способом організації теплового контакту між об'єктом охолодження і ємністю. У першому охолоджувачі (на рис. 8 ліворуч) контакт банки діаметром 66 мм із ємністю відбувався через тонкий повітряний зазор, а в другому – через шар залитої в ємність рідини. У випадку охолодження банки в ємність було залито 15.0 г води, у випадку пляшки – 62.2 г.<sup>3</sup>

Метою експериментів було визначення впливу умов теплообміну між банкою (пляшкою) і ємністю на динамічні характеристики охолоджувача, а саме швидкості й часу охолодження в

<sup>3</sup> Зовнішній діаметр пластикової пляшки в області робочої зони становив близько 56 мм.

різних умовах експлуатації. Додатковою метою була верифікація технічних характеристик обладнання, що подається виробником в інструкції для експлуатації.

### Умови проведення експерименту та опис випробувального стенду

Температура в приміщенні лабораторії стабілізувалася на рівні  $25 \pm 0.3$  °C за допомогою побутового кондиціонера типу *split*. Усі початкові температури були рівні між собою й дорівнювали температурі в приміщенні.

Спрощену схему стенду показана на рис. 9. Охолоджувачі були включені паралельно й живились від лабораторного джерела D3010 через автомобільний подовжувач з роздільником (рис. 8). Вимірювання температур здійснювався терморезисторами типу *J*, підключеними до 8-канального вимірювача AR206. Маса напоїв, пляшок і води вимірялась на лабораторних терезах Radwag WPS 510/C/1 із ціною поділки 1мг.

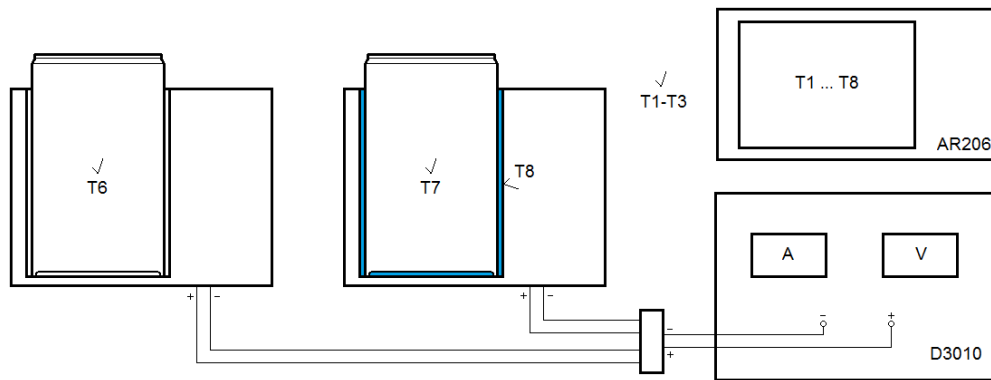


Рис. 9. Спрощена схема експериментального стенду;  
T 1-T9 місця встановлення датчиків температури.

Перед початком випробувань кожен охолоджувач підключався до джерела живлення окремо, і фіксувалися струм, який протікає через нього та споживана потужність. Величини струмів, виміряні приладом з ціною поділки 0.01 А в однакові відрізки часу від моменту включення охолоджувачів, відрізнялися не більше ніж на 0.02 А. Це означає, що різниця внутрішнього омичного опору охолоджувачів була мінімальною і її впливом на результат порівняльних випробувань можна знехтувати.

Під час випробувань кожні 5 хв. від моменту включення охолоджувачів до стабілізації температури напоїв<sup>4</sup> контролювалися наступні параметри:

- температури напоїв у геометричному центрі банки (пляшки);
- температура повітря в приміщенні в трьох точках з наступним усередненням зафіксованих значень, причому усі три датчики температури перебували на рівні верхнього краю ємності охолоджувачів на відстані 10...30 см від них (рис. 9);
- температура води в проміжку між пляшкою і ємністю з періодичним контролем її зміни за висотою ємності;
- струм і напруга живлення двох охолоджувачів.

Випробування охолоджувачів проводилися при двох значеннях напруги їх живлення:

<sup>4</sup> Згідно [1], під стабілізацією температури розумієм такий стан, за якого протягом 30 хвилин температура напою не змінюється більше, ніж на 0.1 °C



12.0 В – відповідає живленню від акумулятора автомобіля під час його стоянки,

13.8 В – відповідає живленню від бортової мережі (генератора), при включеному двигуні автомобіля.

