

**Филин С.О.** доктор техн. наук



*Филин С.О.*

Западнопоморский технологический университет в Щецине  
аллея Пиастов, 17, Щецин, 70-310, Польша,  
*e-mail: sergiy.filin@zut.edu.pl*

**ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО 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. Библ. 10, рис. 11, табл. 2.*

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

## **Введение**

В последние два десятилетия в публикациях по термоэлектрическому охлаждению, в том числе и в материалах Международных форумов по термоэлектричеству, отмечается, что изготовители бытовых термоэлектрических изделий резко снизили требования к ряду технических характеристик, в основном ради снижения цены и энергопотребления этих изделий [1,2]. В свою очередь, низкая цена позволяет рассматривать такие изделия как не подлежащие ремонту, а значит, их жизненный цикл ограничивается несколькими годами. Современные термоэлектрические холодильники (как переносные, так и стационарные) значительно уступают своим предшественникам по создаваемому перепаду температур [3]. В результате срок хранения и ассортимент хранимых продуктов уменьшается.

Среди появляющихся на международном рынке холодильной техники предложений можно встретить переносные автохолодильники без теплоизоляции. Её роль играет 20-миллиметровая прослойка воздуха между корпусом и камерой. А это уже свидетельствует о том, что за производство холодильников взялись не профессионалы, в очередной раз дискредитируя саму идею термоэлектрического охлаждения.

В отличие от холодильников термоэлектрические охладители и подогреватели напитков относят к изделиям эпизодического действия. Для них характерно главенство динамических параметров над энергетическими. Речь идёт о времени охлаждения напитка от начальной до конечной температуры и средней скорости охлаждения. Для потребителя весьма существенно, чтобы это время было минимальным, особенно в поездке или на отдыхе, т.е. при отсутствии

других технических средств охлаждения. Если анализу динамических характеристик термоэлектрических льдогенераторов<sup>1</sup> посвящено очень много публикаций, патентов и даже монография [4], то охладители напитков явно остались обойдены вниманием. Немногочисленные публикации на эту тему приходится на перелом XX и XXI веков [5, 6].

Напомним нашим читателям, что в мире существуют и остро конкурируют между собой два принципиально разных подхода к охлаждению напитков: *европейский*, когда напиток охлаждается внешним источником холода без изменения состава напитка, и *американский*, при котором напиток охлаждается кусочками водного льда, растворяемом в напитке. Такое деление не означает, что оба способа охлаждения не распространены по всему миру, но предпочтения жителей Нового и Старого Света очевидно различны [4]. Европейский подход подразумевает как охлаждение напитка в его оригинальной упаковке, чему будет посвящена основная часть статьи, так и его охлаждение в специальной ёмкости или ёмкостях, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Типичный торговый (барный) охладитель напитков.

Торговые охладители обычно оснащены компрессорным холодильным агрегатом достаточно большой производительности, в связи с чем претензий к их быстродействию у потребителей не возникает. Ниже рассмотрим, как проблему быстродействия малых термоэлектрических охладителей напитков решают, или наоборот - не решают, их изготовители.

### Краткий анализ рынка современных термоэлектрических охладителей напитков

Начнём анализ с автомобильных устройств. Они характеризуются наибольшей численностью и простотой конструкции. Питание термоэлектрического агрегата осуществляется непосредственно от электрической сети транспортного средства 12...14 В постоянного тока, например, через гнездо прикуривателя автомобиля (рис. 2). Типичный современный охладитель напитков предназначен для охлаждения и подогрева напитков в металлических банках объёмом от 0.25 до 0.5 литра при унифицированном внешнем диаметре банки 66 мм. Банка с напитком вкладывается в открытую сверху металлическую ёмкость в виде стакана, выполненного из алюминия. Реже встречаются охладители на две банки [6]. Ёмкость имеет внутренний диаметр на 1-2 мм больше, чем диаметр банки. В щели между банкой и ёмкостью во время работы остаётся тонкая прослойка воздуха.

<sup>1</sup>Малые бытовые, офисные и барные льдогенераторы также относятся к изделиям эпизодического действия.

