

Анатичук Л.І., *акад. НАН України*<sup>1,2</sup>

Гаврилюк М.В.<sup>1</sup>



*Анатичук Л.І.*

<sup>1</sup> Інститут термоелектрики НАН та МОН України,  
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;

<sup>2</sup> Чернівецький національний університет імені  
Юрія Федьковича,

вул. Коцюбинського 2, Чернівці, 58012, Україна

*e-mail: anatyuk@gmail.com*



*Гаврилюк М.В.*

## ТЕСТЕР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАМЕРЗАННЯ АНТИФРИЗУ

*Наведено результати розробки тестера для експериментального вимірювання температури замерзання антифризу. У тестері використовується пряме вимірювання температури антифризу при його охолодженні до температури замерзання з допомогою термоелектричного модуля. У конструкції тестера застосована оптимізована теплообмінна система, що дозволила створити компактний недорогий пристрій, доступний як рядовим автолюбителям так і підприємцям, які займаються автосервісом.*

**Ключові слова:** антифриз, тосол, тестер, температура замерзання.

### Вступ

*Актуальність проблеми.* Антифриз – охолоджуюча рідина, поряд з моторним маслом, тормозною рідиною, паливом, є однією з головних функціональних рідин автомобіля. Неполадки в системі охолодження в сильні морози зазвичай виникають, якщо впродовж року в розширювальний бачок доводилось доливати воду. Це веде до зміни пропорції води у суміші з етиленгліколем і, відповідно, до підвищення температури замерзання. Хоча розведений водою антифриз і не замерзне, як вода, однак, перетворившись в гель або густу суміш з частинками льоду, викличе проблеми з циркуляцією в системі охолодження і прискорене зношування водонасосу.

Сьогодні ринок антифризів (тосолів) є досить строкатим. Підробки, які не мають нічого спільного зі справжнім тосолом переповнили прилавки магазинів і ринків.

Виникає питання, як відрізнити справжній тосол від підробки, або ж, як перевірити якість старого антифризу. Допомогти дати відповідь на це питання повною мірою може застосування термоелектричного охолодження в розробці спеціальної апаратури для контролю якості антифризів.

*Аналіз літератури.* На відміну від води – антифриз, є водно-етиленгліколевим розчином, замерзає у декілька етапів. Вода замерзає «миттєво», а антифриз замерзає поступово: в процесі охолодження, при деякій від'ємній температурі у рідині починають утворюватися кристалики. Потім, при подальшому охолодженні рідини, кількість кристаликів у ній зростає – виникає щось подібне до каші, і, нарешті, за деякої нижчої кінцевої температури ця суміш рідини з кристаликами льоду твердне. Початкова температура утворення першого кристалу називається «температура початку кристалізації». Кінцева температура переходу із рідкого у твердий стан називається «температурою втрати текучості» або «температурою застигання».

Існують різні методики у визначення температури замерзання антифризу. Зазвичай користуються «температурою початку кристалізації». У країнах СНД цей показник описано у нормативних документах, розроблених на основі ГОСТ 28084-89. В Європі, однак, частіше використовують поняття «температура захисту від замерзання». Вона визначається як середнє арифметичне між «температурою початку кристалізації» та «температурою застигання». Це прописано у методиці ASTM D1177.

Існує багато лабораторно-побутових приладів для вимірювання «температури початку кристалізації» у «польових» умовах. У разі використання таких приладів антифриз не заморожується до появи кристалів, а вимірюються інші його характеристики – густина або показник заломлення, які пов'язані з концентрацією етиленгліколю у розчині і, отже, з температурою замерзання. Перший тип таких «лабораторно-побутових приладів – це ареометр занурення («поплавець»). Він опускається в рідину, і за глибиною його занурення можна судити про густину, а, отже, і про температуру замерзання даної рідини. Іноді вимірювальну шкалу таких ареометрів (їх також називають «ареометр-гідрометр») градуують не як зазвичай у грамах на кубічний сантиметр, а одразу у градусах Цельсія, або у процентах вмісту етиленгліколю у розчині. Типовим представником цього класу приладів є «Ареометр-гідрометр АЕГ / тосол, антифриз/», рис. 1.



Рис. 1. Ареометр-гідрометр АЕГ / тосол, антифриз.

Слід мати на увазі, що кожен такий ареометр-гідрометр градуйовано під певну рідину, наприклад на «Тосол АМ» або на водно-етиленгліколевий розчин, і при вимірюванні іншого антифризу він буде давати похибку до 5 градусів. Користуючись ареометром-гідрометром слід враховувати три обставини.

