

Філін С.О., док. техн. наук
Філіна-Давидович Л.С. док. техн. наук
Вишнівський Віктор

Західнопоморський технологічний
університет у Щецині алея Піастів 17,
Щецин, 70-310, Польша, e-mail: sergiy.filin@zut.edu.pl

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК ДЛЯ КУПЕ СПАЛЬНИХ ВАГОНІВ

У даній роботі розроблено термоелектричний охолоджувач, агрегат якого вбудований в кутову шафу спального купе вагона РКР Intercity моделі 308А. Конструкція холодильного агрегату передбачає кілька варіантів виконання. Модернізацію вагону проводить фабрика PESA Bydgoszcz. Холодильник має інноваційну дворівневу систему живлення, що дозволяє зменшити споживання енергії. Холодильна шафа розділена на два відділення, які «обслуговують» два сусідніх купе. Термоелектричний блок холодильника охолоджує обидві камери одночасно. Застосування винаходу дозволяє підвищити рівень комфорту подорожуючих. Бібл. 11, рис. 9, табл. 1.

Ключові слова: транспортний термоелектричний охолоджувач, дворівнева система живлення, термоелектрична установка

Вступ

Робота спрямована на підвищення комфорту пасажирів, які подорожують у спальних вагонах, як правило, у період квітень-жовтень. Протягом кількох років ми спостерігаємо значне потепління клімату [1]. Це призводить до підвищення температури в теплі періоди, через що пасажирів вагонів потребують місця для зберігання охолоджених напоїв або їжі, квітів або ліків, чутливих до температурних умов. Це підвищить комфорт пасажирів, які подорожують на більш довгих маршрутах, і сприятиме підвищенню стандартів пасажирських перевезень у цих купе. Сучасні тенденції розвитку використання термоелектричних охолоджувачів на транспорті детально описані в літературі [2], [3]. Серед нових застосувань варто відзначити бар з термоелектричним охолоджувачем, встановлений на борту Boeing-747 (рис. 1).

Термоелектричний охолоджувач є найбільш раціональним рішенням через численні переваги цього способу охолодження, особливо в транспортних засобах [4]. Додатковою перевагою є можливість простого налаштування напруги живлення термоелектричного блоку до напруги, що використовується в мережах залізничних вагонів, і використання сучасних

методів дворівневого регулювання температури в термоелектричних охолоджувачах [5]. Все це дозволяє уникнути використання складних, ненадійних і дорогих енергосистем [4].



Рис. 1. Термоелектричний охолоджувач у барі літака Boeing-747 [2].

Особливо вигідним місцем для розміщення холодильника в купе є шафа (звичайна або кутова), розміщена над умивальником (рис. 2).



Рис. 2. Трьохмісні спальні купе для вагонів 305 Аb (ліворуч) і 308 А (праворуч)

Сконструйований таким чином охолоджувач, у порівнянні з рішенням встановлення холодильників стоячих в купе окремо, т.е. без спеціально виділеного місця [6], не зменшує корисну площу, характеризується меншою вартістю виконання та меншим енергоспоживанням.

Загальна інформація про спальні вагони виробництва Польщі

Купе спального вагона типу 305Ab, що виготовляється на фабриці *Zakłady Cegielskiego* в Познані з 2004 року, а також купе спальних вагонів інших модифікацій, оснащені, серед іншого, трьома ліжками, умивальником і однодверною шафою з дерев'яним корпусом (рис. 2). Дана шафа має внутрішні розміри 49 x 17.5 x 59 мм, оснащена замком з кульковою засувкою, посередині на задній стінці знаходиться дзеркало, на верхній стінці - лампа освітлення, на бічній стінці електричне гніздо для підключення бритви. Внутрішній простір шафи розділений горизонтальною полицею. Використання тей шафи під час подорожі зводиться до того, що провідник перед початком рейсу поміщає в неї неохоложену мінеральну воду (зазвичай ПЕТ-пляшка 0.5 л для кожного), булочку та гігієнічний набір (рушник + мило). У купе немає холодильника, єдиний холодильник у вагоні знаходиться в купе провідника і не доступний для безпосереднього користування пасажиром. Те саме стосується вагонів-ресторанів, де холодильник вбудований до кухонної секції [7].

Більш сучасним спальним вагоном, для якого був розроблений проект холодильника, є спальний вагон з позначенням 308 А. У 2013 році компанія РКР Intercity підписала контракт на реалізацію проекту під назвою «Оновлення рухомого складу РКР Intercity Перемишль – Щецин – II етап». Було замовлено модернізацію 10 вагонів, а виконання було доручено компанії PESA з міста Бидгощ. Перший вагон вийшов на випробувальні тори у 2015 році (рис. 3).