Всю разнородность конструкций охладителей можно свести к двум типам: с боковым и с нижним размещением агрегата. Кроме термоэлектрического модуля, в состав агрегата входит радиатор горячей<sup>2</sup> стороны модуля и вентилятор, предназначенный для обдува горячего радиатора. Количество элементов управления и автоматики также сведено к минимуму: переключатель режима работы со светодиодным индикатором плюс (в некоторых моделях) температурное реле защиты горячей стороны модуля от перегрева. Холодная сторона модуля через металлический теплопереход практически непосредственно контактирует с ёмкостью.



Рис. 2. Типичная конструкция автомобильного охладителя-подогревателя напитков в банках с боковым размещением агрегата.

Бытовой (или столовый) вариант охладителя (рис. 3) отличается от автомобильного наличием преобразователя переменного тока в постоянный AC/DC. Его наличие практически не оказывает влияния на динамические характеристики охладителя.



Рис. 3. Бытовые термоэлектрические охладители-подогреватели напитков с нижним размещением агрегата.

Только некоторые изготовители указывают в технических характеристиках своих изделий скорость или время охлаждения, причём, как правило, без уточнения, в каких условиях эта скорость измерена. Например, из информации, что скорость охлаждения напитка в банке 0.33

<sup>2</sup> При реверсивной работе устройства понятия «холодная» и «горячая» стороны модуля носят условный характер. Для упрощения описания эти названия принимаются для режима охлаждения напитка.

литра составляет  $0.3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , не ясно, в каком интервале температур измерена эта скорость, при какой окружающей температуре, при каком напряжении питания и т.д. Верификация характеристик некоторых охладителей, которая была проведена на нашей кафедре ещё в 2002 году, показала принципиальное соответствие измеренных и декларированных характеристик и позволила уточнить для потребителя, каким именно условиям эксплуатации соответствуют эти характеристики.

С того времени не произошло каких-либо революционных изменений в энергетической эффективности термоэлектрических модулей, что определило «заморозку» (стабилизацию) показателя скорости охлаждения напитков в термоэлектрических охладителях. Но это никак не соответствует ожиданиям потребителя. Именно поэтому немецкая фирма «Do-Tech GmbH» решила начать серийный выпуск банок для пива со встроенным змеевиком, заполненным углекислым газом под давлением. При открытии банки нарушается герметичность также и внутреннего объёма змеевика. В результате газ, выходя через малое отверстие, дросселируется, охлаждая содержимое банки в течение нескольких секунд [7].



Рис. 4. Быстродействующий охладитель немецкой фирмы Do-Tech GmbH [8].

Чем же ответят изготовители аналогичных термоэлектрических изделий? Как ни странно, замедлением скорости охлаждения. Некоторые «горе-конструкторы» в погоне за удешевлением своих изделий приносят в жертву их быстродействие и предлагают очень странные инновационные решения. Вот только некоторые из них.

Трудно понять, чем руководствовались авторы охладителя, показанного на рис. 5, уменьшая более чем в два раза и так небольшую поверхность контакта банки с ёмкостью охладителя, а точнее тем, что от неё осталось. Кроме увеличения времени охлаждения, устройство обладает рядом эксплуатационных недостатков: трудности с обеспечением теплового контакта банки с охладителем, с креплением устройства в автомобиле, с ориентацией в пространстве и т.д.

Ещё дальше пошли авторы и изготовители охладителей-подогревателей, питаемых от компьютера через порт USB (рис. 6). В этих изделиях поверхность контакта ограничена до металлической подставки диаметром 66-70 мм. Учитывая, что дно металлической банки вогнутое, и значительно сниженную холодопроизводительность модуля, можно и без экспериментальной проверки сделать вывод, что скорость охлаждения не превышает  $0.1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , что в 5-6 раз медленнее, чем в охладителях с питанием 12...14 В и изолированной ёмкостью. Уменьшение холодопроизводительности модуля связано с ограничением мощности порта USB: сила тока не может превышать 0.5 А. Современный серийный термоэлектрический модуль

рассчитан на ток питания от 2 до 4 А. Можно спроектировать и изготовить достаточно мощный (около 50 Вт максимальной холодопроизводительности) слаботочковый охлаждающий модуль, но это связано с миниатюризацией модуля, что, в свою очередь, ведёт к усложнению технологии и более чем 10-кратному росту цены модуля. В этих условиях охладители с такими модулями становятся неконкурентоспособными.