По-перше, цей прилад реально вимірює густину рідини, а не температуру замерзання. Тому замір, виконаний ареометром-гідрометром, може служити лише індикатором, оцінкою температури замерзання, але не кваліфікаційним тестом.

По-друге, всі антифризи (і тосоли) містять у своєму складі, окрім води та етиленгліколю, пакети присадок, які відрізняються між собою за кількістю та за густиною. Тому різні антифризи при розбавленні водою мають різні залежності густини від температури замерзання, хоч і схожі між собою.

По-третє, при вимірюваннях ареометром-гідрометром слід чітко дотримуватись заданої температури вимірюваної рідини. Відомо, що всі тіла при нагріванні розширюються, в тому числі антифриз. Тому один і той самий антифриз буде мати різну густину на вулиці і в теплому приміщенні. Відповідно покази ареометра-гідрометра будуть різними: на вулиці антифриз виявиться «добрим», а у приміщенні цей же антифриз вже стане «поганим». Для переважної більшості таких приладів передбачається проведення вимірювань за температури рідини чітко плюс 20 °С.

Другий тип «лабораторно-побутових» приладів – це рефрактометри. Фактично цей прилад вимірює оптичну характеристику антифризу – показник заломлення, який також пов'язаний зі ступенем розведення концентрату антифризу водою та з температурою початку його кристалізації. Точність визначення температури початку кристалізації антифризу з його допомогою складає  $\pm 1$  °С. Типовими представниками рефрактометрів є лабораторний «Рефрактометр ІРФ 454Б2 М» або кишеньковий «Refraktometr VBC4T», рис. 2.



Рис. 2. Рефрактометри: а) – лабораторний ІРФ 454Б2М, б) – карманний VBC4T.

При користуванні рефрактометром слід дотримуватися правил і обережностей, описаних при роботі з аерометрами. Вимірювання проводити при температурі рідини чітко плюс 20 °С. Користуватися таблицею переведення показника заломлення в температуру початку кристалізації для даної марки антифризу. Якщо у кишенькового рефрактометра вимірювальна шкала уже задана в градусах Цельсія, слід мати на увазі, що ця шкала адаптована до якогось конкретного антифризу, швидше за все до суміші етиленгліколю і води. Такий прилад може служити тільки для індикації (оцінки) температури початку кристалізації.

Поряд з приладами, побічно визначальними температуру замерзання антифризу, існують і апарати для прямого вимірювання температури замерзання, що працюють за принципом реального охолодження антифризу з одночасним контролем за станом рідини. Наприклад, серія автоматичних апаратів для визначення температури початку кристалізації нафтопродуктів АТКт-01, АТК-02, АТЗ-01.



Рис. 3. Прилад АТК-02.



Рис. 4. ІНВН "КРИСТАЛЛ".

Технологічний блок таких приладів являє собою кріостат з вбудованою в ньому випробувальною коміркою. Кріостат складається з алюмінієвого стакана, куди в процесі аналізу поміщається пробірка з продуктом. З двох протилежних сторін стакана розміщуються вузли охолодження, що складаються з напівпровідникових мікрохолодильників і радіаторів. У процесі аналізу через радіатори безперервно протікає холодоагент. Із-за високої ефективності напівпровідникових холодильників, температура в стакані може бути на декілька десятків

градусів нижче температури холодоагенту, що дозволяє, в більшості випадків, використовувати в якості холодоагенту звичайну водопровідну воду з температурою не вище 20 °С.

Інший приклад Вимірювач низькотемпературних показників нафтопродуктів ІНВН "КРИСТАЛЛ".

Прилад має багато функціональних можливостей, в ньому також температура кристалізації визначається автоматично шляхом аналізу характеру зміни температури.

Однак наряду з високою точністю вимірювань вказані апарати достатньо складні в експлуатації, мають великі масогабаритні розміри і, як наслідок, мають високу вартість (порядка 5 – 7 тис. \$). Тому можливість придбати їх мають хіба що великі підприємства [1 – 4].

### Опис результатів розробки

В ІТЕ розроблено і виготовлено простий у експлуатації тестер, який призначено для експериментального визначення температури замерзання антифризу (або інших неагресивних рідин). Тестер позбавлений недоліків, притаманних рефрактометрам та ареометрам (може визначати температуру замерзання практично будь якої неагресивної рідини, яка потрапляє у робочий діапазон вимірювань – від температури навколишнього середовища – 50 °С), має високу точність вимірювань і невисоку вартість.

