УДК 629.1 https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-81

ОЦЕНКА ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

А. А. Петров[1], Н. А. Кузьмин[2]
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
[1] e-mail: petrov1994@inbox.ru
[2] e-mail: knanntu@mail.ru

Аннотация. *Необходимость в изотермических фургонах для транспортировки скоропортящихся товаров и грузов на данный момент является актуальной в нашей стране. Острой проблемой также является оценка рефрижераторов с целью определения важнейшего показателя качества изоляции фургона – коэффициента теплопередачи и эффективности работы (холодопроизводительности) автомобильной холодильной установки.*

Согласно Постановлению Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации»[1], проекту Закона РФ «О требованиях к транспортным средствам, предназначенным для перевозки скоропортящихся пищевых продуктов»[2], все находящиеся в эксплуатации на территории РФ и зарегистрированные в установленном порядке специализированные транспортные средства подлежат оценке соответствия международным нормам.

В связи с этим, актуальность данной проблемы является очевидной. Она требует незамедлительного решения в сложившейся ситуации.

С целью проверки эффективности холодильного оборудования, а также отнесения изотермического транспортного средства, оснащенного холодильной установкой, к тому или иному классу транспортного средства-рефрижератора при сертификации, проводят испытания по измерению холодопроизводительности холодильной установки.

За последнее время был опубликован ряд работ, посвященных получению аналогичных результатов. Но в полной мере не раскрыт вопрос механизма определения точных характеристик автомобильного холодильного оборудования. Акцент на изучение свойств и характеристик специализированных транспортных средств, а также выбора авторефрижераторов для перевозок скоропортящихся товаров и грузов был сделан в работах А. Грызунова, В. Корниенко, С. Вавиловой [2–5].

Результат исследования заключается в том, чтобы детально изучить существующую нормативную базу и на основании ее разработать методику, модель, отличающуюся от имеющихся на данный момент, для облегчения, упрощения проведения испытания по определению основных характеристик автомобильного холодильного оборудования.

В статье представлены особенности и возможности изотермической камеры для испытания транспортных средств и холодильного оборудования. Описано устройство камеры и используемое оборудование. Излагается методика проведения испытания по измерению холодопроизводительности автомобильной холодильной установки. Приведены результаты экспериментальной оценки холодопроизводительности холодильной установки изотермического фургона автомобиля. Методика проведения испытаний имеет свое начало в магистерской выпускной квалификационной работе «Теоретические основы теплофизических испытаний специальных транспортных средств».

Практическая значимость представленных результатов заключается в том, что данная методика упрощает процесс и сокращает время на проведение испытаний, без изменения качества полученных результатов.

Ключевые слова: *изотермическая камера, холодопроизводительность холодильного оборудования, изотермический фургон, калориметрическая камера, рефрижератор, ледник, теплоотдача, испытание.*

Для цитирования: Петров А. А., Кузьмин Н. А. Оценка холодопроизводительности холодильной установки автотранспортного средства // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 81–91. https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-81.

[1] Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации».

[2] Проект Закона РФ «О требованиях транспортным средствам, предназначенным для перевозки скоропортящихся пищевых продуктов».

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
© А. А. Петров, Н. А. Кузьмин, 2022

ASSESSMENT OF THE COOLING CAPACITY OF THE REFRIGERATION UNIT OF A MOTOR VEHICLE

A. A. Petrov[1], N. A. Kuzmin[2]
Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
[1] e-mail: petrov1994@inbox.ru
[2] e-mail: knanntu@mail.ru

Abstract. *The need for isothermal vans for the transportation of perishable goods and cargo is currently relevant in our country. An acute problem is also the evaluation of refrigerators in order to determine the most important indicator of the quality of the insulation of the van – the heat transfer coefficient and the efficiency (cooling capacity) of the automobile refrigeration unit.*

According to Decree of the Government of the Russian Federation of December 21, 2020 No. 2200 "On approval of the Rules for the carriage of goods by road and on amendments to clause 2.1.1 of the Rules of the Road of the Russian Federation", the draft Law of the Russian Federation "On the requirements for vehicles intended for the transport of perishable food products", all specialized vehicles in operation on the territory of the Russian Federation and duly registered are subject to assessment of compliance with international standards.

In this regard, the relevance of this problem is obvious. It requires an immediate solution to the current situation.

In order to check the efficiency of refrigeration equipment, as well as to classify an isothermal vehicle equipped with a refrigeration unit to one or another class of refrigerated vehicle during certification, tests are carried out to measure the refrigeration unit's cooling capacity.