Рис. 5. Автомобильный термоэлектрический охладитель напитков производства АСТ, Красноярск, Россия.



Рис. 6. Охладитель-подогреватель, питаемый от компьютера через порт USB.

Чтобы повысить интерес потенциальных покупателей к своим изделиям некоторые изготовители используют приёмы, которые никак нельзя отнести к категории „fair play”. Например, изготовитель автомобильного охладителя „Smart Holder Hot” (рис. 3, в центре) декларирует, что это изделие «обеспечивает охлаждение банки или бутылки (!) до температуры  $-6^{\circ}\text{C}$  в течение 10 минут, а подогрев до температуры  $+60^{\circ}\text{C}$  – в течение 5 минут» [9]. Продавцы этого товара из интернет-магазина [www.sititek.ru](http://www.sititek.ru) вынуждены объяснять клиентам, что «упомянутые температуры достигаются за это время на стенке ёмкости, а сам напиток охлаждается несколько медленнее». Это «несколько медленнее» означает на практике от 40 до 70 минут. Лукавство или святая простота? Невозможно удержаться от того, чтобы не прокомментировать по существу этот «шедевр технической мысли». Итак:

- 1) большинство напитков, в том числе и слабоалкогольных, нельзя охлаждать до температуры  $-6^{\circ}\text{C}$ , т.к. они замёрзнут;
- 2) время охлаждения до желаемой температуры банки и бутылки одинаковой ёмкости с

тем же самым напитком будет разное;

3) чтобы предоставить потребителю полную и правдивую информацию, касающуюся динамических характеристик устройства, изготовитель должен указать: интервал температур охлаждения и подогрева напитка, например, от 25°C до 10°C; температуру окружающей среды; время охлаждения или среднюю скорость охлаждения в вышеупомянутом интервале; массу и тип охлаждаемого напитка; тип его упаковки. Аналогичные данные необходимо указать для режима подогрева.

4) если упомянутая в п.3 температура напитка не является средней по его объёму, следует указать точное место измерения этой температуры.

К сожалению, это не единственный пример попытки введения в заблуждение пользователей охладителей-подогревателей [10].

Только небольшая часть изготовителей охладителей обращает внимание пользователей на возможность охлаждения напитков в пластиковых и стеклянных бутылках. Одна из них – это известная на рынке транспортных холодильников фирма WAECO (рис. 7). Причина такой ситуации состоит не в том, что размеры ёмкости охладителя не соответствуют внешнему диаметру бутылки, а в том, что время охлаждения той же массы напитка, но в бутылке, оказывается примерно в 2 раза больше. Поэтому изготовители не заинтересованы в раскрытии такой невыгодной для них информации.



Рис. 7. Термоэлектрический охладитель-подогреватель напитков  
WAECO MyFridge, модель MF-1F-12/24.

В электрических бытовых подогревателях детского питания внутренний диаметр ёмкости в среднем на 5...8 мм больше, чем диаметр бутылки. В них содержимое бутылки подогревается в «водяной бане», что не только ускоряет процесс по сравнению с «сухим» охлаждением, но и позволяет дольше сохранять напиток в подогретом состоянии и обеспечить более равномерный его нагрев по высоте бутылки.

Этот приём с размещением воды в ёмкости в охладителях не используется, несмотря на то, что это очевидное и не очень сложное решение позволяет улучшить динамические характеристики устройства. Однако использование воды в ёмкости требует разработки соответствующих инновационных технических решений, в том числе обеспечивающих герметизацию заполненного водой кольцевого зазора. Отсутствие таких решений объясняет и отсутствие сведений об экспериментальных исследованиях влияния наличия воды (или другой

жидкости) в ёмкости охладителя на время охлаждения напитка. Данные, представленные в следующих разделах статьи, призваны хотя бы отчасти восполнить этот пробел.

