Выбор специального транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов по железной дороге

Т. И. НАБАТЧИКОВА¹, С. Н. НАУМЕНКО², А. В. КОСТИН¹, Г. Б. ГУСЕВ¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО «РУТ» (МИИТ)), Москва, 127994, Россия

²Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Важную роль в доставке скоропортящихся грузов с сохранением их исходных качеств играет правильность выбора специального транспортного средства, а также точность оценки предельного срока перевозки. Согласно требованиям Правил перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов все специальные транспортные средства в срок до 1 января 2022 г. должны получить свидетельства о соответствии нормам, установленным Соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок. Данное требование распространяется на специальные транспортные средства, применяемые как при международном сообщении, так и для перевозки скоропортящихся грузов внутри страны.

В статье представлена краткая классификация специальных транспортных средств, использующихся для перевозки скоропортящихся грузов. Приведены формулы, позволяющие рассчитать длительность перевозки таких грузов и среднюю температуру наружного воздуха на всем пути следования. Разработан порядок выбора специального транспортного средства при уже известной длительности транспортировки груза. Сделан вывод, что предлагаемый авторами порядок действий позволяет выбрать оптимальное специальное транспортное средство для перевозки скоропортящихся грузов. Использование данной последовательности расчета дает возможность учесть максимальное количество внешних факторов, оказывающих влияние на длительность перевозки.

Ключевые слова: длительность перевозки скоропортящихся грузов; изотермическое транспортное средство; специальное транспортное средство; коэффициент теплопередачи; средняя температура наружного воздуха; порядок выбора

Введение. Доставка скоропортящихся грузов с исходным качеством в значительной мере зависит от выбора специального транспортного средства и верности расчета времени доставки потребителю.

4 марта 2019 г. были утверждены Правила перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов [1]. В них указано, что все специальные транспортные средства в срок до 1 января 2022 г. должны получить свидетельства о соответствии нормам, установленным Соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных

для этих перевозок (СПС) [2]. Данное Соглашение действует с 1970 г., в нем состоит 50 стран, включая США. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.06.2001 г. № 788-р при допуске специальных транспортных средств для перевозки скоропортящихся грузов обязательно выполнение требований СПС. Требование об обязательном наличии свидетельства распространяется на специальные транспортные средства (СТС), применяемые как при международном сообщении, так и для перевозки скоропортящихся грузов (СПГ) внутри страны.

Обзор существующего парка СТС и методов оценки коэффициента теплопередачи кузова. На данный момент при международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов «изотермическими транспортными средствами», «ледниками», «рефрижераторами» или «отапливаемыми транспортными средствами» специальными транспортными средствами могут считаться только те, которые удовлетворяют определениям и нормам, указанным в приложении 1 к СПС.

В связи с тем, что парк специальных транспортных средств непрерывно обновляется и на рынке перевозок появляются новые технологии, регулярно подвергаются корректировке и совершенствуются на ежегодных заседаниях Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН теплотехнические нормативы, изложенные в СПС.

Исходя из требований СПС [2] изотермические транспортные средства (вагоны, контейнеры для доставки тарно-штучных и насыпных грузов и цистерны для доставки жидких грузов наливом) делятся на две категории:

- а) обычные — имеющие коэффициент теплопередачи меньше $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- б) с усиленной изоляцией — имеющие коэффициент теплопередачи меньше $0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Помимо этого, транспортные средства-рефрижераторы подразделяются на ряд классов в зависимости от температуры, которую они способны поддерживать

внутри кузова при наружной температуре, равной $+30^{\circ}\text{C}$. Данная классификация представлена в таблице.

