

Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном
транспорте»
(АО «НИИАС»)

На правах рукописи



ДАВЫДОВ ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И
КОНТРОЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

2.9.4. Управление процессами перевозок

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук
Винокурова Татьяна Алексеевна

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ	14
1.1 Анализ текущего состояния и тенденций развития перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом.....	14
1.2 Организация и управление перевозками скоропортящихся грузов в условиях централизованного и рыночного регулирований	20
1.3 Анализ научных исследований в области организации, технологии и контроля перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом.....	31
Выводы по Главе 1	37
2 КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	40
2.1 Постановка задачи	40
2.2 Определение расчетной температуры наружного воздуха в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки.....	45
2.3 Определение расчетной температуры воздуха внутри кузова крытого вагона или универсального контейнера	55
2.4 Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в крытом вагоне или универсальном контейнере заданным температурным условиям перевозки и хранения груза в зависимости от даты и времени предъявления груза к перевозке и направления перевозки.....	63
2.5 Определение предельного срока перевозки тарно-штучного скоропортящегося груза в режиме «термос» и оценка максимального значения коэффициента К кузова изотермического вагона или	

термического контейнера.....	66
2.6 Определение предельного срока перевозки неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме «термос» и оценка максимального значения коэффициента К кузова вагона-цистерны или танк-контейнера с термоизолированным котлом	71
2.7 Определение предельного срока перевозки скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения и оценка минимального запаса топлива в дизель-генераторном устройстве.....	76
2.8 Комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза	85
Выводы по Главе 2	89
3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ТЕРМОИЗОЛЯЦИЕЙ КАК НОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩЕГОСЯ ГРУЗА В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ.....	93
3.1 Определение значения коэффициента К измерением при проведении испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры	93
3.2 Определение расчетного значения коэффициента К и приведение его к требованиям СПС.....	99
3.3 Применение методики для освидетельствования существующего парка изотермических вагонов.....	112
Выводы по Главе 3	118
4 ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕВОЗОК СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ	119
4.1 Требования к информационному обеспечению технологии автоматизированного контроля	122
4.2 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в крытых	

вагонах на этапе оформления заявки	125
4.3 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в вагонах-термосах на этапе оформления заявки.....	128
4.4 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в универсальных контейнерах на этапе до погрузки груза	130
4.5 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в термических контейнерах на этапе до погрузки груза	132
4.6 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерах без постоянного сопровождения на этапе после погрузки груза.....	132
4.7 Алгоритм контроля перевозок скоропортящихся грузов в пути следования во взаимодействии автоматизированных систем	136
Выводы по Главе 4.....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
Приложение А (справочное). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (T_EXT_TRANSA).....	155
Приложение Б (справочное). Пример определения расчетной температуры наружного воздуха для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке	156
Приложение В (справочное). Пример определения расчетной температуры воздуха внутри кузова крытого вагона с подтверждением достоверности расчетных данных	161
Приложение Г (справочное). Пример определения расчетной температуры воздуха внутри крытого вагона для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке и оценки соответствия расчетных температурных условий перевозки груза заданным.....	173
Приложение Д (справочное). Расчетные теплофизические параметры основных скоропортящихся грузов	183
Приложение Е (справочное). Пример оценки предельно допустимого значения	

общего коэффициента теплопередачи кузова вагона-термоса при перевозке тарно-штучного скоропортящегося груза в режиме «термос» (распечатка документа Mathcad).....	191
Приложение Ж (справочное). Пример оценки предельно допустимого значения общего коэффициента теплопередачи кузова изотермического вагона-цистерны при перевозке неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме «термос» (распечатка документа Mathcad)	193
Приложение И (справочное). Пример оценки минимального запаса топлива при перевозке скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения в рефрижераторном контейнере на сцепе (распечатка документа Mathcad)	195
Приложение К (обязательное) Акты внедрения результатов диссертационного исследования.....	202
Приложение Л (обязательное) Оценка соответствия технологии выполненных ОАО «РЖД» перевозок тарно-штучных скоропортящихся грузов в июне 2020 года требуемым температурным условиям с применением комплексной методики.....	207
Приложение М (обязательное). Проверка гипотезы о нормальном законе распределения величины коэффициента К	227
Приложение Н (справочное). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (К_UNC).....	258
Приложение П (обязательное). Примеры определения значений общего коэффициента теплопередачи кузова вагонов-термосов	259

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Перевозка скоропортящихся грузов – это особый вид перевозок, имеющий большую социальную значимость и оказывающий влияние на здоровье населения. Правильный выбор технологии перевозки и транспортного средства обеспечивают сохранение качества перевозимого скоропортящегося груза за счет соблюдения требуемых температурных условий, что в свою очередь обеспечивает выполнение требований продовольственной безопасности. [1; 2].

Новые правила перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов (ППСГ), вступившие в силу в конце 2019 года, [3] отменили прежнее централизованное нормативно-техническое регулирование, осуществлявшееся перевозчиком на основе соответствующих методик и исходных данных, и возложили выбор транспортного средства и технологии перевозки на грузоотправителя, не имеющего необходимого методического обеспечения для решения данной задачи. В этих условиях становится актуальным проведение научных исследований в области разработки научно обоснованных рекомендаций по установлению и контролю технологии для каждой конкретной перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке в комплексе с решением вопросов, связанных с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки, оценкой возможной продолжительности перевозки в специализированном транспортном средстве (далее – СТС), установлением параметров СТС, обеспечивающих сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке. При этом предлагаемые решения должны быть предназначены для применения в условиях создания и внедрения информационных технологий управления грузовыми перевозками.

Практическая реализация предполагаемых решений при использовании СТС затруднена вследствие того, что актуальные теплотехнические параметры находящихся в эксплуатации изотермических вагонов и термических контейнеров

в настоящее время не определены в соответствии с «Соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок» (СПС), в том числе по причине отсутствия для вагонов специализированной климатической камеры (далее – камера). Проведение испытаний в ангаре вместо камеры требует применения научно обоснованной методики определения расчетного значения общего коэффициента теплопередачи кузова СТС без помещения СТС в камеру как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС.

