

УДК 615.832.9

Анализ тепловой нагрузки систем охлаждения холодильных автотранспортных средств

Канд. техн. наук, доцент **Румянцев Ю.Д.** yurumyantzev@ya.ru

Веселкин Ф.О. d2spnkCzmk@yahoo.com

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Одной из основных целей в современной холодильной промышленности это уменьшение энергозатрат, увеличение качества хранения и перевозки скоропортящихся продуктов. Особое внимание уделяют холодильному транспорту, такому как авторефрижераторы, к которым предъявляют жесткие требования по сохранности скоропортящихся продуктов питания и повышению энергоэффективности, что обуславливается правильным подбором холодильного оборудования, в течении всего срока эксплуатации. В данной работе будут подробно рассмотрены основные методы расчета тепловой нагрузки и определения коэффициента теплопередачи, какими требованиями они контролируются и что было внесено нового, за счет многолетнего опыта и многократных тестирования холодильного оборудования при разных условиях эксплуатации. Внесены дополнительные параметры, учитывающие такие процессы как: многократное открывание дверей кузова, изменение свойств теплоизолированной поверхности из-за "старения" кузова автомобиля. Приведены примеры, на которых, можно наглядно рассмотреть зависимость тепловой нагрузки от объема, "старения" теплоизолированной поверхностей кузова, количества открывания дверей и степени загрузки автомобиля.

Ключевые слова: холодильный транспорт, промышленный стандарт, DIN 8959, международное АТР-соглашение, коэффициент «старения», тепловая нагрузка.

DOI:10.17586/2310-1148-2016-9-4-62-70

Analysis of the thermal load of cooling systems refrigeration vehicles

Ph.D. Rumantcev U.D. yurumyantzev@ya.ru

Veselkin F.O. d2spnkCzmk@yahoo.com

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

One of the main goals of modern refrigeration industry is to reduce energy costs, increase the quality of storage and transportation of perishable goods. Particular attention is paid to refrigerated transport, such as refrigerated trucks, which impose stringent requirements on the safety of perishable foods and maintaining energy efficiency, which is caused by correct selection of refrigeration equipment, during the entire period of operation. In this work will detail the basic methods of calculation of the thermal load and the determination of the coefficient of heat transfer, what requirements they are controlled, and that was made of the new, by years of experience and multiple testing of refrigeration equipment under different operating conditions. Made additional parameters that take into account processes such as multiple door openings of the body, changing the properties of the heat-insulated surface because of the "aging" of the car body. The examples, which you can clearly see the dependence of the thermal load on the volume, "aging" heat-insulated body surfaces, the number of door openings and the degree of loading of the car.

Keywords: refrigerated transport, industry standard, DIN 8959, the international ATP-agreement, the rate of "aging" heat load.

Перевозка скоропортящихся пищевых продуктов в соответствии с СПС (Женевским соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок) и требованиями СЭС должна осуществляться на специальных транспортных средствах, в функцию которых входит создание и поддержание нужных температурных режимов в грузовом отсеке, зависящих от вида перевозимой продукции. На сегодняшний день к авторефрижераторам предъявляют жесткие требования по безопасности и сохранности перевозимых грузов. Это заложено в ГОСТах на перевозку замороженных и мороженых продуктов и нормами Санэпиднадзора.

Из основных направлений холодильного транспорта мы можем выделить такие как: уменьшение потерь хладагента в атмосферу, использование модифицированной газовой среды, при перевозке овощей и фруктов,

снижение энергопотребления, повышение уровня автоматизации. Холодильный транспорт используется в качестве перевозки охлаждённых и замороженных пищевых продуктов, путем использования автомобильного железнодорожного и водного транспорта. К таким видам транспорта относятся: поезда холодильники, рефрижераторные вагоны, авторефрижераторы, суда-рефрижераторы [1].