Коэффициент теплопередачи K транспортных средств классов В, С, Е и F не должен превышать $0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

К отопляемым транспортным средствам относятся изотермические транспортные средства, позволяющие повышать внутреннюю температуру порожнего кузова и затем поддерживать ее без дополнительного поступления тепла в течение по меньшей мере 12 ч на практически постоянном уровне (не ниже $+12^{\circ}\text{C}$). Возможность реализации данного условия в зависимости от наружной температуры разделяет отопляемые транспортные средства на следующие классы:

- -10°C для отопляемого транспортного средства класса А;
- -20°C для отопляемого транспортного средства класса В;
- -30°C для отопляемого транспортного средства класса С;
- -40°C для отопляемого транспортного средства класса D.

При этом коэффициент теплопередачи K отопляемых транспортных средств класса В (как и транспортных средств-рефрижераторов (ТСР) классов В, С, Е и F) должен быть меньше $0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

К транспортному средству-леднику относят изотермическое транспортное средство, которое при помощи источника холода (естественного льда с добавлением или без добавления соли, эвтектических плит, сухого льда с приспособлением, позволяющим регулировать его сублимацию, или без такового и т. д.), не являющегося механической или «абсорбционной» установкой, позволяет понижать температуру внутри порожнего кузова и поддерживать ее затем при средней наружной температуре $+30^{\circ}\text{C}$:

- на уровне не более $+7^{\circ}\text{C}$ для класса А;
- на уровне не более -10°C для класса В;
- на уровне не более -20°C для класса С;
- на уровне не более 0°C для класса D.

В соответствии с СПС проводится проверка эффективности термического оборудования отопляемых транспортных средств и ТСР, находящихся в эксплуатации.

Указанные требования являются обязательными для стран — участников СПС. Выполнение данных требований жестко контролируется посредством ежегодного их рассмотрения Комитетом по внутреннему транспорту сторон СПС.

Перевозка жидких грузов наливом может также осуществляться во флекситанках — полимерных мягких контейнерах, предназначенных для транспортировки неопасных жидких пищевых и наливных грузов. В случае необходимости флекситанк может быть помещен внутрь изотермического контейнера или вагона.

Классификация транспортных средств-рефрижераторов
Refrigerated vehicle classification

№ п/п	Класс	Значение температуры внутри кузова, $^{\circ}\text{C}$
1	A	в диапазоне от $+12$ до 0 включительно
2	B	в диапазоне от $+12$ до -10 включительно
3	C	в диапазоне от $+12$ до -20 включительно
4	D	не больше 0
5	E	не больше -10
6	F	не больше -20

При перевозке грузов в условиях, соответствующих или близких к условиям хранения груза, могут быть использованы обычные утепленные крытые вагоны с K , равным $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, или обычные крытые вагоны без тепловой изоляции.

Одна из главных проблем, возникающих при организации перевозки СПГ по железным дорогам, — правильный выбор транспортного средства и точный расчет предельного срока перевозки груза.

Коэффициент теплопередачи является одной из важнейших характеристик любого вагона, предназначенного для транспортировки СПГ. Как правило, эта характеристика определяется экспериментально для большинства ТС [3, 4, 5, 6, 7].

На данный момент разработан ряд методов оценки коэффициента теплопередачи кузова ТС.

Эти методы условно можно разделить на следующие группы:

1. Метод равновесного режима, основанный на подогреве воздуха внутри ТС.
2. Метод равновесного режима, основанный на охлаждении воздуха внутри ТС.
3. Метод неравновесного режима, основанный на подогреве воздуха внутри ТС.
4. Метод неравновесного режима, основанный на охлаждении воздуха внутри ТС.

Следует отметить, что каждый из них имеет как свои преимущества, так и свои недостатки.