Степень разработанности темы. Большой вклад в исследование проблемы выбора технологии перевозки и установления ее параметров, при которых обеспечивается сохранение качества скоропортящихся грузов, внесли известные учёные: Б.Н. Китаев, М.Н. Тертеров, Н.Е. Лысенко, В.Н. Панферов, В.В. Ефимов, Э.Б. Вальт, С.Б. Левин, А.Г. Кириллова, С.Н. Наumenко и другие.

Анализ выполненных исследований показал их высокую значимость для ранее действовавшего централизованного нормативно-технического регулирования перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом. В рамках проведенных исследований автором, совместно с учеными А.П. Дюбко и Е.А. Васюковой были предложены методы установления общесетевых расчетных температур наружного воздуха, определения предельных сроков перевозки тарно-штучных грузов как в режиме «термос», так и с поддержанием температурного режима. Совместно с Н.А. Соколовой проводились работы в составе рабочей группы по перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов (РГ.11) КВТ ЕЭК ООН.

Вместе с тем проведенные исследования не позволяют выбрать возможные технологии перевозки в условиях нового правового регулирования и установить их параметры, при которых обеспечивалось бы сохранение качества скоропортящегося груза при каждой конкретной перевозке.

Целью диссертации является решение научной задачи совершенствования методов и разработки алгоритмов установления и контроля технологии перевозки

скоропортящихся грузов в условиях изменившегося правового регулирования, создания и внедрения информационных технологий, имеющей важное значение для транспортной отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **основные задачи:**

- проанализировать действующую систему управления перевозками скоропортящихся грузов на железнодорожном транспорте и научные работы, выполненные по рассматриваемой тематике, обосновать направление, актуальность и состав исследований;

- разработать методику, включающую методы и алгоритмы установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке в комплексе с решением вопросов, связанных с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки и определением параметров специализированного транспортного средства, а также оценить эффективность ее применения;

- разработать методику определения и практического применения, в том числе, при освидетельствовании ТС, значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в ТС на основе результатов проведения испытаний ТС в ангаре с учетом требований СПС;

- разработать технологию автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов и требования к ее информационному обеспечению для реализации в автоматизированных системах грузоотправителя, перевозчика, оператора подвижного состава.

Объектом исследования является система управления перевозками скоропортящихся грузов на железнодорожном транспорте в условиях нового правового регулирования, создания и внедрения информационных технологий управления грузовыми перевозками.

Предметом исследования является технология перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом для заданных

направления перевозки и даты приема груза к перевозке.

Научная новизна полученных автором диссертации результатов состоит в следующем:

- Разработана комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза, позволяющая в отличие от существующих методик при обоснованных в диссертации параметрах груза установить все возможные технологии для каждой конкретной перевозки в зависимости от даты предъявления груза к перевозке, направления перевозки (станция отправления, станция назначения) и способа организации перевозки с учетом воздействия на груз окружающей среды.

- Разработана методика определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС) на основе испытаний СТС, позволяющая в отличие от существующих методик по результатам проведения испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре с приближением условий к требованиям СПС учитывать возникающие отклонения от этих требований.

- Разработана технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов и требования к информационному обеспечению на основе научно обоснованной комплексной методики, позволяющая осуществлять автоматизированный контроль данных и условий перевозки при оформлении, согласовании и реализации процесса перевозки с учетом особенностей правового регулирования.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- Предложены и обоснованы новые методы и алгоритмы, позволяющие на основе развития теории организации транспортных процессов осуществлять научно обоснованный выбор технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом с учетом параметров груза и условий выполнения конкретной перевозки.

- Разработана комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом, положения которой в

части установления предельных сроков перевозки скоропортящихся грузов в режиме «термос» и с поддержанием температурного режима, в том числе в крупнотоннажных рефрижераторных контейнерах (КРК) на сцепе платформ, как составная часть включены в особые условия перевозок скоропортящихся грузов, утвержденные распоряжениями ОАО «Российские железные дороги» (далее – ОАО «РЖД») от 12.12.2014 № 2959р, от 20.10.2015 № 2490р, от 29.04.2016 № 797р, а также в типовую методику, утвержденную распоряжением ОАО «РЖД» от 04.12.2012 № 355 (далее – Типовая методика).

– Предложен и обоснован новый метод расчета общего коэффициента теплопередачи кузова СТС на основе результатов его измерения методом внутреннего обогрева при отсутствии специализированной климатической камеры с учетом влияния различных неблагоприятных факторов на точность расчета.

– Разработана методика определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС), которая прошла апробацию при теплотехнических испытаниях в ангаре как новых вагонов-термосов (ПАО «АЗОВОБЩЕМАШ», ООО «ПК «Балтика») и рефрижераторных вагонов (ООО «Русские Рефрижераторы»), так и в процессе их эксплуатации (АО «Рефсервис», ООО «ТРАНСГЕО», ООО «ПК «Балтика»). Положения методики в части расчета общего коэффициента теплопередачи кузова СТС одобрены ЕЭК ООН и включены в 2018 году в Справочник СПС. Применение предложенных методов и алгоритмов позволяет существенно (в десятки раз) сократить расходы владельцев изотермических вагонов на их освидетельствование с учетом требований СПС.

– Разработана и обоснована технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов, позволяющая контролировать выбор транспортного средства до начала перевозки и обеспечить доставку груза с соблюдением требуемых температурных условий. Практическая значимость разработанной технологии автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов заключается в возможности ее применения при

автоматическом оформлении перевозочных документов в автоматизированных системах грузоотправителей, перевозчика в части установления технологии и параметров заявленной перевозки скоропортящегося груза, при подборе СТС по теплотехническим параметрам под конкретную перевозку в автоматизированных системах операторов подвижного состава, при оказании услуг через электронную торговую площадку ОАО «РЖД». Определенные в работе требования к информационному обеспечению являются основой для формирования нормативно-справочной информации.

Акты внедрения приведены в приложении диссертационной работы.

Методы исследования. При решении поставленных задач применены методы теории вероятностей и математической статистики, дифференциального исчисления.

Положения, выносимые на защиту:

- Комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом.
- Методика определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС) на основе испытаний СТС при отсутствии специализированной климатической камеры.
- Технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов.