### Объект исследования

Сравнительные испытания охладителей были проведены на кафедре кондиционирования и холодильного транспорта Западнопоморского технологического университета в Щецине в период апрель-май 2018 года. В качестве объекта исследования использованы два одинаковых охладителя *Car mini-cooler* ФМ 201.001 производства киевской НПФ «Модуль», имеющие типичную для этого класса изделий конструкцию. В этом охладителе использован один модуль типа МТ1.42-1.12-12 с боковым его расположением относительно ёмкости для напитка (рис. 8). Ёмкость в виде цилиндрического стакана с внутренним диаметром 67 мм выполнена из алюминиевого сплава, а съёмное дно из неметалла. Глубина стакана составляет 70 мм, что позволяет без труда вложить и вынуть металлическую банку с напитком ёмкостью 0.33 литра, не прибегая к переворачиванию охладителя.

В первой серии экспериментов охлаждались металлические банки 0.33 л, заполненные отстоянной водой, а во второй серии – пластиковые бутылки с морковно-фруктовым соком ёмкостью 0.3 л. Одновременно испытывались два охладителя с одинаковыми напитками, которые отличались только способом теплового контакта: в первом случае использован т.н. «сухой» контакт (рис. 8, слева), во втором – «мокрый». Ёмкость второго охладителя была герметизирована силиконом и заполнена отстоянной водой так, чтобы её уровень в щелевом зазоре между банкой (бутылкой) и ёмкостью был на 1 мм ниже торца ёмкости.



Рис. 8. Фрагмент сравнительных испытаний охладителей напитков *Car mini-cooler* ФМ 201.001.

Два испытываемых охладителя отличались способом организации теплового контакта между объектом охлаждения и ёмкостью. В первом охладителе (на рис. 8 слева) контакт банки диаметром 66 мм с ёмкостью происходил через тонкий воздушный зазор, а во втором – через слой залитой в ёмкость жидкости. В случае охлаждения банки в ёмкость было залито 15.0 г воды, в случае бутылки – 62.2 г<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Внешний диаметр пластиковой бутылки в районе рабочей зоны составлял около 56 мм.

Целью экспериментов было определение влияния условий теплообмена между банкой (бутылкой) и ёмкостью на динамические характеристики охладителя, а именно скорости и времени охлаждения в различных условиях эксплуатации. Дополнительной целью была верификация технических характеристик устройства, подаваемых производителем в инструкции по эксплуатации.

### Условия проведения эксперимента и описание испытательного стенда

Температура в помещении лаборатории стабилизировалась на уровне  $25 \pm 0.3^\circ\text{C}$  при помощи бытового кондиционера типа *split*. Все начальные температуры были равны между собой и равны температуре в помещении.

Упрощённая схема стенда показана на рис. 9. Охладители были включены параллельно и запитывались от лабораторного источника D3010 через автомобильный удлинитель с разделителем (рис. 8). Измерение температур осуществлялось термопарами типа J, подключенными к 8-канальному измерителю AR206. Масса напитков, бутылок и воды измерялась на лабораторных весах Radwag WPS 510/C/1 с ценой деления 1мг.