На сегодняшний день авторефрижераторы используют не только для перевозок внутри города, но и на дальние расстояния до 3 тыс. км. Сам автомобильный холодильный транспорт, предоставляет высокую скорость доставки и все чаще применяется для снабжения приморских населенных пунктов и более отдаленных от рыболовных портов городов, но и для международных перевозок [2]. Сегодня холодильный транспорт контролируется требованиями СЭС и СПС, также АТР соглашением о международных перевозках скоропортящихся продуктов. В соответствии с этим ключевую роль играет энергоэффективность холодильного транспорта, что рассматривается в таких нормах контроля, как DIN 8959 и DIN 8859.

Для того чтобы авторефрижератор подходил по условиям энергоэффективности изначальный расчет начинается с подбора нужного холодильного агрегата для современного авторефрижератора. Определяют максимальную тепловую нагрузку на автомобиль, учитывая погодные условия и температуру того или иного региона, где будет эксплуатироваться автомобиль.

Чтобы определить тепловую нагрузку на холодильное оборудование пользуются следующим методом расчета руководствуясь справочником СПС за 2015 год [11]:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \tag{1}$$

где, Q – общая тепловая нагрузка, (Вт); Q_1 - теплоприток через наружные ограждения, (Вт); Q_2 – теплоприток от перевозимого груза, (Вт); Q_3 - теплоприток за счет инфильтрации воздуха, (Вт).

$$Q_1 = Q_{1к} + Q_{1L} \tag{2}$$

где, $Q_{1к}$ - теплоприток через ограждение за счет конвекции, (Вт); Q_{1L} - теплоприток через ограждение за счет лучистого теплообмена (солнечной радиации), (Вт).

$$Q_{1к} = k * \sum F_m * (T_{вн} - T_{н}) * 1,75 \tag{2.1}$$

где, K – Изотермический коэффициент кузова, (Вт/м²*К); F_m – Средняя площадь поверхности кузова, (м²);

Средняя площадь поверхности рассчитывается следующим образом:

$$F_m = \sqrt{F_{вн} * F_{н}}$$

где, F_{int} – Внутренняя поверхность всех стенок кузова, м²; F_{ext} – Наружная поверхность всех стенок кузова, м²;

$T_{вн}$ – Минимальная требуемая температура внутри кузова в случае использования для охлаждения, в °С;

– Максимальная требуемая температура внутри кузова в случае использования для нагрева, в °С;

$T_{н}$ – Максимальная наружная температура в случае использования для охлаждения, в °С;

– Минимальная наружная температура в случае использования для нагрева, в °С;

1,75 – Минимальный коэффициент безопасности согласно АТР для холодильных агрегатов с вентиляцией.

$$Q_{1L} = \frac{1}{2} * k * F * \Delta t_c * t_{езды} / 24 \tag{2.2}$$

где, Δt – избыточная разность температур, °С. Обычно принимают $\Delta t_c = 15^\circ\text{C}$

$$Q_2 = G * \frac{\Delta h * 1000}{\tau_p * 3600} \tag{3}$$

где, G – масса продукта, кг; Δh – разность энтальпий продукта при загрузке и выгрузке, Дж/кг; τ_p – длительность рейса, ч.

$$Q_3 = \left(n/3,6 \right) * V_{\text{куз.}} * \rho * (h_{\text{н}} - h_{\text{вн}}) \tag{4}$$

где, $n=1$ – кратность воздухообмена за 1 час, ($\text{м}^3/\text{ч}$); $V_{\text{куз.}}$ –внутренний объем изотермического кузова, (м^3); $h_{\text{н}}$ и $h_{\text{вн}}$ – энтальпия воздуха снаружи и внутри кузова, ($\text{Дж}/\text{кг}$); ρ – плотность наружного воздуха, ($\text{кг} * \text{м}^{-3}$).