Рис. 3. Спальний вагон 308А на залізничній станції *Szczecin Główny*

На модернізацію відправили вагони 1977-1981 років випуску. Цей тендер також включав монтаж нових візків для вагонів. Нові коляски типу 39AN без пневматичної подушки на гнучких пружинах. Крім того, на одному кінці вагону були встановлені відбійно-розсувні двері. У вагоні 9 загальнодоступних купе і одне відділення для провідника. У кожному купе є 3 (розкладні) ліжка, розташовані горизонтально, одне над одним [8]. Це типовий асортимент середнього класу. 3 пасажирських місця в просторі близько 8 м³, це висока щільність, яка викликає додаткове

підвищення температури в купе. Однак це все ще не та щільність, яку ми бачимо в інших видах транспорту. Таке порівняння представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Щільність людей на кубічний метр вагона

Транспортний засіб	Тип (модель)	Кількість осіб в салоні у тім (залога)	Вимір салону (приблизно), м	Об'єм салону, м ³	Щільність, осіб/м ³
Літак	Boeing 737-700	126 (4)	20 × 5 × 1.8	200	0.722
Автокар	Setra 500	69 (2)	13.5 × 2.4 × 2.8	90.7	0.783
Залізниця	308А Увесь вагон	28 (2)	24.5 × 2.9 × 4.2	298.41	0.09
	Купе на 3 місця	3	1.66 × 1.94 × 2.5	8.051	0.372

Як видно з табл. 1, щільність людей на кубічний метр у повністю укомплектованому купе залізничного вагона майже в десять разів нижча для всього вагона, а для одного спального відсіку майже вдвічі менша, ніж у повітряному чи автобусному транспорті, що приносить додаткові переваги, а саме: більшу безпеку під час пандемії коронавірусу. Менша кількість людей на кубічний метр відповідно зменшує ймовірність зараження, наприклад, вірусом Covid-19 чи будь-яким іншим вірусом.

На користь залізниці свідчить ще один факт: викиди CO₂ на одного пасажера становлять лише 24.0 кг. [9] Це більш ніж у 3 рази менше, ніж автомобіль (87.4 кг) і у 8 разів менше, ніж літак (209.1 кг).

Модернізація вагона 308А полягає, в тому числі, в тим, що вагон пристосований для перевезення людей з обмеженими можливостями та має одне спеціальне відділення для двох осіб з туалетом, адаптованим для інвалідів-візочників. Збоку від цього купе є ручний пандус, який дозволяє інвалідному візку заїхати у вагон 308А.

Опис холодильника і вибір варіанту конструкції

Двокамерний термоелектричний охолоджувач для вагона 305Ав розроблено в декількох варіантах, які відрізнялися розташуванням агрегату (збоку або зверху) і орієнтацією перегородки (поздовжньо, тобто паралельно стіні, що розділяє два купе вагона, або поперечний - перпендикулярно цій стіні).

У першому варіанті холодильник розміщується в отворі стінки 1, що розділяє купе вагона, біля зовнішньої стінки 2 вагона, від якої він відділений повітропроводом 3 (рис. 4а). У середині холодиль-

ника є перегородка товщиною 3-4 мм, виготовлена з пластику, розташована вздовж стінки 1, що розділяє купе. Перегородка 4 розділяє внутрішній простір холодильника на дві камери однакового об'єму. Доступ до окремих камер можливий завдяки дверям 5 і 5' для кожного купе вагона. Стінки 6 холодильника містять всередині теплоізоляційний матеріал. Блок охолодження складається з холодного радіатора 7, перехідних елементів 8 і 9 з алюмінію, термоелектричного модуля 10, гарячого радіатора 11 з кришкою 12 і вентилятора 13. Блок і, зокрема, радіатор 7, розташовані симетрично по відношенню до площини перегородки 4, що забезпечує охолодження обох камер з однаковою холодопродуктивністю. З одного боку перегородка 4 розміщена між ребрами холодного радіатора холоду (як показано на рис. 4), що забезпечує додаткову жорсткість її положення та полегшує збірку холодильника.