#### *Технічні характеристики тестера*

Обсяг проби, мл (Ø краплі, мм)	0.03 – 0.1 (2 – 3)
Гранична температура охолодження робочої площадки, °С	мінус 50
Ціна найменшого розряду цифрового табло, °С	0.1
Похибка визначення температури початку кристалізації, °С	1
Похибка визначення температури застигання, °С	2
Максимальний час вимірювання температури початку кристалізації, хв.	2
Максимальний час вимірювання температури застигання, хв.	3
Мінімальний час між повторними вимірюваннями, хв.	5
Температурний діапазон експлуатації тестера, °С	от – 10 до + 30
Напруга живлення, В	12 DC
Потужність, не більше, Вт	15
Габарити, без АС/DC адаптера, мм	60 x 60 x 80
АС/DC адаптера 220V/12V, 2 А макс, мм	90 x 45 x 70
Маса, без АС/DC адаптера, не більше, кг	0.3
АС/DC адаптера, не більше, кг	0.1

Принцип дії тестера – поступове охолодження краплі антифризу, вміщеної у заглибині робочої площадки з одночасним вимірюванням температури цієї площадки та візуальним контролем агрегатного стану краплі. Виконавчий охолоджувальний елемент приладу – термоелектричний модуль Пельтьє. Відведення тепла від термоелектричного модуля здійснюється за допомогою ребристого радіатора з вентиляторним продувом. Шляхом комп’ютерного моделювання було оптимізовано теплообмінну систему – робоча площадка з краплею антифризу – модуль Пельтьє – радіатор з вентилятором. У тестері використано двокаскадний малопотужний термоелектричний модуль, що поряд з високоефективним DC/DC перетворювачем напруги дозволило зробити тестер достатньо компактним і швидкодіючим.

Будову тестера для визначення температури замерзання антифризу зображено на рис. 5, а його електрична схема – на рис. 6.

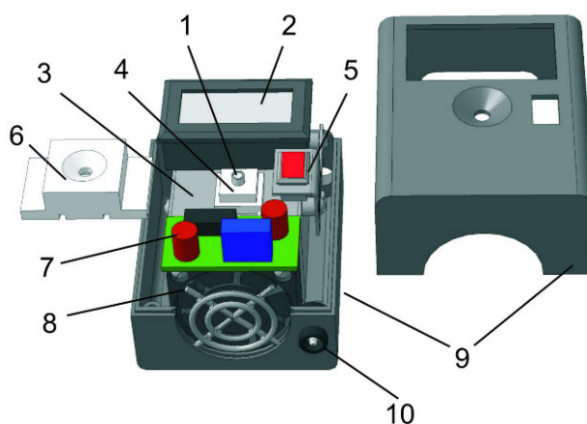


Рис. 5. Будова тестера. 1 – робоча площадка, 2 – цифровий термометр, 3 – радіатор, 4 – термоелектричний модуль, 5 – вимикач, 6 – пенопластова теплоізоляція модуля, 7 – DC / DC перетворювач, 8 – вентилятор, 9 – корпус, 10 – вхідний раз’єм живлення.