В дальнейшем к данному методу на основании DIN 8959 дополняются дополнительные коэффициенты нагрузки, такие как дополнительная нагрузка за счет частоты открывания дверей. И стандартное уравнение принимает вид:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \tag{1.1}$$

Где Q_4 – теплоприток при открывании дверей, Вт.

$$Q_4 = q_{\text{дв}} * (t_{\text{н}} - t_{\text{вн}}) * \frac{\tau_{\text{дв}}}{60 * \tau_{\text{р}}} * m \tag{5}$$

где, $q_{\text{дв}}$ – удельный расход холода при открывании дверей, ($\text{Вт}/\text{м}^2 * \text{К}$) (см. табл. 1); $\tau_{\text{дв}}$ – длительность нахождения двери открытой, мин.; m – число открываний дверей за рейс; $\tau_{\text{р}}$ – длительность рейса, час.

Таблица №1

Продолжительность открывания дверей, мин	Удельный расход холода на открывание дверей, Вт/К
1	270
2	200
3	165
4	140
5	135
10	115
15	90

Последующим этапом подбора холодильного агрегата для авторефрижератора следует подборка теплоизоляционной поверхности кузова. Сохранность кузова зависит от качества изотермического кузова, в котором эти продукты перевозят. Состояние кузова оценивается его способностью сохранить заданную температуру максимально длительный промежуток времени. Основным параметром, характеризующим теплоизоляционные качества изотермического кузова, является коэффициент теплопередачи, зависящий от конструкции и материалов, из которых он изготовлен [3]. Коэффициент теплопередачи рассчитывают по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \sum \frac{K_i * F_i}{F} \tag{6}$$

где, $K_{\text{общ}}$ – общий коэффициент теплопередачи, ($\text{Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$); K_i – коэффициент теплопередачи элемента ограждения (стен, крыши, пола, дверей), ($\text{Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$); F_i – площадь поверхности соответствующего элемента ограждения, м^2 ; F – **среднегеометрическая площадь поверхности ограждения** изотермического кузова, м^2 .

Для определения коэффициентов теплопередачи элементов ограждения их разбивают на зоны, характерные одинаковой конструкцией (со сплошной изоляцией, с тепловыми мостиками и полумостиками).

Коэффициент теплопередачи элементов ограждения рассчитывают по формуле:

$$K_i = \frac{K_{\text{спл}} * F_{\text{спл}} + K_{\text{тм}} * F_{\text{тм}} + K_{\text{пм}} * F_{\text{пм}}}{F_{\text{спл}} + F_{\text{тм}} + F_{\text{пм}}} \tag{6.1}$$

где K_i – коэффициент теплопередачи элемента ограждения, Вт/(м²*К); $K_{спл}$, $K_{тм}$, $K_{пм}$ – соответственно коэффициенты теплопередачи сплошной изоляции, тепловых мостиков и полумостиков; $F_{спл}$, $F_{тм}$, $F_{пм}$ – соответственно площади сплошной изоляции, тепловых мостиков и полумостиков, м².

Коэффициент теплопередачи каждой из зон определяют по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda_i} + \frac{1}{a_2}} \tag{6.2}$$

где K – коэффициент теплопередачи зоны, Вт/(м²*К); a_1 – коэффициент теплоотдачи от наружного воздуха к стенке, Вт/(м²*К); δ_i – толщина слоя каждого материала, м; a_2 – коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны кузова, Вт/(м²*К), обычно принимают $a_2 = 8,7$ Вт/(м²*К); λ_i – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м²*К) (см. табл. 2).

Таблица №2

материал	коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м ² *К)
Стеклопластик	0,0025
Пенополиуретан	0,032 ÷ 0,041
Пенополистирол	0,041 ÷ 0,005
Алюминий	209,3
Сталь	45,4

Коэффициент a_1 , можно определить по формуле:

$$a_1 = 4,9 + 15,1 * \sqrt{\omega} \tag{6.3}$$

где, ω – скорость движения автомобиля.

Коэффициент теплопередачи не должен превышать значений: 0,7 Вт/(м²*К) – для обычного изотермического кузова; 0,4 Вт/(м²*К) – для кузова с усиленной теплоизоляцией.