Методика учета внешних факторов, влияющих на длительность перевозки СПГ. Время доставки СПГ может быть оценено из следующего дифференциального уравнения, которое записано для теплового потока, направленного внутрь изотермического транспортного средства (например, перевозка замороженных продуктов в летнее время):

$$(m_r c_r + m_b c_b) \frac{dt_r}{dt} = K_{\text{тр}} F (t_n - t_r), \quad (1)$$

где m_r , m_b — масса груза (с учетом тары) и воздуха в изотермическом транспортном средстве, кг; c_r , c_b — удельные массовые теплоемкости груза (с учетом тары) и воздуха в изотермическом транспортном средстве, Дж/(кг·К); t_r — температура воздуха и груза в изотермическом транспортном средстве, $^{\circ}\text{C}$;

t_n — температура наружного воздуха, °C; τ — время, с; $K_{тр}$ — коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций изотермического транспортного средства во время перевозки, Вт/(м²·K); F — площадь поверхности ограждающих конструкций изотермического транспортного средства, м².

Решая уравнение, получим следующее выражение:

$$\int_{t_0}^{t_{\max}} \frac{m_t c_t + m_b c_b}{F(t_n - t_r)} dt_r = K_{тр} \int_0^{\tau_{\max}} d\tau, \quad (2)$$

где $t_{\max}$ — максимальная температура, до которой может нагреться груз, °C; $\tau_{\max}$ — время, в течение которого это произойдет (максимальное время доставки груза), с; t_0 — начальная температура груза (после погрузки), °C.

Температуру наружного воздуха определяем как осредненную по времени прохождения грузом регионов τ_i с различной наружной температурой t_{ni} :

$$t_n = \left[\sum_{i=1}^n t_{ni} \tau_i \right] / \tau_{\max}, \quad (3)$$

где n — количество отрезков пути доставки груза с различными наружными температурами t_{ni} .

После решения уравнения (1) можно получить следующую зависимость:

$$\tau_{\max} = \frac{m_t c_t + m_b c_b}{K_{тр} F} \ln \frac{t_n - t_0}{t_n - t_{\max}}. \quad (4)$$

Эта зависимость позволяет подобрать изотермическое транспортное средство (по коэффициенту теплопередачи во время перевозки) или оценить предельный срок доставки скоропортящегося груза в имеющемся парке вагонов.

При перевозке жидких грузов наливом в изотермической цистерне или флекситанке ввиду отсутствия в них воздуха уравнение (4) записывается как

$$\tau_{\max} = \frac{m_t c_t}{K_{тр} F} \ln \frac{t_n - t_0}{t_n - t_{\max}}. \quad (5)$$

Необходимо отметить, что коэффициент теплопередачи, полученный при проведении теплотехнических испытаний вагона в соответствии с требованиями СПС, и коэффициент теплопередачи вагона при доставке груза потребителю отличаются друг от друга. Это объясняется тем, что расчет предельно допустимых сроков перевозки СПГ основан на значениях теплотехнических характеристик кузова изотермического транспортного средства, определенных в стационарных условиях цеха. При этом не учитываются реальные внешние факторы (температура наружного воздуха, скорость движения поезда), существенно влияющие на эти характеристики. Предварительные расчеты показывают, что при учете внешних факторов предельные сроки перевозки в зависимости от ее длительности могут быть скорректированы на

3–10 % по отношению к расчету по действующей методике [8].

Для корректировки $K_{тр}$ в зависимости от скорости движения СТС нужно использовать следующее выражение:

$$K_{тр} = \left[\sum_{i=1}^n K_{три} \tau_i \right] / \tau_{\max}, \quad (6)$$

где $K_{три}$ — коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций изотермического транспортного средства при его движении с постоянной скоростью w_i за время τ_i . Для его расчета можно воспользоваться зависимостями, описанными в [9].

Влияние солнечной радиации на тепловой режим в вагоне подробно описано в [9, 10] и в используемых на данный момент методиках расчета при выборе транспортного средства и определении времени доставки груза практически не учитывается. При оценке интенсивности прямой солнечной радиации рекомендуется использовать формулу Кастрова—Савинова [10]. Условное повышение наружной температуры, учитывающее тепловое воздействие солнечной радиации $\Delta t_{рад}$, может быть найдено из соотношения

$$\Delta t_{рад} = \frac{\rho}{\alpha_n} (I_{кр} \bar{H}_{кр} + I_{ст} \bar{H}_{ст}), \quad (7)$$

где $I_{кр}$, $I_{ст}$ — полная интенсивность солнечной радиации на крыше и одной из боковых стен вагона; $\bar{H}_{кр}$, $\bar{H}_{ст}$ — относительные доли поверхностей крыши и боковой стены в общей площади наружной поверхности вагона; ρ — коэффициент поглощения солнечных лучей поверхностью ограждения вагона (при расчетах обычно принимается равным 0,7); α_n — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждающих конструкций СПС в окружающую среду.