Recently, a number of works devoted to obtaining similar results have been published. But the question of the mechanism for determining the exact characteristics of automotive refrigeration equipment has not been fully disclosed. The emphasis on the study of the properties and characteristics of specialized vehicles, as well as the choice of refrigerated trucks for the transportation of perishable goods and cargo was made in the works of A. Gryzunov, V. Kornienko, S. Vavilova [2–5].

The result of the study is to study in detail the existing regulatory framework and, on the basis of it, develop a methodology, a model that differs from those currently available, to facilitate, simplify the test to determine the main characteristics of automotive refrigeration equipment.

The article presents the features and capabilities of an isothermal chamber for testing vehicles and refrigeration equipment. The device of the camera and the equipment used are described. A test procedure for measuring the cooling capacity of an automobile refrigeration unit is described. The results of an experimental evaluation of the refrigeration capacity of the refrigeration unit of an isothermal car van are presented. The testing methodology has its origin in the master's final qualifying work "Theoretical foundations of thermophysical tests of special vehicles."

The practical significance of the presented results lies in the fact that this technique simplifies the process and reduces the time for testing, without changing the quality of the results obtained.

Key words: *isothermal chamber, refrigeration capacity of refrigeration equipment, isothermal van, calorimetric chamber, refrigerator, glacier vehicle, heat dissipation, test.*

Cite as: Petrov, A. A., Kuzmin, N. A. (2022) [Assessment of the cooling capacity of the refrigeration unit of a motor vehicle]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 3, pp. 81–91, https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-3-81.

Введение

Проблема оценки качества изоляции изотермического фургона и работы авторефрижераторов при сертификации является малоизученной. Основополагающим документом, устанавливающим требования к транспортным средствам, а также эффективности работы холодильного оборудования, классификации специальных транспортных средств, а также методики проведения испытаний, является «Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС)», документ подписан 1 сентября 1970 г. в Женеве[3].

Также требования к оценке свойств изотермических фургонов устанавливает «Технический регламент по безопасности колесных транспортных средств (ТР ТС 018/2011)»[4]. Приложение 6. Пункт

[3] Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС).1 сентября 1970 г., г. Женева, с изменениями по состоянию на 23 сентября 2013 г. // [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://unece.org/DAM/trans/main/wp11/ATP_publication/2020/ECE_TRANS_290_Ru_web_protected.pdf (дата обращения: 13.05.2021).

1.23 Требования к транспортным средствам-фургонам для перевозки пищевых продуктов.

Обзор проведенных ранее исследований представлен в работах [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Основная цель исследования заключается в том, чтобы на основе действующих нормативных документов разработать методику проведения испытания, по данной методике провести исследования, анализ полученных результатов и сделать выводы.

Теоретическая значимость исследования заключается в следующем:

– освещение проблемы оценки важнейших параметров авторефрижераторов – коэффициента теплопередачи и холодопроизводительности автомобильного холодильного оборудования;

– доказать, что выводы данной работы смогут оптимизировать практическую часть и выступать справочным материалом при проведении испытаний;

– вызвать заинтересованность в продолжении поиска решения затронутой в данном исследовании проблемы.

Настоящие исследования проводились на Испытательной станции ООО «Автокрейт» (далее Станция), позволяющей проводить испытания изотермических транспортных средств, транспортных средств-ледников, транспортных средств-рефрижераторов или отапливаемых транспортных средств [1], длиной до 17 метров и высотой до 4,5 метров (рис. 1, 2).

На Станции проводят следующие виды испытаний:

– измерение коэффициента теплопередачи изотермических транспортных средств;

– измерение холодопроизводительности холодильного оборудования;

– проверка эффективности оборудования транспортных средств-ледников, рефрижераторов, отапливаемых транспортных средств;

– проверка эффективности системы отопления, вентиляции и кондиционирования транспортного средства;

– измерение качества теплоизоляции конструкции автомобиля скорой медицинской помощи (АСМП), согласно ГОСТ 33665-2015[5];

– оценка качества термоизолирующих стенок изотермической цистерны, предназначенной для перевозки пищевых жидкостей;

– другие исследовательские испытания.

Рисунок 1. Изотермическая камера с испытательным оборудованием и с установленным калориметром (имитатор изотермического фургона транспортного средства)

Источник: разработано автором Петровым А. А.

[4] Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011). Постановление правительства Российской Федерации № 877 от 09.12.2011г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.tehexpert.org/images/doc/legts877.pdf (дата обращения: 13.05.2021).