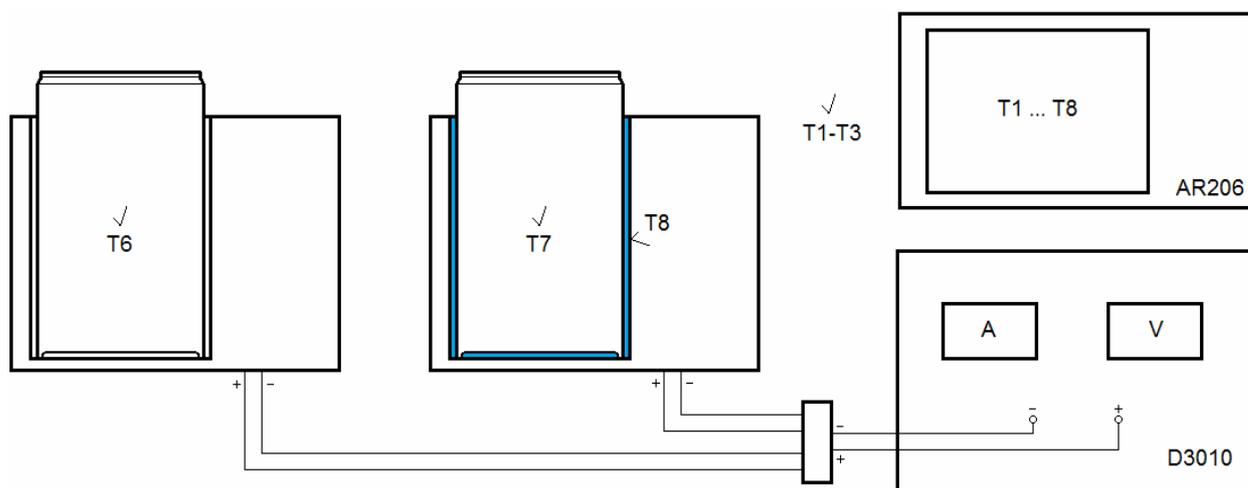


Рис. 9. Упрощённая схема экспериментального стенда;  
T1-T9 места установки датчиков температуры.

Перед началом испытаний каждый охладитель подключался к источнику питания отдельно, и фиксировались протекающий через него ток и потребляемая мощность. Величины токов, измеренные прибором с ценой деления 0.01 А в одинаковые отрезки времени от момента включения охладителей, отличались не более чем на 0.02 А. Это означает, что разница внутреннего омического сопротивления охладителей была минимальна и её влиянием на результат сравнительных испытаний можно пренебречь.

Во время испытаний каждые 5 минут от момента включения охладителей до стабилизации температуры напитков<sup>4</sup> контролировались следующие параметры:

- температуры напитков в геометрическом центре банки (бутылки);

<sup>4</sup> Согласно [1], под стабилизацией температуры напитка понимаем, что в течение 30 минут его температура не изменяется более, чем на 0.1 градус.

- температура воздуха в помещении в трёх точках с последующим усреднением зафиксированных значений. Все три датчика температуры находились на уровне верхней кромки ёмкости охладителей на расстоянии 10...30 см от них (рис. 9);
- температура воды в зазоре между бутылкой и ёмкостью с периодическим контролем её изменения по высоте ёмкости;
- ток и напряжение питания двух охладителей.

Испытания охладителей проводились при двух значениях напряжения их питания:

12.0 В – соответствует питанию от аккумулятора автомобиля во время его стоянки;

13.8 В – соответствует питанию от бортовой сети (генератора), при включённом двигателе автомобиля.

### Результаты испытаний и их обсуждение

Результаты испытаний в виде зависимости изменения температуры во времени представлены на рисунках 10 и 11, а сопоставление действительных и задекларированных изготовителем технических характеристик содержится в табл. 1.

*Таблица 1*

*Сравнение технических характеристик охладителя Car mini-cooler ФМ 201.001, заявленных изготовителем в Инструкции эксплуатации, и измеренных в результате лабораторных испытаний*

Характеристики	Заявленные	Измеренные	
Напряжение питания, V	12	12	13.8
Ток, А	2.3	2.35 (стартовый период) 1.8 (средняя величина в период охлаждения)	5.1 (стартовый период) 4.2 (средняя величина в период охлаждения)
Максимальное снижение температуры напитка по отношению к окружающей температуре, °С	15	17	19
Средняя скорость охлаждения, °С/мин	0.5	0.30 (первые 15 минут работы) 0.28 (первые 30 минут работы) 0.22 (первые 60 минут работы)	0.39 (первые 15 минут работы) 0.36 (первые 30 минут работы) 0.26 (первые 60 минут работы)
Объём напитка, мл	330	330.2	332.0