Достоверность результатов исследований подтверждается обоснованным применением апробированных методов исследований. Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и подтверждаются положительными результатами выполненных ОАО «РЖД» перевозок скоропортящихся грузов.

Апробация результатов. Материалы, вошедшие в диссертацию, докладывались на рабочей группе по перевозкам скоропортящихся грузов (РГ.11) Европейской экономической комиссии Организации объединенных наций (КВТ ЕЭК ООН), г. Женева, 8-12 октября 2018 г.; научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте.

Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ)», г. Москва, 21 ноября 2019 г.; научно-практической конференции «Контейнеры и контейнерные перевозки. Актуальные вопросы, идеи, решения», г. Санкт-Петербург, 20-21 февраля 2019 г.; селекторном совещании Национальной ассоциации лиц, осуществляющих деятельность в области цифровой экономики, (НАЦЭ) и Ассоциации организаций продуктового сектора (АСОРПС) 24 июля 2020 г.; Совете АСОРПС (протокол от 31.08.2020 № 6).

Личный вклад автора. Все результаты работы получены лично автором.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 102 наименований, 13 приложений. Диссертация изложена на 265 страницах машинопечатного текста и содержит 23 рисунка, 4 таблицы и 111 формул.

В первой главе выполнен анализ действующей системы управления перевозками скоропортящихся грузов на железнодорожном транспорте и научных работ, выполненных по теме исследования. На основе выполненного анализа обоснованы необходимость установления технологии каждой конкретной перевозки, а также определения ее параметров, в том числе расчетного значения общего коэффициента теплопередачи кузова СТС как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС, определяемого в условиях отсутствия специализированной климатической камеры; разработки технологии автоматизированного контроля при оформлении и в процессе перевозки скоропортящегося груза. Определены значимые параметры, влияющие на установление технологии перевозки.

Вторая глава посвящена разработке комплексной методики установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом, позволяющая для заданных условий определить, какие технологии перевозки возможны и установить их параметры, обеспечивающие соблюдение требуемых температурных условий (далее – ТТУ) при перевозке груза. Приведены алгоритмы определения расчетной температуры наружного воздуха для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке, температурного

воздействия на груз для основных технологий перевозки скоропортящихся грузов, а также методы установления необходимых параметров транспортных средств и устройств их энергоснабжения (для транспортных средств с термическим оборудованием).

Третья глава посвящена разработке методики определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС – коэффициента K) на основе испытаний СТС при отсутствии специализированной климатической камеры. Методика позволяет определить значение указанного коэффициента измерением при проведении испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры с приближением фактических условий проведения испытаний к требованиям СПС применением предложенных способов, определить расчетное значение общего коэффициента теплопередачи кузова СТС с учетом полученного разброса его значений при проведении измерений, а также привести его расчетное значение к заданным в СПС параметрам (средней температуре стенок кузова и скорости воздушного потока, омывающего кузов СТС).

В четвертой главе разработаны алгоритмы контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом, установлены этапы контроля и разработаны требования к информационному обеспечению технологии автоматизированного контроля.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

1.1 Анализ текущего состояния и тенденций развития перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом

В соответствии с [3; 4], скоропортящимися называют грузы, которые в соответствии с техническими регламентами, документами по стандартизации, техническими условиями требуют при перевозке применения мер защиты от воздействия на них высоких или низких температур наружного воздуха, ухода или обслуживания в пути следования.

Сроки годности скоропортящихся пищевых продуктов устанавливаются производителем в зависимости от соблюдения определенных требуемых температурных условий, выполнение которых обязательно, в том числе в процессе перевозки. Обеспечение указанных условий в процессе перевозки достигается применением определенных технологий, которые обеспечиваются использованием транспортных средств соответствующего типа с параметрами, зависящими от температурного воздействия на груз, характеристик теплообмена между грузом и наружным воздухом (окружающей средой).

В настоящее время для перевозок скоропортящихся грузов по российским железным дорогам используются как специализированные, так и неспециализированные транспортные средства (вагоны и контейнеры).

К неспециализированным относятся крытые вагоны универсального назначения (УКВ), универсальные контейнеры (УКК), обеспечивающие защиту перевозимого груза только от атмосферных осадков. Требуемые температурные условия обеспечиваются в них естественными параметрами окружающей среды. Использование подобных транспортных средств для перевозок скоропортящихся грузов носит, как правило, сезонный характер.

В отличие от УКВ и УКК, специализированные транспортные средства

(изотермические вагоны и термические контейнеры) обладают особой конструкцией кузова (термоизоляцией), ограничивающей теплообмен между грузовым помещением вагона или контейнера и окружающей средой. Рефрижераторные вагоны, которые в настоящее время в Российской Федерации эксплуатируются в составе 5-вагонных рефрижераторных секций, (ГРПС) и рефрижераторные контейнеры (КРК) помимо термоизоляции имеют приспособления для компенсации теплопритока – устройства для охлаждения (холодильное оборудование) и обогрева (отопительное оборудование) грузового помещения (далее – термическое оборудование).

Изотермические вагоны без термического оборудования (вагоны-термосы) и термоизолированные контейнеры (КТК) позволяют перевозить скоропортящийся груз, не требующий вентилирования и не выделяющий тепла, в режиме «термос» на ограниченный (предельный) срок, в течение которого температура груза будет изменяться в установленных пределах.

Вагоны-термосы разделяются на три большие категории:

- постройки завода Дессау, Германия, (далее – ВТ) поставляемые на сеть СССР с 1987 по 1991 гг. и частично прошедшие в 2016 г. модернизацию до модели 16-6894 с продлением срока службы до 2025 г.;

- переоборудованные из грузовых вагонов 5-вагонных рефрижераторных секций, а также автономных рефрижераторных вагонов (АРВ) путем демонтажа термического и энергетического оборудования, воздуховода или ложного потолка – более 10 различных моделей (далее – ИВ-термосы);

- переоборудованные в 2008-2009 гг. из крытых вагонов универсального назначения моделей 11-280 и 11-1807 собственности ООО «Пивоваренная компания «Балтика» и прошедшие модернизацию до моделей 16-6935 и 16-6935-01 в 2016-2017 гг. (далее – ИВ-термосы-Кр).

В последнее десятилетие наблюдается как общее падение объема перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом (Рисунок 1.1), так и падение перевозок в специализированных транспортных средствах (Рисунок 1.2).