[5] ГОСТ 33665-2015. Автомобили скорой медицинской помощи. Технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200136413 (дата обращения: 13.05.2021).

Рисунок 2. Изотермическая камера с установленным транспортным средством-рефрижератором и испытательным оборудованием

Источник: разработано автором Петровым А. А.

Методика измерения холодопроизводительности холодильного оборудования

Измерение проводится по методу внутреннего обогрева. Для измерения холодопроизводительности холодильная система устанавливается на тестовый фургон, коэффициент теплопередачи которого заранее известен. В качестве тестового фургона может выступать калориметрическая камера.

Фургон устанавливается в изотермическую камеру, в которой поддерживается температура $T_i = 30$ °C.

Обогревательное устройство размещается:

– внутри специального тестового теплоизолированного фургона (калориметра), на котором устанавливается измеряемая холодильная система. Коэффициент теплопередачи калориметра измерен заранее в соответствии с Методикой измерения коэффициента теплопередачи. Компрессор холодильной системы приводится в действие от электродвигателя;

– внутри изотермического фургона, на котором установлена холодильная система (рис. 3).

В последнем случае для приведения в действие компрессора холодильной установки используется дополнительный электродвигатель, вынесенный за пределы подкапотного пространства автомобиля.

При одновременном включении холодильной системы и дополнительного нагревателя устанавливается тепловое равновесие между электрической мощностью обогревательного устройства (с присоединенным к нему вентилятором), холодопроизводительностью холодильной системы и количеством тепла, проникающего наружу через стенки фургона, причем выполняется соотношение:

$$W = U + K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \qquad (1)$$

где:

W – холодопроизводительность холодильной системы, Вт;

U –мощность внутреннего нагревателя, Вт;

$S = \sqrt{S_i \cdot S_e}$ – средняя площадь поверхности калориметра (Si и Se внешняя и внутренняя поверхности);

K – коэффициент теплопередачи тестового или изотермического фургона, Вт/м^2·К;

T_i и T_e °C – температура снаружи и внутри фургона.

Таблица 1. Состав приборов и средств измерения

№	Наименование определяемых (измеряемых) характеристик (параметров)	Наименование средства измерений, марка	Метрологические характеристики
1	Измерение объемного потока воздуха, скорости и температуры воздуха	Измеритель комбинированный TESTO 417-2	Скорость потока (0,3–20) м/с Температура потока (0–50) °C (32–122) °F
2	Измерение температуры и влажности воздуха	Прибор комбинированный Testo 608-H1	Температура: от 0 °C до + 50 °C Относительная влажность: от 15 до 95%

Продолжение таблицы 1.

№	Наименование определяемых (измеряемых) характеристик (параметров)	Наименование средства измерений, марка	Метрологические характеристики
3	Измерение активной мощности в однофазных электрических цепях постоянного и переменного тока	Ваттметр Д5066	Номинальное напряжение: (0–150) В; Номинальный ток: 5А/10А
4	Неконтактное измерение пространственного распределения температуры поверхностей	Тепловизор инфракрасный Testo 875-2i	от –20 °С до +350 °С
5	Измерение температуры	Измеритель температуры многоканальный прецизионный Термоизмеритель ТМ-12м.4	от –50 °С до +200 °С
6	Измерение температуры	Измеритель температуры многоканальный прецизионный Термоизмеритель ТМ-12м.4	от –50 °С до +200 °С
7	Линейные размеры	Лазерный дальномер Leica Disto X3	расстояние: (0.05–150.00) м угол наклона (0–360) °
8	Линейные размеры	Измерительная рулетка BMI VARIO Rostfrei 3m	(0–3.00) м
9	Линейные размеры	Рулетка BMI VARIO Rostfrei 8m	(0–8.00) м
10	Измерение частоты вращения, скорости, расстояния	Тахометр TESTO 470	Частота вращения: оптический метод: (20 … 99999) об/мин
11	Определение избыточного давления в системах отопления, вентиляции и кондиционирования	Комплект измерительный «Смарт-зонд Testo 549i»	От 0 до 60 Бар
12	Измерение геометрических величин	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.05	(0–125) мм

Источник: разработано автором Петровым А. А.

Испытание состоит из следующих двух основных частей: фазы охлаждения (фаза А) и последующего измерения холодопроизводительности на трех повышающихся уровнях температуры (фаза Б).