По результатам расчетов величина $\Delta t_{рад}$ может составлять до 15 °C.

В общем виде учесть влияние инсоляции можно следующим образом:

$$\overline{\Delta t_{рад}} = \left[\sum_{j=1}^n \Delta t_{радж} \tau_j \right] / \tau_{\max}, \quad (8)$$

где $\Delta t_{радж}$ — условное повышение наружной температуры, вычисленное по формуле (7) для одинаковой интенсивности солнечной радиации, °C; τ_j — время, при котором сохраняется одинаковая интенсивность солнечной радиации.

Тогда зависимость для определения расчетной температуры наружного воздуха примет вид

$$t_n = \left[\sum_{i=1}^n t_{ni} \tau_i \right] / \tau_{\max} + \overline{\Delta t_{рад}}. \quad (9)$$

Также ее можно записать следующим образом:

$$t_n = \left(\left[\sum_1^n t_{ni} \tau_i \right] + \left[\sum_1^n \Delta t_{рад} \tau_j \right] \right) / \tau_{max}. \quad (10)$$

Следует отметить, что в ночное время или при пасмурной погоде условное повышение температуры равно 0.

Необходимо также учитывать, что при увеличении скорости поезда, с одной стороны, растет коэффициент теплоотдачи на наружной стороне вагона, а с другой стороны — ослабляется влияние солнечной радиации [9].

Порядок выбора СТС. При заданном времени доставки груза и необходимости выбора СТС рекомендуется следующий порядок действий:

1. Разбить маршрут на участки с t_{ni} и продолжительностью движения τ_i .
2. По формуле (3) определить t_n среднее.
3. На основании метеоданных найти $I_{кр}$, $I_{ст}$ и τ_j .
4. По формуле (8) рассчитать $\Delta t_{рад}$ среднее.
5. Определить расчетную температуру наружного воздуха t_n по формуле (10).
6. Определить промежутки времени движения τ_i по маршруту следования со скоростью w_i .
7. Рассчитать время простоя груза при t_{ni} .
8. Определить α_{ni} при w_i . Зависимости для них были даны в [9].
9. Рассчитать максимальную величину $K_{тр max}$ по формуле (4) или формуле (5). Это базовая величина коэффициента теплопередачи для выбора транспортного средства.
10. Выбрать СТС на основании $K < K_{тр}$.
11. На основании значения K , полученного при теплотехнических испытаниях, для выбранного СТС определить среднее термическое сопротивление ограждающих конструкций $\left(\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)$ и коэффициент теплоотдачи от воздуха внутри СТС к его стенке.

12. Рассчитать $K_{тр}$. Методика расчета подробно описана в [9].

13. Рассчитать $K_{тр}$ по формуле (6).

14. Сравнить $K_{тр}$, полученный по формуле (6), с $K_{тр max}$, полученным по формуле (4) или формуле (5), см. п. 9. Если $K_{тр} > K_{тр max}$, выбрать другое СТС (повторить действия начиная с п. 10), если $K_{тр} \leq K_{тр max}$, данное СТС подходит для перевозки грузов, выбор СТС окончен.

Выводы. Разработанный порядок действий позволяет выбрать оптимальное специальное транспортное средство для перевозки СПГ.