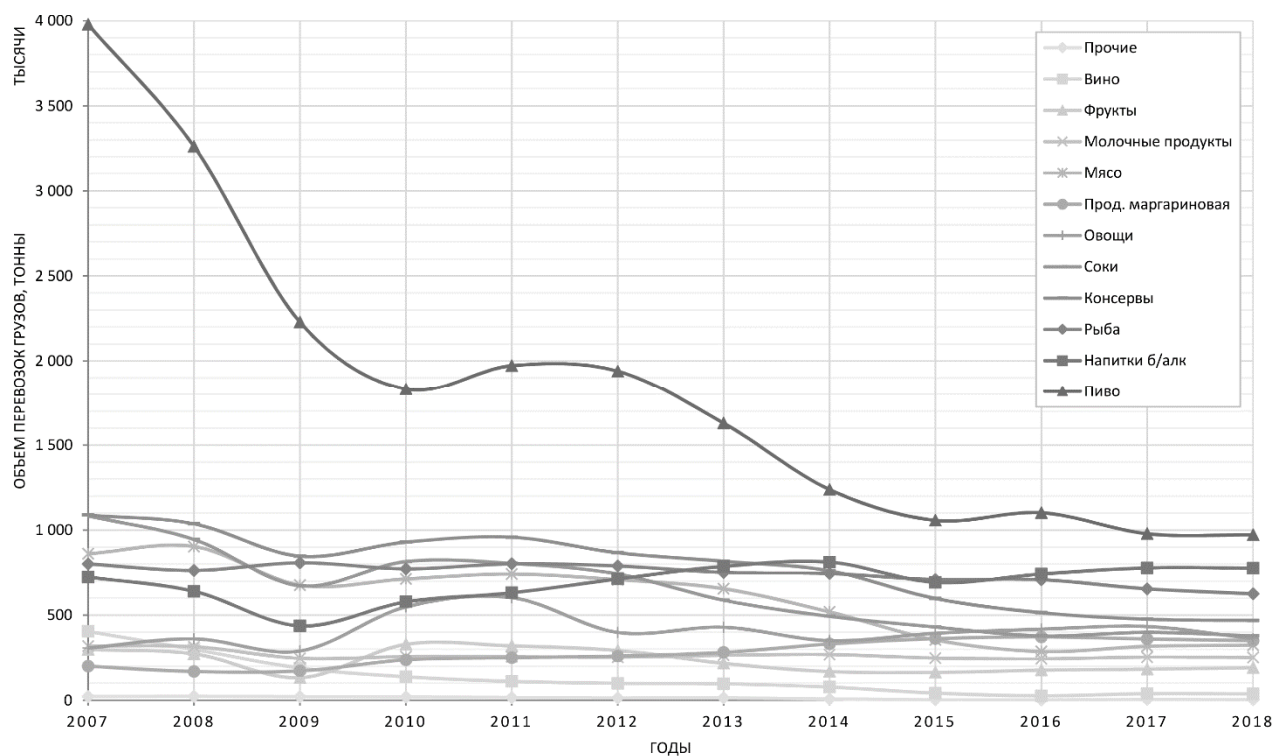


Рисунок 1.1 – Изменение объема перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом за период с 2007 по 2018 гг. (по данным Главного вычислительного центра (ГВЦ) ОАО «РЖД»)

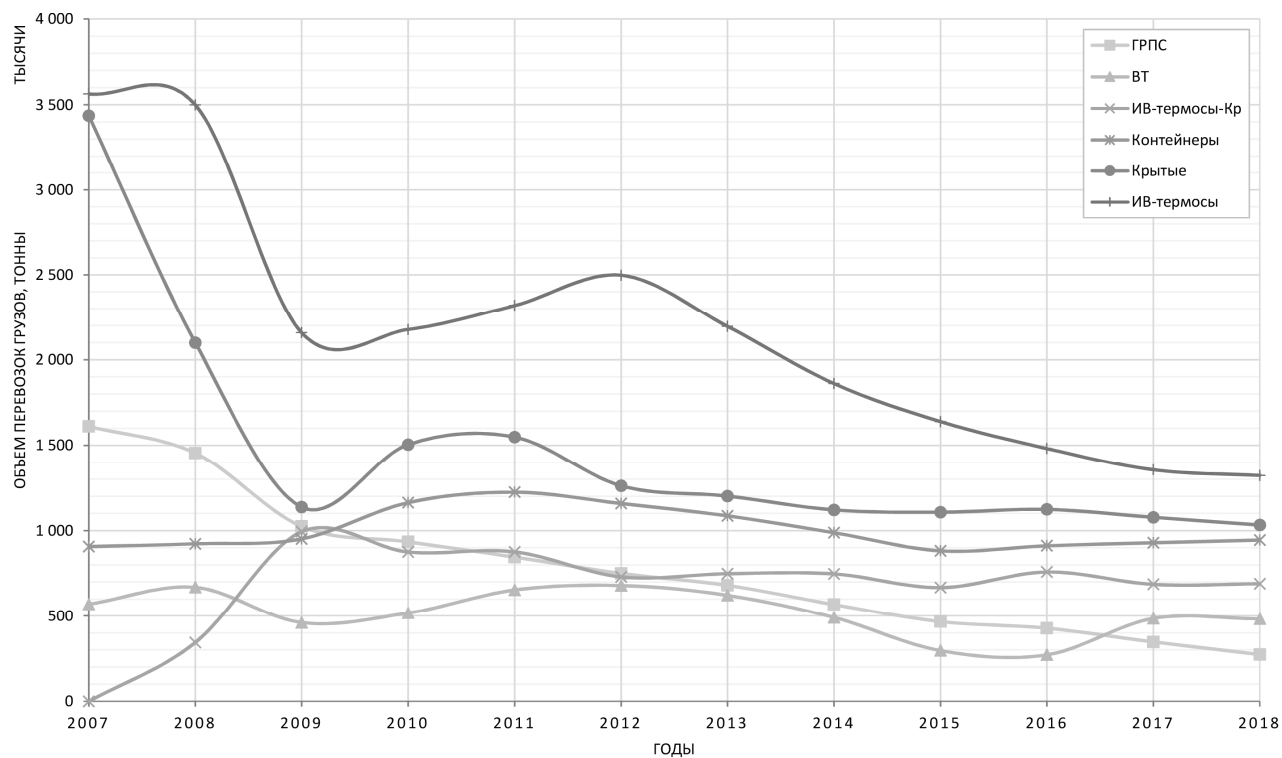


Рисунок 1.2 – Изменение объема перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом за период с 2007 по 2018 гг. по типам транспортных средств (по данным ГВЦ)

Драматическое снижение объема перевозок в ГРПС произошло в основном по причине их списания и отсутствия пополнения новыми.