### Результати випробувань і їх обговорення

Результати випробувань у вигляді залежності зміни температури в часі представлено на малюнках рис. 10 і 11, а співставлення дійсних і задекларованих виробником технічних характеристик міститься в табл. 1.

*Таблиця 1*

*Порівняння технічних характеристик охолоджувача Car mini-cooler ФМ 201.001 заявлених виготовлювачем в Інструкції з експлуатації та виміряних у результаті лабораторних випробувань*

Характеристики	Заявлені	Обмірювані	
		12	13.8
Напруга живлення, V	12	12	13.8
Струм, А	2.3	2.35 (стартовий період) 1.8 (середня величина в період охолодження)	5.1 (стартовий період) 4.2 (середня величина в період охолодження)
Максимальне зниження температури напою відносно навколишньої температури, °С	15	17	19
Середня швидкість охолодження, °С/хв	0.5	0.30	0.39
		(перші 15 хв. роботи)	(перші 15 хв. роботи)
		0.28	0.36
		(перші 30 хв. роботи)	(перші 30 хв. роботи)
		0.22	0.26
		(перші 60 хв. роботи)	(перші 60 хв. роботи)
Об'єм напою, мл	330	330,2	332.0

Представлені в табл. 1 дані стосуються охолодження банок з водою об'ємом 0.33 л, як показано на мал. 8. Вплив виду напою на час його охолодження виявляється через різницю в питомій масовій теплоємності  $c$ . Відомо, що найбільшою теплоємністю серед усіх відомих на Землі рідин володіє вода, а отже, час охолодження одиниці маси води буде найбільшим. Для чистої води  $c_w = 4.19$  кДж/(кг·К) за температури 20 °С<sup>5</sup>. Безалкогольні напої, такі як Кола, Фанта й т.п., мають близькі до води значення  $c$ , що лежать у границях 4.13...4.16 кДж/кгК. Це означає, що розрахункове скорочення часу охолодження цих напоїв у порівнянні з водою не перевищує 1% і в інженерних розрахунках та експериментах може не враховуватися. Для натуральних соків і слабоалкогольних напоїв (табл. 2) величина  $c$  уже стає меншою за 4.0 кДж/кгК, а, отже, скорочення часу охолодження може становити 5-7%. Але слід пам'ятати,

<sup>5</sup> Саме цю температуру прийнято в якості температури порівняння, оскільки вона є середньою у типовому процесі охолодження напою от 25...27 °С до 10...15 °С.

що для соків згадане скорочення не буде пропорційно зменшенню теплоємності; воно буде менше, тому що деякі соки, такі як томатний, персиковий, сливовий, легше води.

При збільшенні змісту спирту в напої  $c$  зменшується. При змісті спирту понад 7 % вплив питомої теплоємності слід ураховувати. Методику розрахунків часу охолодження напою в термоелектричному охолоджувачі буде представлено у другій частині статті.

Таблиця 2

*Питома масова теплоємність  $c$  [кДж/кгК] деяких напоїв при температурі 20°С  
(джерело: інформація виробників, дистриб'ютерів, інформація з довідників і інших загальнодоступних даних з інтернет-сторінок)*

Вода	4.19	Томатний сік	3.98
Пиво	3.85...3.94*	Яблучний сік	3.85
Молоко	3.77...3.94**	Апельсиновий сік	3.73...3.89***
Горілка (40°)	3.96	Малиновий сік	3.89
Сухе вино	3.75	Полуничний сік	3.94
Кріплене вино	3,69	Вишневий сік	3.85
Коктейль слабоалкогольний	4.04...4.10*	Виноградний сік	2.80...3.69***
Коньячний спирт	2.42	Ананасовий сік	3.77

\* - залежно від вмісту алкоголю

\*\* - залежно від жирності й вмісту сухих речовин

\*\*\* - залежно від вмісту сухих речовин

Аналіз даних з табл. 1 показує, що струм живлення та максимальний рівень зниження температури напою виробник подає для напруги живлення 12 В постійного струму. Реальні характеристики виявилися краще, ніж декларовані. Інакше виглядає ситуація з темпом охолодження. Декларовану швидкість охолодження 0.5°С/хв не вдалося одержати в жодному із проведених експериментів. Швидше всього напій проохолоджувався в часовому інтервалі між 5-ю та 10-ю хвилинами після включення зі швидкостями, які відповідно дорівнювали 0,36°С/хв при  $U = 12\text{В}$  і 0.46°С/хв при  $U = 13.8\text{В}$ . Додаткові випробування, проведені за стартової температури напою й навколишнього повітря 27°С<sup>6</sup>, не виявили істотних відмінностей у темпі охолодження в порівнянні з випробуваннями при температурі 25°С.