Фаза охлаждения: исходная температура калориметрической камеры или фургона транспортного средства должна составлять 30 °С ± 1 °С. Затем она понижается до следующих температур: –25 °С для класса –20 °С, –13 °С для класса –10 °С или –2 °С для класса 0 °С.

Измерение холодопроизводительности: на каждом уровне внутренней температуры.

Первое испытание продолжительностью не менее четырех часов на каждом температурном уровне проводится с термостатом (холодильной установки) для выравнивания теплопередачи между внутренней и наружной частями калориметрической камеры или транспортного средства. Во время этого испытания оценивается способность холодильной системы поддерживать пониженную температуру, заявленную изготовителем.

Второе испытание проводится с отключенным термостатом для измерения максимальной холодопроизводительности холодильной установки, при которой количество тепла, выделяемого оборудованием для внутреннего обогрева, позволяет поддерживать тепловой баланс на каждом температурном уровне. При этом:

– средняя температура воздуха снаружи калориметрической камеры должна составлять 30 ± 0,5°С;

– максимальная разница между температурами в самой теплой и самой холодной точках снаружи и внутри калориметрической не должна превышать 2 °С;

– внутри калориметрической камеры или изотермического кузова транспортного средства (на входе испарителя): три уровня температур в пределах от –25 °С до +12 °С в зависимости от технических характеристик установки; один из уровней должен равняться минимальной температуре, предписанной изготовителем для данного класса, с отклонением ±1 К.

– продолжительность второго испытания должна составлять не менее четырех часов;

– перед изменением температурного уровня производится разморозка вручную;

– если холодильная установка приводится в действие двигателем транспортного средства, то испытание проводится как при минимальном, так и при номинальном числе оборотов компрессора, определенном изготовителем.

Скорость циркуляции воздуха по наружным поверхностям фургона должна находиться в пределах от 1 до 2 м/с в точках, удаленных на 100 мм от осей симметрии боковых стенок и крыши фургона.

Рисунок 3. Размещение в фургоне обогревателей и датчиков измерения температуры
Источник: разработано автором Петровым А. А.

Измерение холодопроизводительности автомобильной холодильной установки с помощью калориметра

Измеряемая холодильная система в соответствии со схемой, представленной на рис. 4, устанавливается в калориметр с коэффициентом теплопередачи К, измеренным заранее.

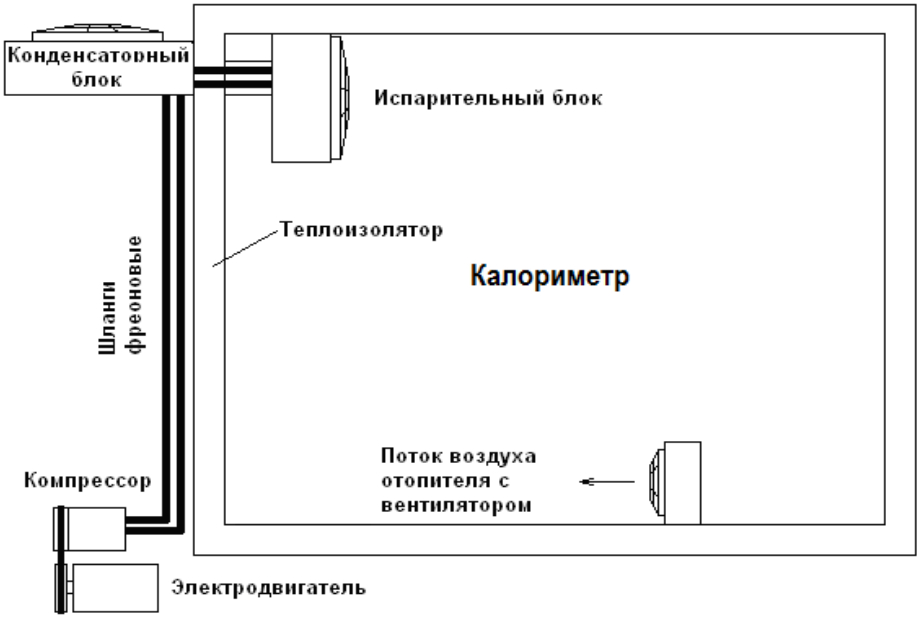

Рисунок № 4. Схема установки холодильной системы и нагревателя на тестовый фургон
Источник: разработано автором Петровым А. А.

Калориметр устанавливается в измерительную камеру. Привод компрессора холодильной системы осуществляется от электродвигателя через ременную передачу.