Рынок перевозок пива железнодорожным транспортом (самый массовый скоропортящийся груз) сокращался по совокупности причин, главными из которых являлись уменьшение дальности перевозок вследствие строительства новых заводов и переключение этого объема перевозок с малой и средней дальностью (до 2000 км) на автотранспорт [5], а также рост перевозок с несоответствием наименования груза в накладной вследствие большой разницы в тарифе на перевозку одного и того же груза в УКВ, УКК и в специализированных транспортных средствах. По оценке Ассоциации организаций продуктового сектора (АСОРПС) с несоответствием наименования массово перевозились в УКВ, УКК также следующие грузы: вина (до 90 %), сыры и молочные продукты (30-40 %), консервы (до 90 %), соки и воды (до 60 %).

Резкому снижению объема перевозок скоропортящихся грузов в ИВ-термосах в 2009 году послужило создание парка ИВ-термосов-Кр.

Среди специализированных транспортных средств высока доля изотермических вагонов и термических контейнеров без термического оборудования (Рисунок 1.3) – 55 % по количеству, 67 % по суммарной грузоподъемности. Вместе с тем, в таких транспортных средствах массово осуществляются перевозки замороженных грузов, в частности рыбы мороженой (Рисунок 1.4), для которой в соответствии со стандартами действуют жесткие требования по температуре груза в процессе хранения и перевозки – не выше минус 18 °С. Дальность таких перевозок может достигать 9000 км.

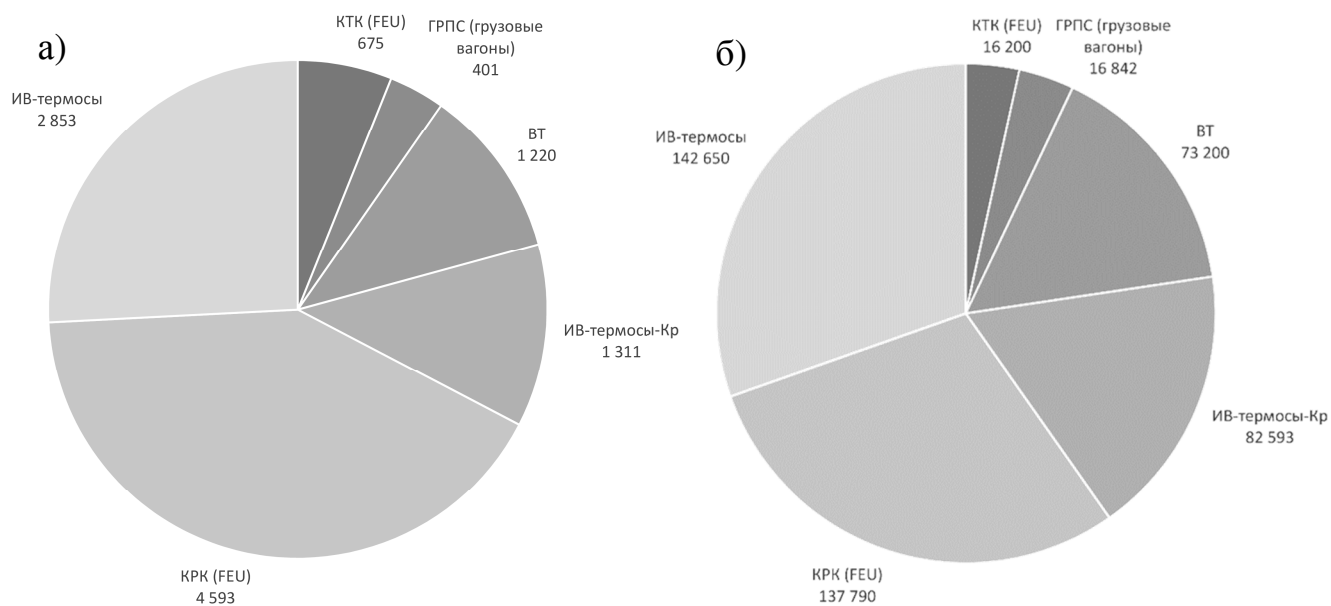


Рисунок 1.3 – Структура парка специализированных транспортных средств, принадлежащих российским собственникам и операторам (по оценке АСОРПС на май 2019 г.): а) – количество, штук; б) – суммарная грузоподъемность, тонн