Во втором случае коэффициент теплопередачи определяется следующим образом:

$$K_{общ} = \sum \frac{w}{F * \Delta T} \tag{6.4}$$

где, W – тепловой поток, передаваемый кузову, Вт; F – средняя поверхность теплоображающей конструкции, м²; ΔT – разность температур между средней внутренней температурой воздуха в кузове и средней наружной температурой воздуха.

F – определяется, как среднее геометрическое значение площадей внутренней поверхности $F_{вн}$ и наружной поверхности $F_{н}$ кузова:

$$F_m = \sqrt{F_{вн} * F_{н}} \tag{6.5}$$

Определение площадей поверхности $F_{вн}$ и $F_{н}$ осуществляется с учетом особенностей конструкции кузова, таких как закругления и т.д. Однако если кузов имеет покрытие типа гофрированного листа, то за искомую поверхность принимается плоская поверхность этого покрытия, а не ее развертка.

Если кузов имеет форму параллелепипеда, то средней внутренней температурой кузова является среднее арифметическое значение температур воздуха, измеряемых на расстоянии 0,1 м от стенок в следующих 12 точках:

- А) в восьми внутренних углах кузова;
- Б) в центре четырех внутренних плоскостей кузова, имеющих наибольшую площадь.

Если кузов не имеет форму параллелепипеда, то должна быть разработана методика определения мест расположения 12 точек измерения, которые наилучшим образом учитывают форму кузова [1].

Средней температурой стенок кузова является среднее арифметическое значение средней наружной температуры кузова и средней внутренней температуры кузова:

$$t_{cp} = \frac{t_{вн} + t_{н}}{2} \tag{7}$$

Колебание средней наружной и средней внутренней температуры кузова не должны превышать 0,3 °С в течение периода устойчивого состояния.

Дополнительные введения и поправки в учет контроля тепловой нагрузки на холодильный транспорт

На основании полученных расчётов, описанных ранее, специалисты подбирают холодильную систему, в которой учитываются основные тепловые нагрузки от внешней среды и периодического открывания дверей на протяжении всего рейса, а также и толщина теплоизоляционной стенки кузова автомобиля. На сегодняшний день контроль за энергоэффективностью авторефрижератора ведется все более и более детально. В 1965 году было дополнительно рассмотрено такое понятие, как «старение» кузова. Было замечено и учтено, что при долгом сроке эксплуатации автомобиля теплоизоляционные свойства кузова начинают постепенно понижаться, из-за чего требуется большая холодопроизводительность холодильного агрегата, чем была ранее. В таких нормативных документах как DIN 8959 подробно рассмотрены и приведены зависимости, как дополнительные нагрузки за счет «старения» кузова с учетом объема прицепа и частоты открывания дверей. Теперь подробнее о самом DIN 8959.

Первое издание немецкого промышленного стандарта DIN 8959 для технических требований термически изолированных транспортных средств и их холодильных установок было опубликовано в 1965 г. Это оригинальное издание затем было использовано в качестве основы для международного АТР-соглашения о трансграничной перевозке скоропортящихся продуктов, подписанного в 1970 г. Соглашение АТР – это соглашение о международных перевозках скоропортящихся продуктов питания и о специальных транспортных средствах, используемых для таких перевозок. Важнейшие темы, регулируемые соглашением: классификация транспортных средств в соответствии с их пригодностью и оборудованием для транспортировки скоропортящихся продуктов питания, технические требования к транспортному средству для перевозки скоропортящихся продуктов питания относительно теплоизоляции и оснащения холодильной установкой, методы измерения для определения теплоизоляционных характеристик и для определения мощности холодильных установок и обогревателей, установление температуры при транспортировке в зависимости от видов продуктов питания, проверка соответствия стандарту согласно соглашению АТР и нормам DIN 8958 и 8959. В соглашении АТР "Соглашение о международных перевозках скоропортящихся продуктов питания и о специальных транспортных средствах, используемых для таких перевозок" содержатся требования, предъявляемые к транспортным средствам, а также их контролю. Оно предусматривает перевозки на дальние расстояния и для перевозок по территории Германии не обязательно [7].