В іншому варіанті холодильника агрегат розміщений у верхній стінці корпусу (рис. 5). Перегородка 4 встановлена перпендикулярно стіні 1, що розділяє купе вагона, завдяки чому створюються дві камери. Перегородка 4 має товщину 2-3 мм і виконана з двох сторін дзеркально. Розміри дверей адаптовані до розмірів камер. У цьому варіанті тепло розсіюється з гарячого радіатора в простір над холодильником, що ізолюван від купе вагона і з'єднується з вентиляційним каналом вагона, що проходить під його стелею. Щоб збільшити корисну ємність камер і захистити користувача від пошкодження пальців під час вставлення або виймання продуктів, ребра радіатора 7 «втоплені» в поглиблення, зроблене у верхній стінці корпусу, як показано на рис. 5.

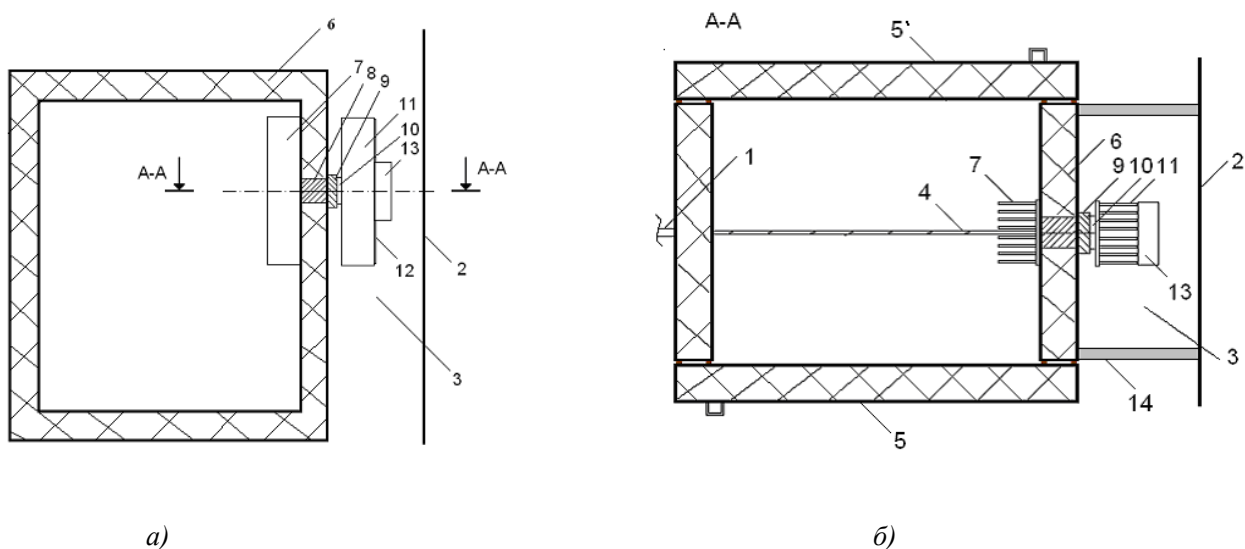


Рис. 4. Схема двокамерного термоелектричного холодильника вагону 305Ab [10] з боковим розташуванням агрегату і поздовжньою перегородкою: 1 - міжкупейна стінка, 2 - зовнішня стінка вагона, 3 - повітропровід, 4 - перегородка, 5, 5' - двері, 6 - нерухомі стінки холодильника, 7 - холодний радіатор, 8, 9 - перехідні елементи, 10 - модуль, 11 - гарячий радіатор, 12 - кришка, 13 - вентилятор, 14 – стінка повітропроводу.