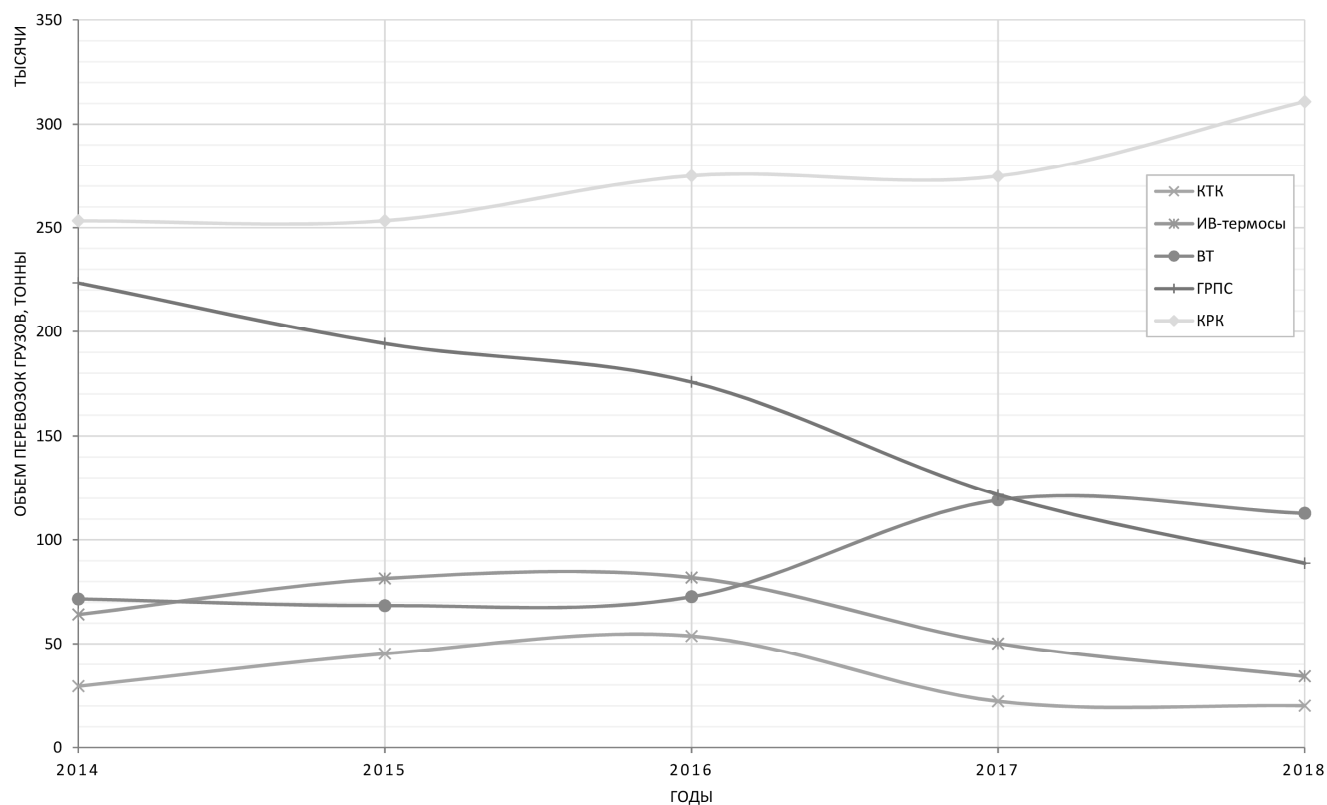


Рисунок 1.4 – Динамика перевозок рыбы мороженой с Дальневосточной ж.д. за период с 2014 по 2018 гг. (по данным АСОРПС)

Среди специализированных транспортных средств с термическим оборудованием растет использование КРК (с 1100 штук в 2002 г. до 5053 штук в 2018 г.). В настоящее время перевозка скоропортящихся грузов в КРК все чаще осуществляется на сцепах специализированных электрифицированных платформ, в том числе с возможностью ускоренной погрузки или выгрузки КРК в пути следования (например, в составе поезда «холодный экспресс» [6]). Вместе с тем для перевозок грузов в КРК недостаточно развита инфраструктура их обслуживания, в частности, отсутствует возможность пополнения топливных баков устройства энергоснабжения КРК в пути следования при перевозке груза без постоянного сопровождения проводниками грузоотправителя [7].

Таким образом, при перевозке скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом возможны нарушения температурных условий, которые могут приводить к ухудшению качества груза и его порче. Помимо уже указанных проблем этому способствуют отсутствие контроля температуры предъявляемого к перевозке груза со стороны перевозчика, поскольку погрузка, как правило, осуществляется в местах необщего пользования, где это не предусмотрено действующими нормативно-правовыми документами и, использование изношенных СТС с неизвестными теплотехническими характеристиками, отсутствие мониторинга соблюдения температурных условий в процессе перевозки, большие расстояния перевозки и имеющие место нарушения срока доставки. Автотранспорт, на котором перевозки скоропортящихся грузов осуществляются, как правило, в сопровождении водителя, с контролем соблюдения температурных условий и точно в срок, становится очевидным конкурентом железнодорожным перевозкам даже на дальних расстояниях (свыше 2000 км).

Выполненный анализ текущего состояния перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом показал, что в условиях падения объема перевозок и увеличения износа СТС качеству перевозимых скоропортящихся грузов уделяется недостаточно внимания. Более того, падение объема перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом происходит не в

последнюю очередь вследствие высокой вероятности нарушений требуемых температурных условий, которые должны соблюдаться при перевозке скоропортящихся грузов. Одна из причин этого – отсутствие научно-обоснованных и проверенных на практике рекомендаций по установлению технологии перевозки скоропортящегося груза в зависимости от особенностей каждой конкретной перевозки, которые бы позволили, с одной стороны, осуществить грузоотправителю перевозку железнодорожным транспортом с наименьшими затратами с сохранением качества скоропортящегося груза, с другой стороны, повысить привлекательность перевозки железнодорожным транспортом, а значит обеспечить перевозчику рост объема перевозок.

1.2 Организация и управление перевозками скоропортящихся грузов в условиях централизованного и рыночного регулирования

В условиях правового регулирования перевозок скоропортящихся грузов, существовавшем на железнодорожном транспорте до конца 2019 года, выбор типа транспортного средства, технологии перевозки скоропортящегося груза и параметров ее использования (нормативно-техническое регулирование) устанавливались правилами перевозок или перевозчиком в соответствии с расчетными сетевыми условиями (централизованное регулирование). Данный подход не отличался гибкостью, поскольку значительная доля перевозок совершалась в условиях, отличающихся от сетевых вследствие особенностей пролегания маршрута перевозки, даты приема груза к перевозке, а также конкретных параметров транспортных средств и специального оборудования.

Появление частных операторов подвижного состава и контейнеров способствовали развитию рыночных отношений в сфере перевозок скоропортящихся грузов, что привело к изменению правового регулирования этих перевозок [3], вследствие чего в конце 2019 года централизованное нормативно-техническое регулирование было отменено, а грузоотправитель наделен правом самостоятельного выбора транспортного средства и технологии перевозки скоропортящегося груза.