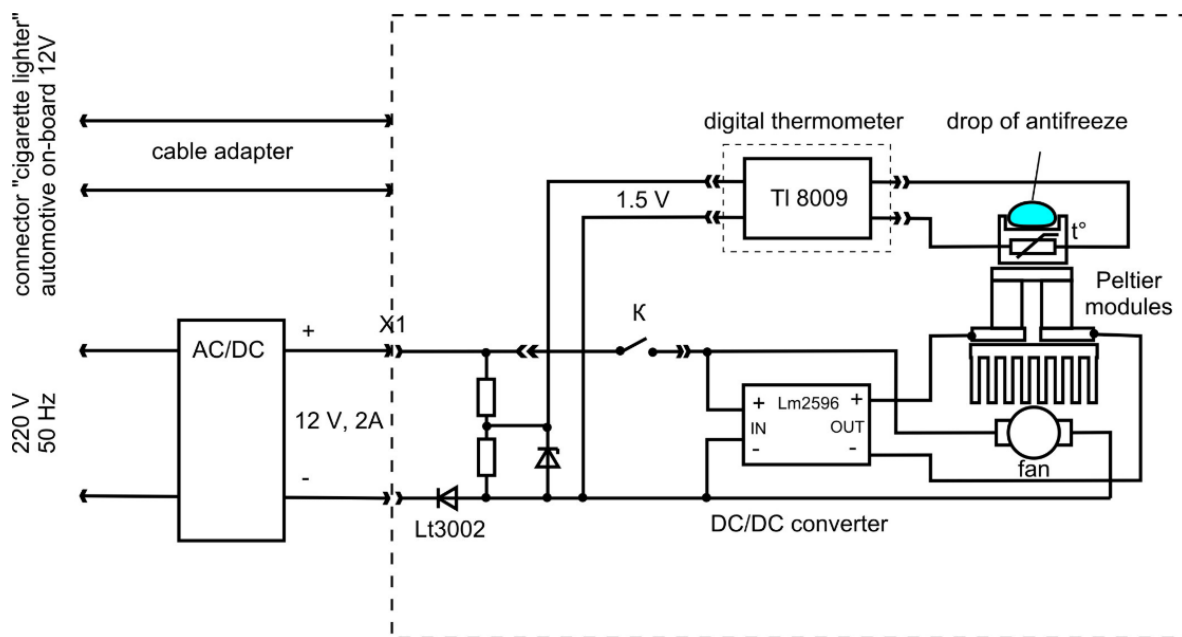


Рис. 6. Електрична схема тестера.

Робоча площадка приладу – 1 приклеєна у центральній частині охолоджувальної сторони модуля Пельтьє – 4. Пасивну (гарячу) сторону модуля закріплено на ребристому радіаторі – 3. Збоку, вздовж ребер, до радіатора прикріплено повітряний вентилятор – 8. Ці елементи утворюють теплообмінний вузол. Вузол за допомогою кронштейна закріплено у корпусі – 9, стінки якого додатково відокремлюють холодну та гарячу сторону цього вузла. В корпусі розміщено цифровий термометр – 2, вимикач – 5 та елементи живлення термометра і модуля. З боку вентилятора, у корпусі є отвір для надходження повітря, а з протилежного – отвір для його виходу. Ці отвори закрито декоративно-захисними сітками.

Вхідна напруга з роз'єднувача Х1, через захисний діод надходить на дільник напруги що, живить цифровий термометр. З цього ж роз'єднувача напруга через вимикач К надходить на вентилятор і на DC / DC перетворювач, який виробляє стабілізовану напругу для живлення модуля Пельтьє.

В тестері використано стандартний цифровий термометр, давач температури якого, знаходиться у призначеному для нього отворі у робочій площадці

Тестер укомплектовано мережевим блоком живлення. Адаптер, за вхідної напруги 110 – 240 В з частотою 50 – 60 Гц має вихідну напругу 12 В сталого струму, силою до 2 А. Також до комплекту тестера входить кабель-перехідник для живлення від бортової мережі, автомобіля напругою 12 В.

Зовнішній вигляд тестера зображено на рис. 7.



Рис. 7. Зовнішній вигляд тестера для вимірювання температури замерзання антифризу.

*Робота з тестером.* При підключенні тестера до джерела живлення на табло термометра відображається температура робочої площадки (фактично – температура навколишнього середовища). З допомогою піпетки, або іншим доступним способом, в заглиблення робочої площадки поміщається невелика (діаметром 2 – 3 мм) крапля антифризу.

При включенні клавіші живлення тестера, робоча площадка разом з краплею розпочинає охолоджуватися. Спостерігаючи одночасно за агрегатним станом краплі і показами термометра, визначають температуру замерзання рідини за помутнінням краплі. При подальшому охолодженні краплі антифризу помітний деякий стаціонарний процес, коли енергія модуля витрачається на утворення кристаликів антифризу, а при їх насиченні, температура уже застиглої краплі знову починає понижуватися. Динаміка охолодження краплі антифризу показана на рис. 8.