У ході випробувань зафіксовано істотну різницю температурних і динамічних характеристик охолоджувача залежно від напруги живлення. При напрузі 13.8 В у порівнянні з напругою 12 В глибина охолодження збільшується на 2 градуса, а середня швидкість охолодження на 22...25 %.

Значно гірші результати були отримані у випадку охолодження соку в пляшці. Це стосується як глибини охолодження, яка склала тільки 7°С, так і швидкості охолодження – у середньому 0.1°С/хв. Головна причина цього погіршення динамічних характеристик – збільшений повітряний проміжок між ємністю й пляшкою. Даний результат є додатковим свідченням на користь використання «мокрого» контакту.

<sup>6</sup> На пакувальній коробці охолоджувача зображено графік, який показує динаміку зниження температури напою від температури 27°С.

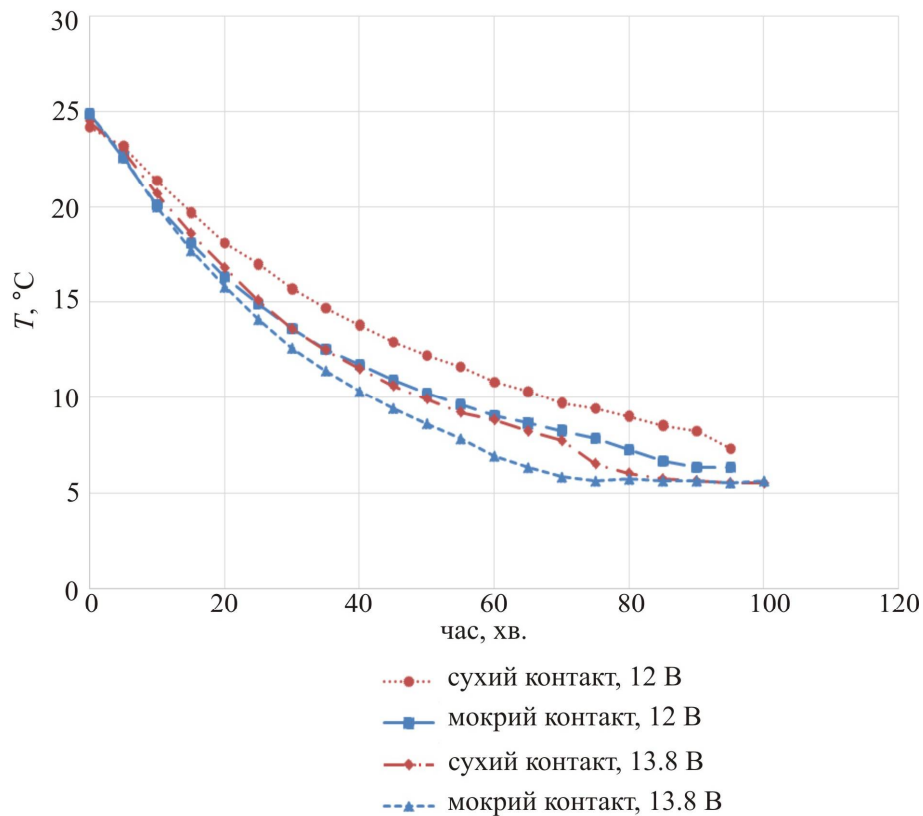


Рис. 10. Порівняння швидкості охолодження банок з водою 0.33 л у присутності води в зазорі («мокрый» контакт) і без води («сухий» контакт) у ємності охолоджувача Car mini-cooler ФМ 201.001 для двох напруг його живлення.