Представленные в табл. 1 данные относятся к охлаждению банок с водой объёмом 0.33 л, как показано на рис. 8. Влияние вида напитка на время его охлаждения проявляется через разницу в удельной массовой теплоёмкости  $c$ . Известно, что наибольшей теплоёмкостью среди всех известных на Земле жидкостей обладает вода, а значит, время охлаждения единицы массы

воды будет наибольшим. Для чистой воды  $c_w = 4.19$  кДж/кг·К при температуре  $20^\circ\text{C}$ <sup>5</sup>. Безалкогольные напитки, такие как Кола, Фанта и т.п., имеют близкие к воде значения  $c$ , лежащие в границах 4.13...4.16 кДж/кг·К. Это означает, что расчётное сокращение времени охлаждения этих напитков в сравнении с водой не превышает 1% и в инженерных расчётах и экспериментах может не учитываться. Для натуральных соков и слабоалкогольных напитков (табл. 2) величина  $c$  уже становится меньше 4.0 кДж/кг·К, а, следовательно, сокращение времени охлаждения может составлять 5-7%. Но следует помнить, что для соков упомянутое сокращение не будет пропорционально уменьшению теплоёмкости; оно будет меньше, т.к. некоторые соки, такие как томатный, персиковый, сливовый, легче воды.

При увеличении содержания спирта в напитке  $c$  уменьшается. При содержании спирта свыше 7% влияние удельной теплоёмкости следует учитывать. Методика расчёта времени охлаждения напитка в термоэлектрическом охладителе будет представлена во второй части статьи.

Таблица 2

Удельная массовая теплоёмкость  $c$  [кДж/кгК] некоторых напитков при температуре  $20^\circ\text{C}$   
(источник: информация производителей, дистрибьютеров, информация из справочников и других общедоступных данных из интернет-страниц)

Вода	4.19	Томатный сок	3.98
Пиво	3.85...3.94*	Яблочный сок	3.85
Молоко	3.77...3.94**	Апельсиновый сок	3.73...3.89***
Водка (40°)	3.96	Малиновый сок	3.89
Сухое вино	3.75	Клубничный сок	3.94
Креплёное вино	3.69	Вишнёвый сок	3.85
Коктейль слабоалкогольный	4.04...4.10*	Виноградный сок	2.80...3.69***
Коньячный спирт	2.42	Ананасовый сок	3.77

\* - в зависимости от содержания алкоголя

\*\* - в зависимости от жирности и содержания сухих веществ

\*\*\* - в зависимости от содержания сухих веществ

Реальные характеристики оказались лучше, чем декларированные. Иначе выглядит ситуация с темпом охлаждения. Декларированную скорость охлаждения  $0.5^\circ\text{C}/\text{мин}$  не удалось получить ни в одном из проведенных экспериментов. Быстрее всего напиток охлаждался во временном интервале между 5-й и 10-й минутами после включения:  $0.36^\circ\text{C}/\text{мин}$  при  $U = 12$  В и  $0.46^\circ\text{C}/\text{мин}$  при  $U = 13.8$  В. Дополнительные испытания, проведенные при стартовой температуре напитка и окружающего воздуха  $27^\circ\text{C}$ <sup>6</sup>, не выявили существенных отличий в темпе охлаждения по сравнению с испытаниями при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

В ходе испытаний зафиксирована существенная разница температурных и динамических характеристик охладителя в зависимости от напряжения питания. При напряжении 13.8 В по

<sup>5</sup> Именно эта температура принята как температура сравнения, поскольку является средней в типичном процессе охлаждения напитка от  $25...27^\circ\text{C}$  до  $10...15^\circ\text{C}$ .

<sup>6</sup> На упаковочной коробке охладителя изображён график, показывающий динамику снижения температуры напитка от температуры  $27^\circ\text{C}$ .

сравнению с напряжением 12 В глубина охлаждения увеличивается на 2 градуса, а средняя скорость охлаждения на 22...25%.