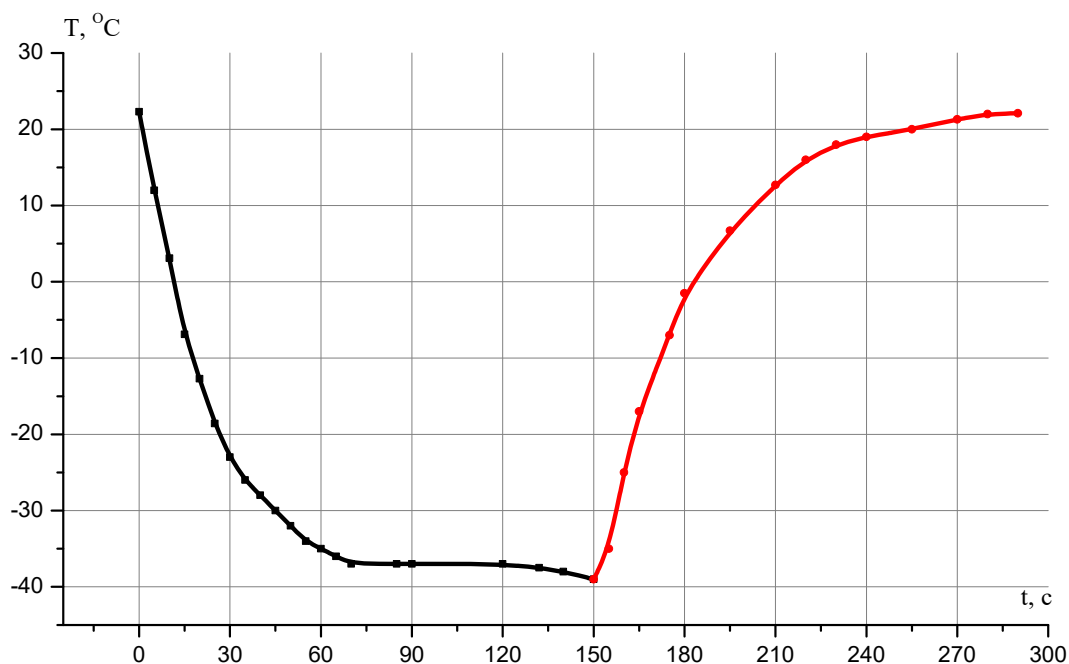


Рис. 8. Динаміка замерзання-розмерзання краплі антифризу на робочій площадці тестера.

При вимкненні живлення модуля Пельтьє процес іде у зворотному порядку, але спостерігається додаткове надходження тепла з перегрітого, відносно навколишнього повітря, радіатора.

Після закінчення вимірювання краплю антифризу слід зняти з робочої площадки з допомогою серветки або іншим абсорбуючим матеріалом.

## Висновок

Розглянутий тестер для визначення температури замерзання антифризу завдяки своїй компактності, простоті в експлуатації і невисокій ціні безумовно зацікавить як рядових автомобілістів, так і підприємців, які займаються реалізацією автомобільних рідин і сервісним обслуговуванням автомобілів

## Література

1. О.М. Gol'tyaev. The truth about cooling fluids. [http://www.cool-stream.ru/pravda\\_ozh](http://www.cool-stream.ru/pravda_ozh)
2. How to measure the freezing point of the heating medium correctly. [http://netet.ru/publications/2010/09/08/publications\\_238.html](http://netet.ru/publications/2010/09/08/publications_238.html)
3. "CRYSTAL" measuring device for low-temperature indicators of oil products. <http://www.shatox.ru/crystal.htm>
4. Antifreeze device. Refractometer. [http://www.wuerthmarket.ru/products/by\\_category/60/09/04/1635/](http://www.wuerthmarket.ru/products/by_category/60/09/04/1635/)

Надійшла до редакції: 18.10.2022.

**Anatychuk L.I., Acad. NAS Ukraine** <sup>1,2</sup>  
**Havryliuk M.V.** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine, 1 Nauky str.,  
Chernivtsi, 58029, Ukraine;

<sup>2</sup>Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2 Kotsiubynskyi str.,  
Chernivtsi, 58000, Ukraine  
*e-mail: anatych@gmail.com*

## **DEVICE FOR DETERMINING ANTIFREEZE FREEZING POINT**

*The results of the development of the device for experimental measurement of antifreeze freezing point are provided. The device applies a direct measurement of antifreeze temperature upon its cooling to the freezing point using a thermoelectric module. An optimized heat exchange system, which has contributed to the development of a compact inexpensive device, available both to ordinary car enthusiasts and entrepreneurs dealing with car maintenance services, is used in the device design.*

**Key words:** antifreeze, tosol, tester, freezing temperature.

### **References**

1. O.M. Gol'tyaev. The truth about cooling fluids. [http://www.cool-stream.ru/pravda\\_ozh](http://www.cool-stream.ru/pravda_ozh)
2. How to measure the freezing point of the heating medium correctly.  
[http://netet.ru/publications/2010/09/08/publications\\_238.html](http://netet.ru/publications/2010/09/08/publications_238.html)
3. "CRYSTAL" measuring device for low-temperature indicators of oil products.  
<http://www.shatox.ru/crystal.htm>
4. Antifreeze device. Refractometer.  
[http://www.wuerthmarket.ru/products/by\\_category/60/09/04/1635/](http://www.wuerthmarket.ru/products/by_category/60/09/04/1635/)

Submitted: 18.10.2022.