Тем не менее, требования к теплоизоляционным кузовам и к холодильным установкам, а также контролю для определения коэффициента полной теплопередачи кузова и контроля для определения полезной холодопроизводительности холодильной установки, описанных в соглашении АТР и в норме DIN 8959, соизмеримы.

Впервые DIN 8959, 95-го декабря издания, требовал рассмотреть вопрос «старения» в изотермических кузовах транспортных средств в расчете, чтобы установить требуемую мощность охлаждения. Для следующей таблицы используется «стареющий» коэффициент 1,3 в течение 6 лет и 1,5 в течение 9 лет. Это ухудшение К-значения соответствует опыт, накопленный различными европейскими АТП-испытательными станциями с особенно хорошо изолирующей CFC пеной [6].

Таблица №3

Размеры в собранном виде						
Внутренняя длина	4,2	5,2	6,2	7,4	10,4	13,4
ширина салона	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Внутренняя высота	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4
Площадь	51,36	60,83	70,31	85,65	115,26	144,87

Внутренний объем	22,64	28,03	33,42	43,51	61,15	78,79	
производительность воздуха 30- / 60-кратный (груз / порожнем)	679/1358	841/1682	1,002/2,005	1305/2611	1835/3669	2364/472	
требуется мощность охлаждения в дальнемагистральных перевозках в АТФ безопасности дополнительная плата в размере 75%							
новое состояние	1887	2236	2584	3148	4236	5324	W
в возрасте от 6 лет	2454	2906	3359	4092	5507	6921	W
в возрасте от 9 лет	2831	3353	3876	4721	6,354	7986	W
требуется мощность охлаждения распределения транспорта до 2-х дверных проемов в час (коэффициент заполнения 1,6 = 62%)							
новое состояние	2740	3300	3860	4827	6612	8398	W
в возрасте от 6 лет	3258	3913	4568	5691	7774	9,858	W
в возрасте от 9 лет	3603	4321	5041	6266	8549	10831	W
до 3-х дверных проемов в час (коэффициент заполнения 1,8 = 55 %)							
новое состояние	3653	4418	5184	6527	8980	11433	W
в возрасте от 6 лет	4235	5108	5981	7498	10287	13076	W
в возрасте от 9 лет	4624	5568	6513	8146	11158	14171	W
4 дверных проемов в час (коэффициент заполнения 2,5 = 50%)							
новое состояние	4693	5694	6696	8471	11690	14909	W
в возрасте от 6 лет	5340	6460	7582	9550	13142	16735	W
в возрасте от 9 лет	5771	6971	8172	10269	14110	17952	W
5 дверных проемов в час (коэффициент заполнения 2,2 = 45%)							
новое состояние	5859	7127	8395	10658	14742	18827	W
в возрасте от 6 лет	6571	7970	9369	11845	16340	20835	W
в возрасте от 9 лет	7046	8532	10019	12636	17405	22173	W

Требуемая холодильная пошлина за доставку транспортных средств теперь определяется более детально. Факторы, которые изложены для дополнительных потребностей в холоде, вызванные воздухообменом при доставке к 2, 3, 4 или 5 клиентам в час с открытиями дверей макс. на 3 минуты [6]. В случае более длительного времени открывания, чем на 3 минуты и других факторов, чтобы компенсировать загрузочным люком приток тепла и уменьшение холодильной нагрузки должны использоваться единицы измерения времени запуска.

В реальных условиях внутригородских перевозок, при доставке в большое количество точек выгрузки (4÷10), температурные режимы в изотермическом кузове не выдерживаются, что приводит к снижению качества грузов. Специалистами ГНУ ВНИХИ и ФГУП ПО «Завод имени Серго» проведены испытания, изотермического кузова класса А с обычной изоляцией ($\delta = 50$ мм), предназначенного для перевозки охлаждаемых скоропортящихся пищевых продуктов при температуре $0 \div +7$ °С. Общий коэффициент теплопередачи кузова $K = 0,47$ Вт/(м²*К). Измерения температуры воздуха внутри и снаружи кузова осуществлялись с помощью термометров сопротивления. Испытания проводились на стенде без загрузки кузова при температуре окружающего воздуха $25 \div 29$ °С, с открыванием и без открывания дверей (рис. 1).