Значительно худшие результаты были получены в случае охлаждения сока в бутылке. Это касается как глубины охлаждения, которая составила только 7°C, так и скорости охлаждения – в среднем 0.1°C/мин. Главная причина этого ухудшения динамических характеристик это увеличенный воздушный зазор между ёмкостью и бутылкой. Очередное свидетельство в пользу использования «мокрого» контакта.

Анализ данных из табл. 1 показывает, что ток питания и максимальный уровень снижения температуры напитка изготовитель подаёт для напряжения питания 12 В постоянного тока изготовитель достигает ток питания 2.3 А и максимальный уровень снижения температуры 15°C.

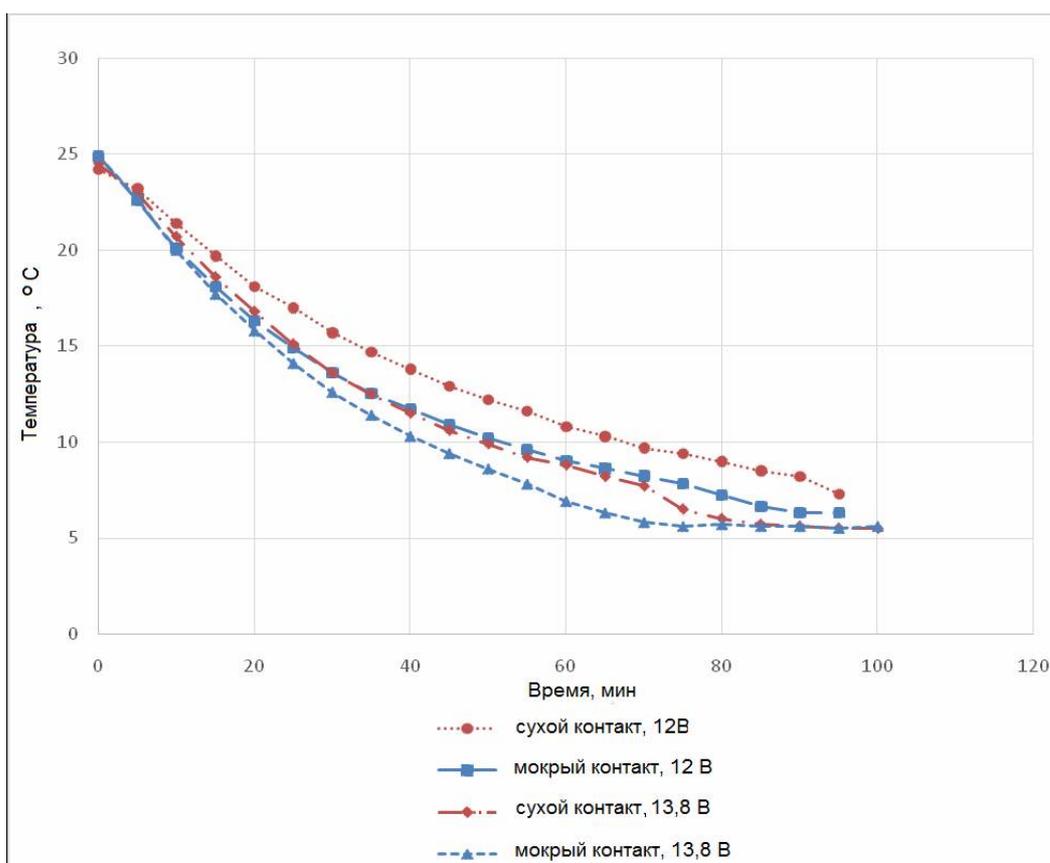


Рис. 10. Сравнение скорости охлаждения банок с водой 0.33 л в присутствии воды в зазоре («мокрый» контакт) и без воды («сухой» контакт) в ёмкости охладителя Car mini-cooler ФМ 201.001 для двух напряжений его питания.

Анализ графиков, представленных на рисунках 10 и 11, показывает существенное улучшение динамических характеристик охладителя независимо от типа напитка и его упаковки. К примеру, охлаждение напитка на 10°C ниже начальной температуры, которая, как правило, равна окружающей температуре, при наличии воды в зазоре ёмкость-банка происходит в течение 25 минут, а без воды – в течение 34 минут. Это на 26.5% быстрее. Представленные цифры касаются охлаждения алюминиевой банки 0,33 л при напряжении питания 12 В. Аналогично для напряжения питания 13.8 В эти же показатели выглядят так: 22.5 минуты, 27 минут, ускорение – 16.7 %.