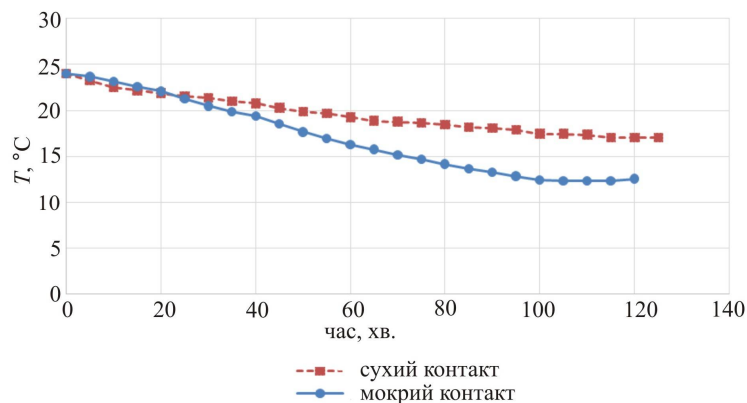


Рис. 11. Порівняння швидкості охолодження пляшок із соком 0.3 л у присутності води в зазорі («мокрый» контакт) і без води («сухий» контакт) у ємності охолоджувача Car mini-cooler ФМ 201.001.

Аналіз графіків, представлених на рис. 10 і 11, показує істотне поліпшення динамічних характеристик охолоджувача незалежно від типу напою і його впакування. Приміром, охолодження напою на  $10\text{ }^\circ\text{C}$  нижче початкової температури, яка, як правило, дорівнює навколишній температурі, при наявності води в зазорі ємність-банку відбувається протягом 25 хвилин, а без води – протягом 34 хвилин. Це на 26.5 % швидше. Представлені цифри стосуються охолодження алюмінієвої банки 0.33 л при напрузі живлення 12 В. Аналогічно для

напруги живлення 13,8 В ці ж показники виглядають так: 22.5 хв., 27 хвилин, прискорення – 16.7 %.

У випадку охолодження пляшки із соком перевага «мокрого» контакту починає виявлятися через 20 хвилин після включення (рис. 11). Це пов'язане з відносно великою масою води, залитої в ємність. Протягом перших 15 хвилин частина холодопродуктивності модуля витрачається на охолодження цієї додаткової маси води. Зате протягом 95 хв. вдається знизити температуру напою до 12,9 °С, що на 5 градусів нижче, ніж для варіанта з «сухим» контактом.

## Висновки

1. Виготовлювачі сучасних автомобільних і побутових охолоджувачів-підігрівників напоїв не використовують просте й ефективне приймання збільшення швидкодії цих пристроїв, а саме т.зв. «мокрый» контакт банки або пляшки з ємністю охолоджувача.
2. Проведені автором експериментальні дослідження дозволили кількісно оцінити позитивний ефект від застосування згаданого рішення. Швидкість охолодження обраного для експериментів обладнання в присутності води виросла на 16...26 %.
3. Очікується, що в спеціально спроектованому охолоджувачі з «мокрим» контактом вдасться одержати ще кращі результати, збільшуючи швидкодію на 30...35 %.
4. Роботи зі створення такого охолоджувача проводяться на кафедрі кондиціонування й холодильного транспорту Західноморського технологічного університету в Щецині. Результати лабораторних випробувань зразка охолоджувача будуть пізніше опубліковані.

## Література

1. Filin S., Owsicki A.: *Zasady projektowania i eksploatacji chłodziarek termoelektrycznych*. ZAPOL, Szczecin, 2010 – 168 s.
2. Filin S., Jasińska B.: *Efektywność energetyczna transportowych chłodziarek termoelektrycznych. Energetycznie efektywne rozwiązania urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła. XLV Dni Chłodnictwa*. Poznań. 13-14.11.2013, p. 63-74.
3. Filin S.O.: *Comparative analysis of energy characteristics of contemporary thermoelectric refrigerators*. *Journal of Thermoelectricity*. 2017, n.6, p.83-91.
4. Sergiy Filin: *Technika i technologia produkcji lodu spożywczego*. Masta, Gdańsk, 2006.
5. Л.Анатычук, С.Філін, Е.Данько. *Cool before drinking*. Офіс, 1998, № 5, с. 39-40.
6. Sergiy Filin: *Współczesne transportowe chłodziarki do napojów*. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*, 2002, n. 2, p. 60-62 .
7. Самоохлаждающаяся жерстяна банка для пива. <http://forum.beermir.com/viewtopic.php?t=1808&postdays=0&postorder=asc&start=25>
8. [http://mirbeer.blogspot.com/2014/02/blog-post\\_24.html](http://mirbeer.blogspot.com/2014/02/blog-post_24.html)
9. [http://personal-security.ru/lichnaja-bezopasnost/avto-i-velo-aksessuary-dlja-bezopasnostiikomforta? product\\_id=7392](http://personal-security.ru/lichnaja-bezopasnost/avto-i-velo-aksessuary-dlja-bezopasnostiikomforta? product_id=7392)
10. Автомобільні охолоджувачі напоїв: не айс! <https://www.zr.ru/content/articles/679099-avtomobilnye-oxladiteli-napitkov-ne-ajs/> 04.08.2014