В калориметре вместе с испарителем холодильной системы устанавливается электрический обогреватель. Мощность, потребляемая совместно нагревателем и вентиляторами, может изменяться регулятором и измеряться с помощью измерителя мощности.

Калориметр и измерительная камера закрываются, включаются система стабилизации температуры в измерительной камере на уровне + 30 °С и измеряемая холодильная система.

Выполняется фаза понижения температуры.

После достижения соответствующей классу холодильной системы температуры воздуха в калориметре, термостат холодильной системы должен автоматически с заданным дифференциалом поддерживать заданную температуру в термостате в течение времени не менее 4 часов.

По завершении испытания с термостатом, последний отключается, а на нагреватель и вентиляторы, установленные в фургоне, подается и поддерживается на заданном уровне электрическая мощность. Уровень мощности нагревателя и вентиляторов подбирается таким, чтобы температура воздуха в фургоне с одновременно включенными холодильной системой и нагревателем с вентиляторами установилась на уровне в соответствии с фазой *А*.

Результат измерений получают как среднее арифметическое показаний, полученных за период времени не менее, чем за 4 часа работы в установившимся режиме (без термостата) при числе измерений не менее 16, (мощность отопителя с вентилятором внутри фургона *U* в Ваттах и разность температур $\Delta T = T_i - T_e$ в °С фиксируются с записью в протокол измерения не реже, чем один раз каждые 15 минут).

Вычисляют холодопроизводительность W холодильной системы по формуле:

$$W = U + K \cdot S \cdot \Delta T \qquad (2)$$

где:

U – средняя мощность отопителя с вентиляторами, Вт;

K – коэффициент теплопередачи калориметра, Вт/м^2·К;

$S = \sqrt{S_i \cdot S_e}$ – средняя площадь поверхности тестового фургона, м^2;

ΔT – разность температур воздуха внутри и вне фургона, °С.

Вычисляют по формуле (2) холодопроизводительность холодильной системы. По результатам измерений оформляется протокол испытаний.

Методика измерения холодопроизводительности для уже установленной на автомобиль холодильной системы отличается от приведенной выше тем, что в качестве термостата используется изотермический фургон автомобиля.

Все данные, полученные в результате измерений, фиксируются в Протоколе испытаний.

Результаты исследования

По результатам проведенного исследования, были выполнены экспериментальные испытания автомобильной холодильной установки изотермического фургона автомобиля Газель Next. Цель данного исследования заключается в оценке эффективности работы холодильной установки. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Протокол испытаний

Таблица 2. Результаты испытаний

Измеряемый параметр	Значение	
Метод, использованный для испытания:	внутренний обогрев	
Средние величины, полученные за 6 часов функционирования в постоянном режиме:		
Средняя наружная температура кузова по показаниям 12 датчиков (фаза А): T_e	30,05	°С
Средняя внутренняя температура кузова по показаниям 12 датчиков (фаза А): T_i	–13,10	°С
Мощность внутреннего нагревателя совместно с вентиляторами W (фаза Б)	0	Вт
Средняя наружная температура кузова по показаниям 12 датчиков (фаза Б): T_e	30,19	°С
Средняя внутренняя температура кузова по показаниям 12 датчиков (фаза Б): T_i	–0,03	°С
Мощность внутреннего нагревателя совместно с вентиляторами W (фаза Б)	1140	Вт
Площадь изотермического фургона внешняя:	43,92	м^2
Площадь изотермического фургона внутренняя:	40,18	м^2
Общий коэффициент теплопередачи:	0,68	Вт/м^2·К
Примечания:	–	

Источник: разработано автором Петровым А. А.

Расчет средней площади теплопередачи изотермического фургона осуществляется следующим образом:

Площадь внешняя: S_e = 43,92 м^2

Площадь внутренняя: S_i = 40,18 м^2,

Площадь средняя $S = \sqrt{(S_i \cdot S_e)}$= 42,01 м^2

Расчет поступления тепла через стенки при средней температуре воздуха в фургоне определяется:

T_i = –13,10 °С, т. е. разности температур ΔT = 43,15 °С составляет:

$$U_1 = K \cdot S \cdot \Delta T$$

где:

S = 42,01 – средняя площадь измерительного объема, м^2;

K = 0,68 Вт/м^2·К – коэффициент теплопередачи измерительного объема;

$\Delta = T_i - T_e$ = –13,10 – 30,05 = 43,15 °С (абсолютное значение),

где:

T_i = –13,10 °С – средняя температура внутри фургона, °С, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых в 12 точках, равномерно распределенных на входе воздуха в испаритель, за последние 6 часов измерения (Таблица 2);

T_e = 30,05 °С – средняя температура снаружи фургона, °С, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых на расстоянии 100 мм от стенок в 12 точках за последние 6 часов измерения (Таблица 2);

U_1 = 0,68 · 42,01 · 43,15 = 1233 Вт.