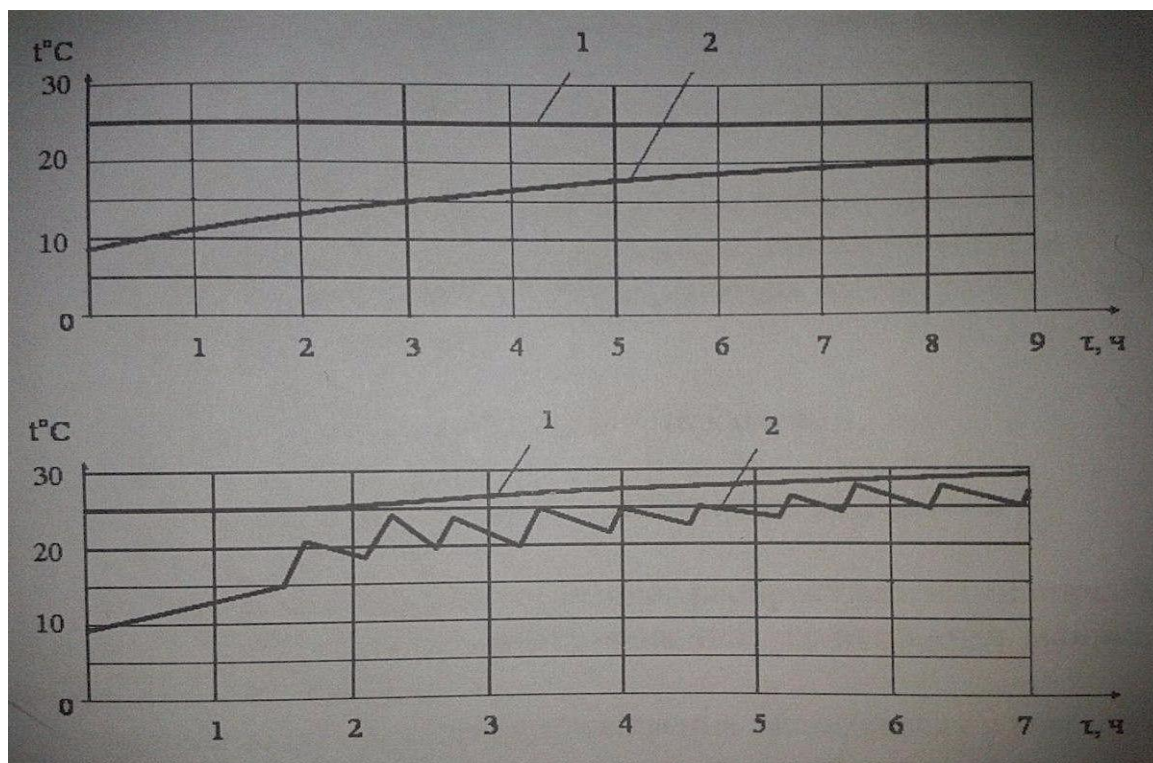


Рис. 1. Изменение температуры в изотермическом автофургоне:

1 – температура окружающего воздуха; 2 – температура воздуха в изотермическом кузове;
а – без открывания двери; б – с открыванием двери.

Уставлено, что в изотермическом кузове с открыванием и без открывания дверей не обеспечиваются условия транспортировки продукта при повышенных температурах окружающего воздуха. Без открывания дверей температура в кузове через 2 часа превысила значения 12 °С, а через 8 часов достигла +20 °С и стала лишь на $7 \div 8$ °С ниже окружающего воздуха [2].