Изменение модели регулирования не означает отмены необходимости обеспечения условий сохранения качества груза. Так, в [3] конкретизированы требования к выбору технологии перевозки скоропортящегося груза, в соответствии с которыми грузоотправитель должен:

- при перевозке без поддержания температурного режима – учитывать температуру наружного воздуха в разных климатических районах нахождения груза в пути следования;

- при перевозке в рефрижераторных вагонах и контейнерах с поддержанием температурного режима – установить температурный режим и обеспечить его соблюдение на всем пути следования (в том числе с учетом отсутствия возможности пополнения топлива в устройстве энергоснабжения при перевозке груза без постоянного сопровождения проводниками грузоотправителя);

- осуществлять перевозки мороженой пищевой рыбной продукции, мороженого мяса и мясной продукции либо в рефрижераторных вагонах и контейнерах с поддержанием температурного режима, либо в изотермических вагонах без поддержания температурного режима (в режиме «термос»).

Для установления технологии перевозки в условиях изменившегося правового регулирования можно выделить значимые параметры, которые указываются грузоотправителем в заявке на перевозку груза и в транспортной железнодорожной накладной [8]. Перечень параметров и обоснование их значимости для установления технологии перевозки скоропортящегося груза приведены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные параметры в рамках действующей системы управления перевозками скоропортящихся грузов

Параметр	Возможные значения параметра	Обоснование значимости параметра для установления технологии перевозки
Особые требования ППСГ в части использования специализированных транспортных средств	– перевозка только в СТС; – перевозка в любом транспортном средстве	Технология перевозки груза железнодорожным транспортом определяется родом, типом транспортного средства. При установлении технологии перевозки скоропортящегося груза необходимо учитывать особые требования ППСГ, касающиеся необходимости использования рефрижераторных и изотермических вагонов или КРК при перевозках мороженой пищевой рыбной продукции, мороженого мяса и мясной продукции. Остальные грузы допускают использование любых типов транспортных средств, включая неспециализированные
Вид упаковки	– тарно-штучные грузы в транспортной упаковке; – неупакованные грузы наливом	Упаковка скоропортящегося груза является значимым параметром при перевозке в изотермических транспортных средствах, так как определяет условия теплообмена внутри кузова вагона и контейнера с окружающей средой. Изотермические транспортные средства могут иметь кузов, предназначенный для перевозки тарно-штучных грузов в транспортной упаковке или неупакованных наливом.
Необходимость вентилирования	– с вентилированием; – без вентилирования	Необходимость вентилирования для обеспечения сохранения качества скоропортящегося груза при перевозке определяется свойствами груза. При установлении технологии перевозки скоропортящегося груза, требующего

Продолжение Таблицы 2.1

Параметр	Возможные значения параметра	Обоснование значимости параметра для установления технологии перевозки
		вентиляции, необходимо учитывать следующее: – вентиляция груза могут обеспечивать только рефрижераторные вагоны, КРК (принудительно) и УКВ (естественным образом – при перевозке с постоянным сопровождением или при наличии в конструкции УКВ определенных моделей специальных люков); – по конструктивным особенностям вагоны-термосы и термоизолированные контейнеры не позволяют осуществлять вентиляцию ни принудительно, ни естественным образом
Сопровождение груза	– постоянное сопровождение; – сменное сопровождение; – без сопровождения	При постоянном сопровождении груза все вопросы с обеспечением температурных условий при перевозке находятся в компетенции сопровождающих лиц и не требуют обоснования выбора технологии, установления ее параметров и контроля их выполнения. При сменном сопровождении и при перевозке без сопровождения в пути следования ни грузоотправителем, ни перевозчиком по его поручению не могут быть предприняты действия по обеспечению температурных условий перевозки скоропортящегося груза. Установление технологии перевозки без постоянного сопровождения груза должно обеспечить температурные условия перевозки и сохранение

Продолжение Таблицы 2.1

Параметр	Возможные значения параметра	Обоснование значимости параметра для установления технологии перевозки
		качества груза от приема груза к перевозке до подачи транспортного средства под выгрузку
Требуемые температурные условия (ТТУ)	Значения ТТУ для конкретного груза устанавливаются на основании соответствующих технических регламентов и стандартов	Качество скоропортящегося груза при перевозке обеспечивается поддержанием заданных грузоотправителем ТТУ – температурных условий, в которых находится груз при перевозке. Способ обеспечения ТТУ при перевозке является предметом технологии перевозки скоропортящегося груза. Устанавливаемые параметры технологии позволяют обеспечить ТТУ в условиях конкретной перевозки с учетом внешнего температурного воздействия
Масса груза	Значение массы груза в транспортном средстве может принимать любое значение в диапазоне $(0; G_{max}]$, где G_{max} – грузоподъемность транспортного средства	Масса груза является значимым параметром при перевозке в СТС без термического оборудования (в режиме «термос»), поскольку определяет количество тепловой энергии, аккумулированной грузом в начале перевозки, и влияет на продолжительность перевозки с обеспечением ТТУ. Также масса груза имеет значение при перевозке свежей плодоовощной продукции с поддержанием температурного режима (в рефрижераторных вагонах, КРК), поскольку определяет суммарное количество тепла, выделяемого грузом вследствие дыхания, что влияет на энергопотребление термического оборудования и расход топлива системой его независимого энергоснабжения

Продолжение Таблицы 2.1

Параметр	Возможные значения параметра	Обоснование значимости параметра для установления технологии перевозки
Направление перевозки	Задается станциями отправления и назначения груза	Являются важнейшими параметрами для установления технологии перевозки скоропортящегося груза. В комплексе позволяют установить величину расчетного внешнего температурного воздействия на груз во время перевозки
Способ организации перевозки	– в грузовых поездах с переформированием в пути следования; – в грузовых поездах, следующих по расписанию	
Дата предъявления груза к перевозке	Дата в течение года	
Срок доставки груза	Значение срока доставки груза устанавливается в соответствии с правилами перевозок или по договору между грузоотправителем и перевозчиком	Обуславливает продолжительность внешнего температурного воздействия во время перевозки и участвует в установлении требований к кузову ТС и используемому оборудованию во время перевозки

Отсутствие методов оценки температуры наружного воздуха на направлении перевозки, методики и контроля выбора технологии перевозки и ее параметров, а также неизвестные теплотехнические характеристики парка специализированных транспортных средств приводят к большой вероятности ухудшения качества и безопасности перевозимых скоропортящихся грузов. Особенно это касается неспециализированных транспортных средств (УКВ, УКК), в которых стоит ожидать значительного роста объема перевозок скоропортящихся грузов вследствие низкого тарифа и снятия сезонных ограничений, а также вагонов-термосов и КТК, для которых перестали действовать нормативно установленные ограничения в виде предельных сроков перевозки.