Надійшла до редакції 28.02.2018

**Филин С.О.** доктор техн. наук

Западнопоморский технологический университет в Щецине  
аллея Пиастов 17, Щецин, 70-310, Польша  
e-mail: [Sergiy.Filin@zut.edu.pl](mailto:Sergiy.Filin@zut.edu.pl)

## **ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО КОНТАКТА ПОВЕРХНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НАПИТКОВ**

*В статье рассматриваются конструктивные и эксплуатационные характеристики современных термоэлектрических охладителей и подогревателей напитков, в частности динамические характеристики. Приведены результаты сравнительных испытаний, показывающие влияние условий теплообмена между банкой (бутылкой) и контейнером охладителя на скорость охлаждения напитка. Заполнение щели между бутылкой с напитком и ёмкостью охладителя позволяет существенно повысить быстродействие охладителя. Например, время охлаждения напитка от 25°C до 10°C в испытуемом охладителе снизилось с 67 до 50 минут. Библиография, рис. 11, табл. 2.*

**Ключевые слова:** охладитель/подогреватель напитков, темп охлаждения, условия теплообмена, экспериментальные исследования

**S.O. Filin** Doctor of Tech. science

West Pomeranian University of Technology, Szczecin  
17, al. Piastow, Szczecin, 70-310, Poland  
e-mail: [Sergiy.Filin@zut.edu.pl](mailto:Sergiy.Filin@zut.edu.pl)

## **THE INFLUENCE OF THERMAL CONTACT BETWEEN COOLING SURFACE AND OBJECT ON THE SPEED OF THERMOELECTRIC BEVERAGE COOLERS**

*This article describes the design and operational features of modern thermoelectric beverage coolers and heaters, in particular, their dynamic characteristics. The results of comparative tests show the influence of the heat exchange conditions between the can (bottle) and the cooler container on the beverage cooling rate. Filling the gap between the beverage bottle and the cooler container allows significant improvement of the high-speed performance of the cooler. For example, the time of beverage cooling from 25°C to 10°C in the cooler under test has decreased from 67 to 50 minutes. Bibliography, Fig. 11, table. 2.*

**Key words:** beverage cooler/heater, cooling rate, heat exchange conditions, experimental tests

### **References**

1. Filin S., Owsicki A. (2010). *Zasady projektowania i eksploatacji chłodziarek termoelektrycznych*. ZAPOL: Szczecin.



2. Filin S., Jasińska B. (2013). Efektywność energetyczna transportowych chłodziarek termoelektrycznych. Energetycznie efektywne rozwiązania urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła. *XLV Dni Chłodnictwa (Poznań. 13-14.11.2013)*, p. 63-74.
3. Filin S.O. (2017). Comparative analysis of energy characteristics of contemporary thermoelectric refrigerators. *J. Thermoelectricity*, 6, 83-91.
4. Sergiy Filin. (2006). *Technika i technologia produkcji lodu spożywczego*. Masta: Gdańsk.
5. Anatyshuk L., Filin S., Danko E. (1998). Cool before drinking. *Office*, 5, 39-40.
6. Sergiy Filin. (2002). Współczesne transportowe chłodziarki do napojów. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna* 2, 60-62 .
7. Self-cooled can for beer. Retrieved from: <http://forum.beermir.com/viewtopic.php?t=1808&postdays=0&postorder=asc&start=25>
8. Retrieved from: [http://mirbeer.blogspot.com/2014/02/blog-post\\_24.html](http://mirbeer.blogspot.com/2014/02/blog-post_24.html)
9. Retrieved from: [http://personal-security.ru/lichnaja-bezopasnost/avto-i-velo-aksessuary-dlja-bezopasnostiikomforta?product\\_id=7392](http://personal-security.ru/lichnaja-bezopasnost/avto-i-velo-aksessuary-dlja-bezopasnostiikomforta?product_id=7392)
10. Automobile coolers for beverages: no ice! Retrieved from: <https://www.zr.ru/content/articles/679099-avtomobilnye-oxladiteli-napitkov-ne-ajs/> 04.08.2014

Submitted 28.02.2018