После первого открывания двери температура воздуха в кузове превысила 20 °С, а через 5 часов практически сравнялась с температурой окружающего воздуха. Температурный режим внутри изотермического кузова поддерживается за счет холода, аккумулированного в перевозимом грузе, однако при транспортировке температура груза постоянно повышается. Чем чаще открываются двери, и чем меньше степень загрузки, тем быстрее повышается температура воздуха в кузове, что неизбежно приводит к ухудшению качества продуктов.

На сегодняшний день основной метод расчета затрачиваемой холодопроизводительности будет выглядеть так:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4' \tag{1.2}$$

Где в наличии от вышеперечисленных параметров дополнительно будет присутствовать новый параметр тепловой нагрузки Q_4' , который определяет количество поступающего тепла в изотермический кузов в связи с одновременным “состарением” кузова, периодического открывания дверей во время рейса и в зависимости от степени загрузки, примеры которых приведены в таблице 3, часть которой взята из стандарта DIN 8959. В качестве примера рассмотрим три нагрузки на холодильное оборудование у трех марок авторефрижераторов, которые будут в новом, шестилетнем и девятилетнем состояниях.

На примере таких авторефрижераторов, как Supra 550 в новом состоянии, Thermo King марки MD-200 30 SR шестилетней давности и Supra 950 девятилетней давности, рассчитаем затраты мощностей на холодильное оборудование. Основными нагрузками на холодильное оборудование будут теплопритоки от внешней среды, метод расчета которых представлен выше, также дополнительно будут учитываться теплопритоки за счет «состарения» кузова и периодического открывания дверей по DIN 8959, и степени загрузки.

Так используя руководство по выбору агрегата компании Carrier, мы можем увидеть, что для поддержания нулевой температуры в кузове объемом 44 м³ автомобиля марки Supra 550 в новом состоянии и периодичностью открывания дверей дважды в час, при наружной температуре 30°, требуется 5490 Вт холодопроизводительности [9]. К этой цифре дополнительно добавляем нагрузку за счет «старения» кузова и дополнительного теплопритока, за счет открывания дверей, что будет составлять 4827 Вт, в конечном результате получаем 10317 Вт холодопроизводительности, потребуется для сохранения и поддержания нулевой температуры в кузове при данных условиях.

Рассматривая пример рассмотрим Thermo King MD-200 30 SR, объемом кузова 60 м³, шести летней давности с периодичностью открывания дверей 3 раза в час, при наружной температуре 30°, потребуется 7810 Вт холодопроизводительности [10]. Также учтем дополнительные затраты на открывание дверей и «старения» кузова и получим 11158 Вт. Общая сумма будет составлять 18968 Вт тепловой нагрузки на оборудование.

Последним примером будет Supra 950, где требуется поддерживать нулевую температуру в кузове объемом 80 м³ девяти летней давности и с пятикратным открыванием дверей в час, при наружной температуре 30°, требуется 10770 Вт холодопроизводительности [9], к чему еще добавим коэффициент «старения» и теплоприток за счет открывания дверей, что будет составлять 22173 Вт дополнительной нагрузки на холодильное оборудование. В общей сумме получим 32943 Вт холодопроизводительности, требуемой данному агрегату для создания оптимальных условий хранения и перевозки скоропортящихся продуктов.

Данные примеры нам показывают, что автомобиль в новом состоянии испытывает дополнительную нагрузку лишь за счет открывания дверей на 87 % больше нормы, во втором случае уже появляется нагрузка на холодильное оборудование как за счет «старения» кузова, так и более частого открывания дверей, что будет превышать норму на 142 % и в конечном примере, с кузовом девятилетней давности и периодическим открыванием дверей, нагрузка будет превышать норму в 200 %.

Исходя из опыта в связи с повторными проверками согласно АТР, рекомендуется рассчитывать полезную холодопроизводительность транспортной холодильной установки с коэффициентом запаса 2,5, чтобы даже после многих лет эксплуатации обеспечивалась достаточная холодопроизводительность (старение кузова и транспортной холодильной установки) для поддержания оптимальной температуры, чтобы перевозить скоропортящиеся продукты в оптимальных для их хранения условиях.