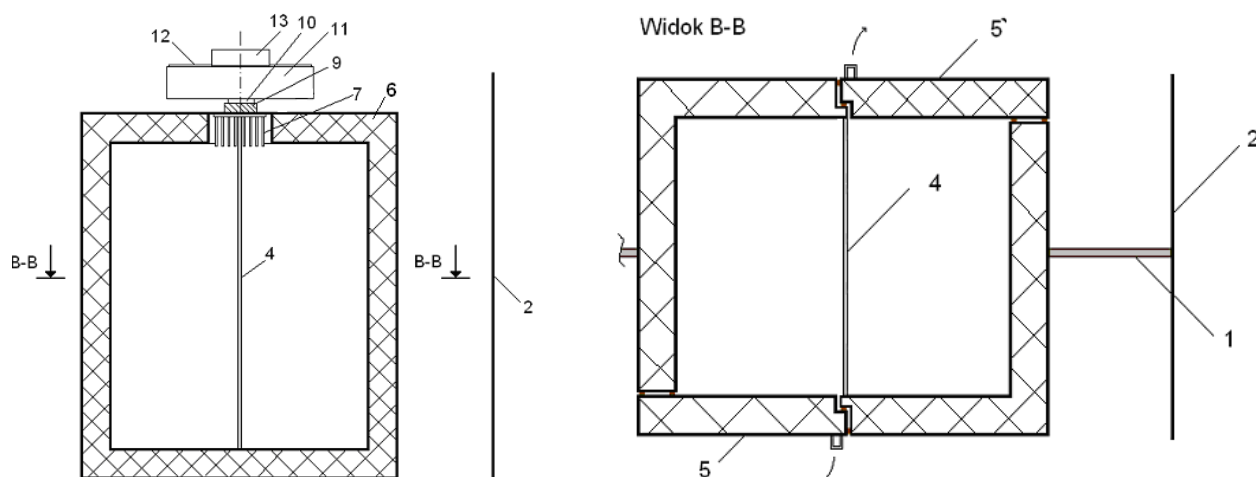


Рис. 5. Схема двокамерного термоелектричного холодильника вагону 305Ав [10] з верхнім розташуванням агрегату і поздовжньою перегородкою. Позиції як на рис.4.

Кутова шафа в спальному купе вагона типу 308А має 3 полиці. Знявши верхню полицю (рис. 6, стрілка), утворений простір між стелею та нижньою полицею можна використовувати як камеру до термоелектричного охолодження.



Рис .6. Кутова шафа в купе вагону типу 308А

При розміщенні агрегату біля перегородки купе на рівні багажної полиці необхідно ізолювати його від багажу і таким чином забезпечити додатковий захист агрегату. Цієї

проблеми можна уникнути, якщо зняти не верхню, а середню полицю. Тоді гаряча сторона агрегату поміститься в простір між верхньою полицею і стелею шафи.

Кутова шафа після вставлення перегородки та внесення конструктивних змін, показаних на рис. 7, має такі внутрішні розміри:

- Ширина: 260 мм (отримано шляхом додавання заміної перегородки);
- Висота: 340 мм (після зняття середньої полиці та підняття верхньої);
- Глибина: 200 мм (усереднено від двох основ трапеції).

Сконструйована таким чином шафа здатна вмістити 1.5-літрову пляшку.

Замінивши стінку між купе на обрану, ми отримуємо збільшення обсягу холодильної камери. Це показано на наступному графічному порівнянні (рис. 7). Через дуже низьку ймовірність відкриття обох дверей холодильника одночасно запропоноване рішення не погіршує звукоізоляцію між сусідніми купе вагона.

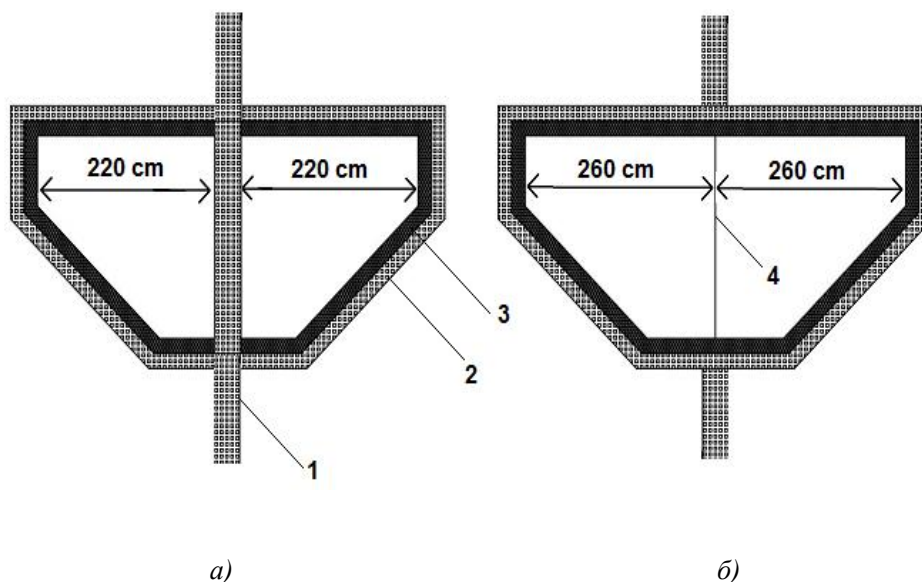


Рис. 7. Порівняння ширини холодильної камери: а - без вирізу вікна в міжкупейній стінці вагона, б) - з використанням міжкамерної перегородки: 1 – перегородка, 2 – меблева плита, 3 - теплоізоляція, 4 - перегородка міжшлуночкової стінки.