Использование представленной последовательности расчета дает возможность учесть максимальное количество внешних факторов, оказывающих влияние на длительность перевозки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов [Электронный ресурс] / Министерство транспорта Российской Федерации, 4 марта 2019 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/553937031> (дата обращения: 25.07.2020 г.).
2. Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС) [Электронный ресурс] / ООН. Нью-Йорк; Женева, 2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902076335> (дата обращения: 25.07.2020 г.).
3. ГОСТ 33661–2015. Ограждающие конструкции помещений железнодорожного подвижного состава. Методы испытаний по определению теплотехнических показателей [Электронный ресурс]: дата введения 2016–10–01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200130100> (дата обращения: 25.07.2020 г.).
4. Теймуразов Н.С., Науменко С.Н. Ускоренные методы оценки коэффициента теплопередачи кузовов изотермических транспортных средств // Вестник ВНИИЖТ. 2009. № 5. С. 18–21.
5. Голубин А.А., Набатчикова Т.И., Науменко С.Н. Технология автоматизированного расчета коэффициента теплопередачи кузова транспортного средства с использованием удаленного сервера // Вестник ВНИИЖТ. 2019. Т. 78. № 4. С. 227–232. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-227-232>.
6. Давыдов Д.О. Методика расчета общего коэффициента теплопередачи кузова специального транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов // Вестник ВНИИЖТ. 2019. Т. 78. № 4. С. 249–256. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-249-256>.
7. Давыдов Д.О. Методика проведения испытаний по определению изотермических свойств кузова грузовых вагонов, предназначенных для перевозок скоропортящихся грузов, в условиях отсутствия специализированной климатической камеры // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 3. С. 171–179. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-3-171-179>.
8. Типовая методика по установлению температурных режимов и предельных сроков перевозки ОАО «РЖД» новых видов скоропортящихся грузов в изотермических транспортных средствах, кроме изотермических цистерн и контейнеров-цистерн, на особых условиях: утв. вице-президентом ОАО «РЖД» от 04.12.2012 г. № 355.
9. Набатчикова Т.И., Науменко С.Н., Гусев Г.Б. О влиянии внешних факторов на коэффициент теплопередачи кузова специализированного транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 2. С. 88–92. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-2-88-92>.
10. Бартош Е.Т. Энергетика изотермического подвижного состава. М.: Транспорт, 1976. 304 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

НАБАТЧИКОВА Татьяна Игоревна, аспирант, кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта», ФГАОУ ВО «РУТ» (МИИТ)

НАУМЕНКО Сергей Николаевич, д-р техн. наук, начальник отдела Центра электрификации и теплоэнергетики (ЦЭТ), АО «ВНИИЖТ»

КОСТИН Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта», ФГАОУ ВО «РУТ» (МИИТ)

ГУСЕВ Глеб Борисович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта», ФГАОУ ВО «РУТ» (МИИТ)

Статья поступила в редакцию 27.07.2020 г., актуализирована 25.10.2020 г., принята к публикации 16.11.2020 г.

Для цитирования: Выбор специального транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов по железной дороге / Т. И. Набатчикова [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 6. С. 360–364. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-6-360-364>.

Selection of special vehicle for transportation of perishable freights by rail

T. I. NABATCHIKOVA¹, S. N. NAUMENKO², A. V. KOSTIN¹, G. B. GUSEV¹

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport" (FGAOU VO "RUT" (MIIT)), Moscow, 127994, Russia

² Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZHT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Delivery of perishable freights in proper quality essentially depends on the correct choice of a special vehicle and the correct calculation of the delivery time. According to the requirements of the Rules for the transportation of perishable freights by rail, all special vehicles by January 1, 2022 must obtain certificates of compliance with the standards established by the Agreement on the International Transportation of Perishable Foodstuffs and on special vehicles intended for these transports. This requirement applies to special vehicles used both in international traffic and for transport of perishable freights within the country.