Литература

1. *Курылев Е.С., Герасимов Н.А.* Холодильные установки. Изд. 2-е. Л., «Машиностроение», 1970 г., стр. 672. Табл. 50, Илл. 319, Библ. 67 назв.
2. *Белозеров Г.А., Бабакин Б.С., Грызунов А.А., Помазкина Н.В., Шавра В.М.* Авторефрижераторный транспорт и контейнеры: Учеб. пособие. – Рязань: ГУП РО «Рязанская областная типография», 2010. – 298 с.
3. *Венгер К.П.* «Тепловой и конструктивный расчет воздухоохладителей», Учеб.-метод. пособие. М: МГУПБ. «2010.-15 с.
4. *Голянд М.М., Малеванный Б.Н.* Сборник примеров расчетов и лабораторных работ по курсу холодильное технологическое оборудование: Учеб. Пособие. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 150 с.
5. Что такое АТР-соглашение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aw-impex-klima.ru/standarty-atp.php>.
6. Описание DIN 8959 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.frigoblock.com/de/technologie-umwelt/wissenswertes/kaeltebedarfsrechnung.html>.
7. Дополнения к АТР-соглашению [Электронный ресурс]. URL: <http://www.frigoblock.com/de/technologie-umwelt/wissenswertes/atp.html>.
8. *Венгер К.П., Мотин В.В.* Теоретические основы низкотемпературной техники, Учеб. – метод. пособие, М: 2004.-75 с.
9. Руководство по выбору агрегата [Электронный ресурс]. URL: <http://www.carrier.com/container-refrigeration/en/worldwide/>.
10. Технические характеристики авторефрижератора марки ThermoKing [Электронный ресурс]. URL: <http://europe.thermoking.com/slxi/range.php>.
11. СПС с поправками внесенными по состоянию на 30 сентября 2015 года.

References

1. Kurylev E.S., Gerasimov N.A. Holodil'nye ustanovki. Izd. 2-e. L., «Mashinostroenie», 1970 g., str. 672. Tabl. 50, Ill. 319, Bibl. 67 nazv.
2. Belozеров G.A., Babakin B.S., Gryzunov A.A., Pomazkina N.V., Shavra V.M. Avtorefrizheratornyj transport i kontejnery: Ucheb. posobie. – Rjazan': GUP RO «Rjazanskaja oblastnaja tipografija», 2010. – 298 s.
3. Venger K.P. «Тепловой i конструктивный raschet vozduhoohladiatelej», Ucheb.-metod. posobie. M: MGUPB. «2010.-15 s.
4. Goljand M.M., Malevannyj B.N. Sbornik primerov raschetov i laboratornyh rabot po kursu holodil'noe tehnologicheskoe oborudovanie: Ucheb. Posobie. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981. – 150 s.
5. Chto takoe ATP-soglasenie [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.aw-impex-klima.ru/standarty-atp.php>.
6. Opisanie DIN 8959 [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.frigoblock.com/de/technologie-umwelt/wissenswertes/kaeltebedarfsrechnung.html>.
7. Dopolnenija k ATP-soglaseniju [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.frigoblock.com/de/technologie-umwelt/wissenswertes/atp.html>.
8. Venger K.P., Motin V.V. Teoreticheskie osnovy nizkotemperaturnoj tehniki, Ucheb. – metod. posobie, M: 2004.75 s.
9. Rukovodstvo po vyboru agregata [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.carrier.com/container-refrigeration/en/worldwide/>.
10. Tehnicheskie harakteristiki avtorefrizheratora marki ThermoKing [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://europe.thermoking.com/slxi/range.php>.
11. SPS s popravkami vnesennymi po sostojaniju na 30 sentjabrja 2015 goda.

Статья поступила в редакцию 28.11.2016 г.