Якщо термоелектричний агрегат буде розташовуватися на верхній полиці кутової шафи, необхідно зменшити висоту дверцят шафи, щоб отримати кращу циркуляцію повітря, що охолоджує гарячий радіатор агрегату.

На рисунках 8 і 9 представлені фрагменти конструкції термоелектричного холодильника для купе вагону типу 308 А. Розрахункове значення теплового навантаження однієї холодильної камери в даному варіанті становило 11.5 Вт. У рамках проекту [11] було обрано тип термоелектричного модуля, розраховано необхідні поверхні теплообміну теплообмінників при прийнятих умовах експлуатації холодильника.

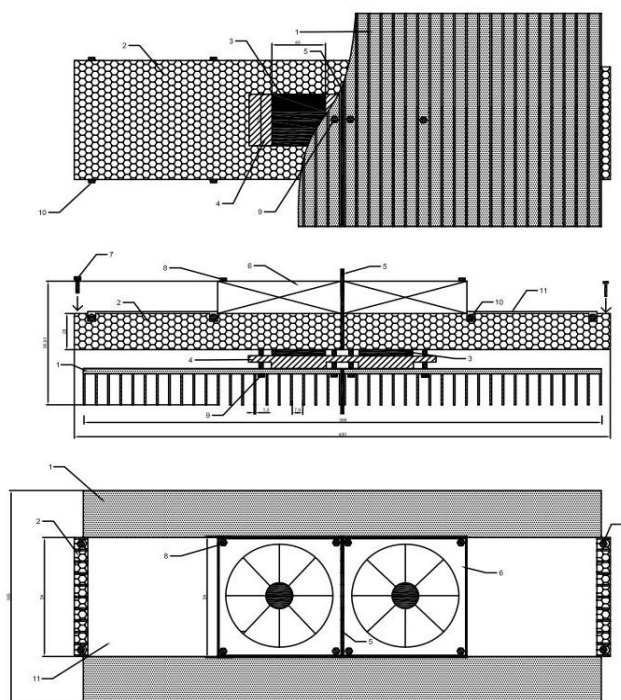


Рис.8. Агрегат двокамерного термоелектричного холодильника вагону типу 308А [11]:

1 – теплообмінник холодної сторони, 2 – теплообмінник гарячої сторони,
3 – термоелектричний модуль; 4 – перехідний елемент, 5 – перегородка,
6 – вентилятор, 7, 8, 9 – гвинти, 10 – теплоізоляція, 11 – стінка шафи.

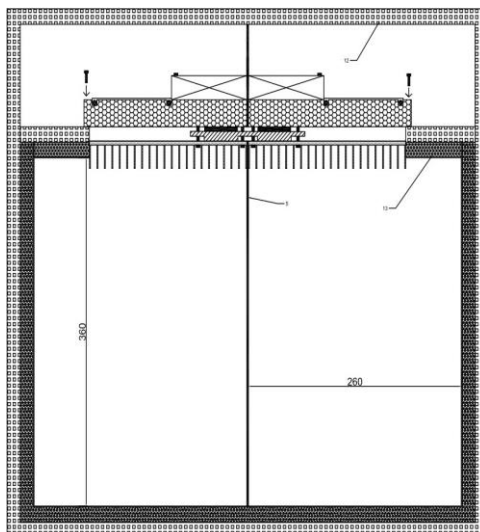


Рис. 9. Вертикальний розріз холодильника вагону типу 308А. Позиції як на рис.8.

Висновки

1. Світовою тенденцією є підвищення комфорту подорожей, особливо під час поїздок залізницею на більші відстані.

2. Важливим елементом цього комфорту є надання пасажиром можливості користуватися холодильником.
3. Оптимальним рішенням майже з усіх точок зору є використання термоелектричного охолоджувача.
4. У статті запропоновано кілька варіантів вирішення даної проблеми.
5. Представлені фрагменти проекту. Відповідна пропозиція була подана до РКР Intercity, напр. через конкурс, організований РКР Intercity спільно з PESA S.A. Бидгощ у 2021 році.