The article presents a brief classification of special vehicles used for the transportation of perishable freights. Formulas are given that allow calculating duration of transportation of such freights and average temperature of the outside air along the entire route. Procedure for choosing a special vehicle for the already known duration of freight transportation has been developed. It is concluded that the procedure proposed by the authors allows choosing the optimal special vehicle for the transportation of perishable freights. Using this sequence of calculations makes it possible to take into account the maximum number of external factors that affect the duration of transportation.

Keywords: duration of transportation of perishable freights; isothermal vehicle; special vehicle; heat transfer coefficient; average outside temperature; order of selection

DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-6-360-364>

REFERENCES

1. *Rules for transportation of perishable freights by railways.* Ministry of Transport of the Russian Federation, March 4, 2019. URL: <http://docs.cntd.ru/document/553937031> (retrieved on 25.07.2020) (in Russ.).
2. *Agreement on the international transport of perishable foodstuffs and on special vehicles intended for this transportation (ATP).* UN. New York; Geneva, 2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902076335> (retrieved on 25.07.2020) (in Russ.).
3. GOST 33661–2015. *Protecting constructions of the railway rolling stock premises. Test methods for determining the thermal technical indicators.* URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200130100> (retrieved on 25.07.2020) (in Russ.).
4. Teymurazov N. S., Naumenko S. N. *Accelerated methods for assessing the heat transfer coefficient of bodies of isothermal vehicles.* Vestnik of the Railway Research Institute, 2009, no. 5, pp. 18–21.
5. Golubin A. A., Nabatchikova T. I., Naumenko S. N. *Automated analysis technology for the transport superstructure heat transfer coefficient using a remote server.* Vestnik of the Railway Research

Institute, 2019, Vol. 78, no. 4, pp. 227–232. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-227-232>.

6. Davydov D. O. *Calculation method for the overall heat-transfer coefficient of a technical transport superstructure for perishables in traffic.* Vestnik of the Railway Research Institute, 2019, Vol. 78, no. 4, pp. 249–256. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-249-256>.

7. Davydov D. O. *Testing procedure for determining isothermal properties of the freight car body intended for the transport of perishable freights in the absence of specialized climate chamber.* Vestnik of the Railway Research Institute, 2020, Vol. 79, no. 3, pp. 171–179. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-3-171-179>.

8. *Typical methodology for setting temperature regimes and deadlines for the transport of new types of perishable freights by the Russian Railways in insulated vehicles, except for isothermal tanks and tank containers, under special conditions.* Approved by the Vice President of the Russian Railways dated December 4, 2012 No. 355 (in Russ.).

9. Nabatchikova T. I., Naumenko S. N., Gusev G. B. *On the influence of external factors on the heat transfer coefficient of the body of a specialized vehicle for the transportation of perishable freight.* Vestnik of the Railway Research Institute, 2020, Vol. 79, no. 2, pp. 88–92. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-2-88-92>.

10. Bartosh E. T. *Energy of isothermal rolling stock.* Moscow, Transport Publ., 1976, 304 p.

ABOUT THE AUTHORS

Tat'yana I. NABATCHIKOVA,
Postgraduate, Department "Heat Power Engineering of Railway Transport", FGAOU VO "RUT" (MIIT)

Sergey N. NAUMENKO,
Dr. Sci. (Eng.), Head of Department of the Center for Electrification and Heat Power Engineering (TsET), JSC "VNIIZHT"

Aleksander V. KOSTIN,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department "Heat Power Engineering of Railway Transport", FGAOU VO "RUT" (MIIT)

Gleb B. GUSEV,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department "Heat Power Engineering of Railway Transport", FGAOU VO "RUT" (MIIT)

Received 27.07.2020

Revised 25.10.2020

Accepted 16.11.2020

■ E-mail: naumenko.sergey@vniizht.ru (S. N. Naumenko)

For citation: Nabatchikova T. I., Naumenko S. N., Kostin A. V., Gusev G. B. Selection of special vehicle for transportation of perishable freights by rail // VNIIZHT Scientific Journal. 2020. 79 (6): 360–364 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-6-360-364>.