Округляя полученное значение до десятков, получаем U_1 = 1230 Вт.

Представленная холодильная установка, которая по паспорту должна обеспечивать температуру в фургоне –20 °С с полезным внутренним объемом кузова до 14 м^3, на предъявленном фургоне с K = 0,68 Вт/м^2 и полезным внутренним объемом кузова = 15,83 м^3, обеспечивает –13,10 °С.

Расчет холодопроизводительности холодильной системы при T_i = –13,10 °С определяется следующим образом:

Полезная холодопроизводительность холодильной системы вычисляется как сумма стабилизированной мощности нагревателя совместно с вентиляторами, находящимися внутри измерительного объема вместе с холодильной системой U и мощность натекания тепла через стенки измерительного объема при получившейся после достижения теплового равновесия разности температур (U_1 = 1230 Вт)

$$W = U + U_1,$$

где:

U = 0 Вт – средняя мощность, выделяемая при работе внутреннего обогревателя и вентиляторов (Таблица 2);

W = 0 + 1230 = 1230 Вт

Расчет поступления тепла через стенки при средней температуре воздуха в фургоне T_i = 0 °С, т. е. при разности температур ΔT = 30,22 °С составляет:

$$U_2 = K \cdot S \cdot \Delta T$$

где:

S = 42,01 – средняя площадь измерительного объема, м^2;

K = 0,68 Вт/м^2 · K – коэффициент теплопередачи измерительного объема;

$\Delta = T_i - T_e$ = –0,03 – 30,19 = 30,22 °С (абсолютное значение),

где:

T_i = –0,03 °С – средняя температура внутри фургона, °С, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых в 12 точках, равномерно распределенных на входе воздуха в испаритель, за последние 6 часов измерения (Таблица 2);

T_e = 30,19 °С – средняя температура снаружи фургона, °С, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых на расстоянии 100 мм от стенок в 12 точках за последние 6 часов измерения (Таблица 2);

U_2 = 0,68 · 42,01 · 30,22 = 863 Вт

Округляя полученное значение до десятков, получаем U_2 = 860 Вт.

Расчет холодопроизводительности холодильной системы при T_i = 0°С определяется следующим образом:

$$W = U + U_2$$

где:

U = 1140 Вт – средняя мощность, выделяемая при работе внутреннего обогревателя и вентиляторов (Таблица 2);

W = 1140 + 860 = 2000 Вт.

Полезная холодопроизводительность холодильной системы при скорости вращения компрессора 1600 Об/мин и внешней температуре +30,05 °С при –13,10 °С = 1230 Вт.

Полезная холодопроизводительность холодильной системы при скорости вращения компрессора 1600 Об/мин и внешней температуре +30,19 °С при –0,03 °С = 2000 Вт

По результатам выполненных исследований установлено следующее:

1. Холодильная установка способна поддерживать максимально низкую среднюю температуру при средней наружной температуре +30 °С, на данном изотермическом фургоне, равную –13,10 °С.

2. Изотермический фургон автомобиля Газель Next может быть отнесен к транспортному средству-рефрижератору с нормальной изоляцией, имеющему такую холодильную установку, при которой температура внутри фургона может выбираться между +12 °С и 0 °С включительно (класс FNA по классификации СПС).

Заключение

В ходе работы представлены характеристики и особенности изотермической камеры. Представлены виды испытаний, которые можно проводить в климатической камере.

Изложенная методика позволяет определять полезную холодопроизводительность холодильного оборудования. Соответственно, с известным коэффициентом теплопередачи изотермического фургона и величиной холодопроизводительности, установленной на данном фургоне холодильной установки, методика позволяет отнести транспортное средство к тому или иному классу транспортного средства – рефрижератора, согласно классификации СПС.

Практическая, подтвержденная в ходе данного исследования значимость заключается в разработке методики проведения испытания и подтверждения ее в виде натурного испытания в камере теплоизмерений с получением результатов.

Результаты данного исследования могут быть использованы в качестве справочного материала при оценке эффективности работы холодильного оборудования транспортного средства-рефрижератора.