Література

1. Ocieplanie klimatu przyspiesza. No limits. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, 1, 2020, s.16-25.
2. Pierwsza klasa w Emirates deklasuje konkurencję. <https://mrluxury.pl/2017/12/29/pierwsza-klasa-emirates-deklasuje-konkurencje/>
3. Jasińska B., Filin S. Economical transport thermoelectric refrigerators with two-level temperature control: the experience of creation and test results. J. Thermoelectricity, 3, 2015, 38-44.
4. John W. Fairbanks.: Thermoelectric Applications Review. European Thermoelectric Conference. Odessa, Ukraine, September 10 – 13, 2007.
5. Sergiy Filin, Adam Owsicki: Zasady projektowania i eksploatacji chłodziarek termoelektrycznych. ZAPOL, Szczecin, 2010.
6. Patent RP № 224189. S.Filin, B.Jasińska, B.Zakrzewski, M.Chmielowski. Sposób redukcji zużycia energii przez chłodziarkę termoelektryczną i chłodziarka termoelektryczna. Publ. 06.12.2016.
7. Railway dining car. Patent GB 224461 B61D37/00, 13.11.1924.
8. Bazawagonow.pl/308A.html.
9. <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosc/18170,Kolej-jest-zielona-redukuje-ilosc-spalin-i-dazy-do-bezemisyjnosci.html>
10. S.Filin, B.Zakrzewski: Patent RP nr 217390. Publ. 08.08.2014. Wagon zwłaszcza sypialny, wyposażony w chłodziarkę termoelektryczną.
11. Wiśniewski W. Design of a thermoelectric refrigerator for sleeping compartments of railway carriages. (Projekt chłodziarki termoelektrycznej dla przedziałów sypialnych wagonów kolejowych). Praca dyplomowa, ZUT, WTMiT, Szczecin, 2021.

Надійшли до редакції: 01.03.2022

Filin S.O., doc. techn sciences
Filina-Dawidowicz Ludmila, doc. techn sciences
Wiśniewski Wiktor

West Pomeranian University of Technology, Szczecin
al. Piastow 17, Szczecin, 70-310, Poland;
e-mail: sergiy.filin@zut.edu.pl

THERMOELECTRIC REFRIGERATOR FOR SLEEPING CAR COMPARTMENTS

In this work, a thermoelectric refrigerator was designed, the cooling unit of which is built into a corner cabinet in the sleeping compartment of a PKP Intercity model 308A car. The design of the cooling unit provides for several execution options. The modernization of the car is carried out by PESA Bydgoszcz. The refrigerator has an innovative two-level power supply system, which allows reducing energy consumption. The refrigerator cabinet is divided into two chambers "serving" two adjacent compartments. The thermoelectric unit of the refrigerator cools both chambers simultaneously. The application of the invention allows increasing the comfort level of travelers.

Keywords: *thermoelectric transport refrigerator, two-level power supply system, thermoelectric unit.*

References

1. Ocieplanie klimatu przyspiesza. No limits. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, 1, 2020, s.16-25.
2. Pierwsza klasa w Emirates deklasuje konkurencję. <https://mrluxury.pl/2017/12/29/pierwsza-klasa-emirates-deklasuje-konkurencje/>
3. Jasińska B., Filin S. (2015). Economical transport thermoelectric refrigerators with two-level temperature control: the experience of creation and test results. *J. Thermoelectricity*, 3, 38-44.
4. John W. Fairbanks (2007). Thermoelectric applications review. *European Thermoelectric Conference (Odessa, Ukraine, September 10 – 13, 2007)*.
5. Filin Sergiy, Owsicki Adam (2010). *Zasady projektowania i eksploatacji chłodziarek termoelektrycznych*. ZAPOL, Szczecin.
6. *Patent RP № 224189*. S.Filin, B.Jasińska, B.Zakrzewski, M.Chmielowski. Sposób redukcji zużycia energii przez chłodziarkę termoelektryczną i chłodziarka termoelektryczna. Publ. 06.12.2016.
7. Railway dining car. *Patent GB 224461 B61D37/00*, 13.11.1924.
8. Bazawagonow.pl/308A.html.
9. <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/18170,Kolej-jest-zielona-redukuje-ilosc-spalin-i-dazy-do-bezemisyjnosci.html>
10. Filin S., Zakrzewski B. *Patent RP nr 217390*. Publ. 08.08.2014. Wagon zwłaszcza sypialny,

wyposażony w chłodziarkę termoelektryczną.

11. Wiśniewski W. (2021). Design of a thermoelectric refrigerator for sleeping compartments of railway carriages. (Projekt chłodziarki termoelektrycznej dla przedziałów sypialnych wagonów kolejowych). *Praca dyplomowa*, ZUT, WTMiT, Szczecin.

Submitted: 01.03.2022