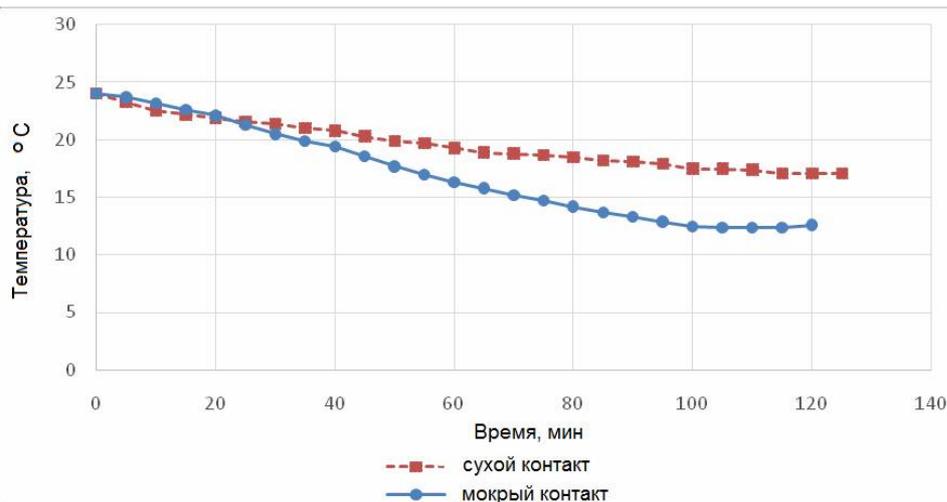


Рис. 11. Сравнение скорости охлаждения бутылок с соком 0.3 л в присутствии воды в зазоре («мокрый» контакт) и без воды («сухой» контакт) в ёмкости охладителя Car mini-cooler ФМ 201.001.

В случае охлаждения бутылки с соком преимущество «мокрого» контакта начинает проявляться через 20 минут после включения (рис. 11). Это связано с относительно большой массой воды, залитой в ёмкость. В течение первых 15 минут часть холодопроизводительности модуля тратится на охлаждение этой дополнительной массы воды. Зато в течение 95 минут удаётся снизить температуру напитка до 12.9 °C, что на 5 градусов ниже, чем для варианта «сухого» контакта.

## Выводы

1. Изготовители современных автомобильных и бытовых охладителей-подогревателей напитков не используют простой и эффективный приём увеличения быстродействия этих устройств, а именно т.н. «мокрый» контакт банки или бутылки с ёмкостью охладителя.
2. Проведенные автором экспериментальные исследования позволили количественно оценить положительный эффект от применения упомянутого решения. Скорость охлаждения выбранного для экспериментов устройства в присутствии воды выросла на 16...26 %.
3. Можно ожидать, что в специально спроектированном охладителе с «мокрым» контактом удастся получить ещё лучшие результаты, увеличивая быстродействие на 30...35 %.
4. Работы по созданию такого охладителя проводятся на кафедре кондиционирования и холодильного транспорта Западнопоморского технологического университета в Щецине. Результаты лабораторных испытаний образца охладителя будут позже опубликованы.

## Литература

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.И. Анатычук, С.Филин, Е.Данько. Cool before drinking. Офис, 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 жестяная 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-bezopasnosti i komforta? product\\_id=7392](http://personal-security.ru/lichnaja-bezopasnost/avto-i-velo-aksessuary-dlja-bezopasnosti-i-komforta?product_id=7392)
10. Автомобильные охладители напитков: не айс! <https://www.zr.ru/content/articles/679099-avtomobilnye-oxladiteli-napitkov-ne-ajs/04.08.2014>.

Поступила в редакцию 28.02.2018

**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*

## **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. Bibl. 10, 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.I., 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