Литература

1. Абдуназаров Ж. К., Мамарасулова М. Н. Рекомендуемые параметры расчетных автомобилей для Российской Федерации. // Журнал «Молодой ученый» № 7 (111). 2016. С. 26–28.
2. Грызунов А. А., Корниенко В. Н., Вавилова С. В. О необходимости совершенствования подходов к выбору авторефрижераторов для внутригородских перевозок пищевых продуктов. // Журнал Вестник МАХ № 2. 2019. С. 13–20.
3. Грызунов А. А., Корниенко В. Н. Структурный анализ транспортных средств-рефрижераторов для внутригородских перевозок скоропортящихся пищевых продуктов. // Холодильная техника. 2014. № 12. С. 45–48.
4. Грызунов А. А., Корниенко В. Н. О проверке соответствия теплотехнических характеристик специализированных автотранспортных средств для перевозки продуктов международным нормам. // Холодильная техника. 2015. № 5. С. 47–50.
5. Грызунов А. А., Корниенко В. Н., Вавилова С.В. Обоснование расчета холодопроизводительности авторефрижераторов при внутригородских перевозках пищевых продуктов. // Журнал «Хранение и переработка сельхозсырья № 2». 2018. С. 100–104.
6. Касилин А. В. Системы хладоснабжения холодильных систем. / День науки. // Общеуниверситетская научная конференция молодых ученых и специалистов. 2015. С. 63–65.
7. Комплекс по оценке изотермических свойств фургонов и полезной холодопроизводительности транспортных холодильных систем / В. А. Мельников [и др.] // Журнал автомобильных инженеров. 2011. № 1(66). С. 30–32.
8. Корниенко В. Н., Грызунов А. А., Авилова С. В. Поддержание температурных режимов при внутригородских перевозках охлажденной мясной продукции // Все о мясе. 2018. № 8. С. 44–48.
9. Петров А. А. Испытательная станция проверки транспортных средств на соответствие требованиям СПС / Б. А. Оболенский, М. Г. Корчажкин // Научный журнал Транспортные системы. 2017. № 3(6). С. 12–20.
10. Петров А. А. Совершенствование методики оценки изотермических свойств автомобильных фургонов / М. Г. Корчажкин, А. А. Уваров // Тезисы докладов XVI Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» Н. Новгород, НГТУ. 2017. С. 299–301.
11. Турсунов Ойбек Абдухалим угли. Снижение расхода топлива холодильной системой изотермических грузовых автомобилей. // Журнал Universum: Технические науки. 2020. № 12(81). С. 45–47.
12. Commere B. Risks Assessment in the Cold Chain / 20-th International Congress of Refrigeration. Sydney: IIR/IIF. 1999. Vol. IV. P. 442.
13. Landfeld A., Kazilova L., Houska M. Time temperature histories of perishable foods during shopping, transport and home refrigerated storage. Proceedings of ICR August 21–26. 2011. Praque, Czech Republic, 2011.
14. Hoang H. M. et al. Evaluation of food safety along the cold chain by determining and stochastic approaches. Proceedings of ICR August 21–26. 2011. Praque, Czech Republic, 2011.
15. Recommendations for Chilled Storage of Perishable Produce. France, Paris: IIR. 2000. 145 p.

References

1. Abdunazarov, Zh. K., Mamarasulova, M. N. (2016) [Recommended parameters of design vehicles for the Russian Federation]. *Zhurnal «Molodoy uchenyy»* [Journal “Young scientist”]. Vol. 7 (111), pp. 26–28. (In Russ.).
2. Gryzunov, A. A., Kornienko, V. N., Vavilova, S. V. (2019) [On the need to improve approaches to the choice of refrigerated trucks for intracity transportation of food products]. *Zhurnal Vestnik MAX* [Magazine Bulletin MAX]. Vol. 2, pp. 13–20. (In Russ.).

3. Gryzunov, A. A., Kornienko, V. N. (2014) [Structural analysis of refrigerated vehicles for intracity transportation of perishable foodstuffs]. *Kholodil'naya tekhnika* [Refrigeration technology]. Vol. 12, pp. 45–48. (In Russ.).

4. Gryzunov, A. A., Kornienko, V. N. (2015) [On checking the compliance of the thermal performance of specialized vehicles for the transportation of products with international standards]. *Kholodil'naya tekhnika* [Refrigeration technology]. Vol. 5, pp. 47–50. (In Russ.).

5. Gryzunov, A. A., Kornienko, V. N., Vavilova, S. V. (2018) [Justification of the calculation of the refrigeration capacity of refrigerated trucks for intracity transportation of food products]. *Zhurnal «Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Journal «Storage and processing of agricultural raw materials»]. Vol. 2, pp. 100–104. (In Russ.).

6. Kasilin, A. V. (2015) [Cold supply systems for refrigeration systems. In the book: Science Day]. *Obshcheuniversitetskaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov* [All-university scientific conference of young scientists and specialists]. pp. 63–65. (In Russ.).

7. Melnikov, V. A. (2011) [Complex for assessing the isothermal properties of vans and useful cooling capacity of transport refrigeration systems]. *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov* [Journal of automotive engineers]. Vol. 1(66), pp. 30–32. (In Russ.).

8. Kornienko, V. N., Gryzunov, A. A., Avilova, S. V. (2018) [Maintenance of temperature regimes during intracity transportation of chilled meat products]. *Vse o myase* [All about meat]. Vol. 8, pp. 44–48. (In Russ.).

9. Petrov, A. A. (2017) [Testing station for checking vehicles for compliance with the requirements of the ATP]. *Nauchnyy zhurnal Transportnyye sistemy* [Scientific journal Transport systems]. Vol. 3(6), pp. 12–20. (In Russ.).

10. Petrov, A. A. (2017) [Improving the methodology for assessing the isothermal properties of automobile vans]. *Tezisy dokladov XVI Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Budushcheye tekhnicheskoy nauki»* [Abstracts of the XVI International Youth Scientific and Technical Conference "The Future of Engineering"]. N. Novgorod, NSTU, pp. 299–301. (In Russ.).

11. Tursunov, Oybek Abdukhalim ugli (2020) [Reduction of fuel consumption by the refrigeration system of isothermal trucks]. *Zhurnal Universum: Tekhnicheskiye nauki* [Universum Journal: Engineering Sciences]. Vol. 12(81), pp. 45–47.

12. Commere, B. (1999) Risks Assessment in the Cold Chain. 20th International Congress of Refrigeration. *Sydney: IIR/IIF*. Vol. IV. P. 442. (In Engl.).

13. Landfeld, A., Kazilova, L., Houska, M. (2011) Time temperature histories of perishable foods during shopping, transport and home refrigerated storage. Proceedings of ICR August 21–26. *Prague, Czech Republic*, 2011. (In Eng.).

14. Hoang, H. M. et al. (2011) Evaluation of food safety along the cold chain by determining and stochastic approaches. Proceedings of ICR August 21–26. *Prague, Czech Republic*, 2011. (In Eng.).

15. Recommendations for Chilled Storage of Perishable Produce. France, Paris: IIR. 2000. 145 p.

Информация об авторах:

Александр Алексеевич Петров, аспирант, научная специальность 05.05.03 Колесные и гусеничные машины, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева; ведущий инженер испытательной лаборатории, Некоммерческое партнерство «Институт сертификации автомототехники», Нижний Новгород, Россия

ORCID ID: 0000-0002-0890-933

e-mail: petrov1994@inbox.ru

Николай Александрович Кузьмин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

Author ID: 635584

e-mail: knanntu@mail.ru

Вклад соавторов:

Конфликт интересов отсутствует.

Петров А. А. – подготовка и обработка теоретического обзора литературы, проведение исследования, обработка результатов испытаний, формулировка выводов, оформление рукописи.

Кузьмин Н. А. – формирование первичной структуры исследования, наполнение исследования и обобщение результатов.

Статья поступила в редакцию: 19.10.2021; принята в печать: 18.04.2022.
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:
Aleksandr Alekseevich Petrov, post-graduate student, specialty 05.05.03 Wheeled and caterpillar vehicles, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev; Leading Engineer of the Testing Laboratory, Non-Profit Partnership «Institute for Certification of Automotive Equipment», Nizhny Novgorod, Russia
ORCID ID: 0000-0002-0890-933
e-mail: petrov1994@inbox.ru

Nikolai Alexandrovich Kuzmin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Motor Transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
Author ID: 635584
e-mail: knanntu@mail.ru

Contribution of the authors:
There is no conflict of interest.
Petrov A. A. – preparation and processing of the theoretical literature review, conducting research, processing of test results, formulation of conclusions and design of the manuscript.
Kuzmin N. A. – formation of the primary structure of the study, research content and generalization of results.

The paper was submitted: 19.10.2021.
Accepted for publication: 18.04.2022.
The authors have read and approved the final manuscript.