Вместе с тем, в соответствии с [3] грузоотправитель не несет ответственности за нарушение температурного режима по причинам, зависящим от перевозчика (например, в случае просрочки доставки).

В условиях нового правового регулирования для всех участников перевозки скоропортящихся грузов (грузоотправителей, перевозчиков, владельцев и операторов транспортных средств) становится актуальным решение комплексной задачи установления для каждой конкретной перевозки скоропортящегося груза технологии перевозки в заданный период времени по заданному направлению (от конкретной станции отправления до конкретной станции назначения) с учетом температуры окружающего воздуха, теплофизических параметров груза, теплотехнических параметров транспортного средства и срока доставки. Комплексная методика для решения указанной задачи в такой постановке отсутствует.

Для успешной разработки комплексной методики установления технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом имеется целый ряд предпосылок: развитие информационных систем железнодорожного транспорта, накопление массивов достоверных данных климатологических параметров [9], совершенствование методов теплотехнических расчетов. В соответствии с [10] начаты работы по формированию системы транспортировки и контроля скоропортящихся грузов в виде обязательного мониторинга

температурного режима при транспортировке на территории Российской Федерации скоропортящихся грузов, подконтрольных государственному ветеринарному надзору. Наконец, в соответствии с [3] вводится освидетельствование изотермических транспортных средств по теплотехническим параметрам на соответствие нормам, установленным СПС [11].

Особая конструкция кузова изотермических вагонов и термических контейнеров, а также наличие у рефрижераторных вагонов и рефрижераторных контейнеров термического оборудования характеризуется следующими теплотехническими параметрами в соответствии с нормами СПС:

- общим коэффициентом теплопередачи (коэффициент K), характеризующим изотермические свойства кузова;
- классом термического оборудования, характеризующим эффективность работы устройств охлаждения и обогрева грузового помещения (далее – КЭР).

Вместе с тем информация об актуальных теплотехнических параметрах СТС в настоящее время отсутствует [12], в том числе не содержится в паспорте вагона; принадлежащие российским собственникам и операторам изотермические вагоны и большинство термических контейнеров ранее не были освидетельствованы по теплотехническим параметрам в соответствии с СПС. Наиболее сложная ситуация с вагонами-термосами, большая часть которых поступала в эксплуатацию не путем поставок новых вагонов, а вследствие переоборудования существующих рефрижераторных вагонов без определения их теплотехнических характеристик после переоборудования.

Согласно [3] все изотермические вагоны и термические контейнеры должны быть освидетельствованы в соответствии с нормами СПС до 01 января 2022 года. Исходя из требований СПС и размера парка принадлежащих российским собственникам изотермических вагонов и термических контейнеров автором установлено, что требуется провести не менее 10-11 тыс. испытаний [13]. При этом каждое испытание должно проводиться в камере. В Российской Федерации подобные камеры существуют, но в силу конструктивных особенностей они могут быть использованы только для термических контейнеров, поскольку не имеют

ввода железнодорожного пути.

Исходя из средней продолжительности испытаний, их количества и требований Министерства транспорта к сроку окончания освидетельствования автором определены потребное количество камер (50 штук), объем инвестиций в их строительство (около 5 млрд рублей), а также суммарные издержки владельцев и операторов транспортных средств (0,9-1,0 млрд рублей без учета расходов, связанных с временным изъятием транспортных средств из рабочего парка, перемещением их к камере и обратно, а также упущенной выгоды операторов) [13].

Высокая стоимость, значительные эксплуатационные издержки, а также отсутствие камеры для вагонов требуют новых подходов к освидетельствованию эксплуатируемых изотермических вагонов [14] на основе выборочных испытаний вагонов одной модели, принадлежащих одному собственнику, с учетом параметров их эксплуатации, в ангаре вместо камеры. Для этого требуется разработать методику, позволяющую определить значение коэффициента K в ангаре вместо камеры, которая бы позволила учесть в расчетном значении коэффициента K влияние любых отклонений фактических условий проведения испытаний от требований СПС, достижимых только в камере. Такая методика должна включать способы уменьшения влияния неблагоприятных факторов на точность определения коэффициента K , определение расчетного значения коэффициента K с учетом полученного разброса его значений при проведении измерений, приведения итогового расчетного значения коэффициента K к требованиям СПС.

В соответствии с новым правовым регулированием [3] все участники перевозочного процесса несут ответственность за качество и безопасность перевозимого скоропортящегося груза, вследствие чего необходимо разработать алгоритмы контроля правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза до начала перевозки, а также контроля выполнения перевозки от станции отправления до станции назначения.

С учетом внедрения информационных технологий управления грузовыми перевозками, осуществляемых железнодорожным транспортом, наиболее эффективным является автоматизированный контроль перевозок скоропортящихся

грузов, осуществляемый с использованием информационных систем (например, АС ЭТРАН) на всех этапах взаимодействия грузоотправителя и перевозчика: при согласовании заявки на перевозку скоропортящегося груза (далее – заявка) в вагонах, при визировании транспортной железнодорожной накладной (далее – накладная) на перевозку скоропортящегося груза в УКК и КТК, при завершении оформления накладной на перевозку скоропортящегося груза в КРК, в том числе на сцепе, без постоянного сопровождения проводниками грузоотправителя.

Технология для решения указанной задачи в такой постановке отсутствует. В первой половине 1980-х гг. в рамках АСУ Рефрижератор решалась задача прогнозирования и оптимизации работы рефрижераторного подвижного состава [15]; во второй половине 1980-х гг. была внедрена автоматизированная система нормирования расхода топлива для рефрижераторного подвижного состава; с середины 1990-х гг. разрабатывалась система автоматизированной обработки данных о состоянии рефрижераторной секции, на основе которой был создан электронный паспорт рефрижераторной единицы и разработана система ремонта энерго-холодильного оборудования по фактическому техническому состоянию [16]. Позднее, АО «НИИАС» (под рук. канд. техн. наук Васюковой Е.А.) совместно с ООО «ИнтэлЛекс» проведены работы, связанные с введением в АС ЭТРАН контроля за соответствием нормативного срока доставки скоропортящегося груза, перевозимого в изотермических вагонах, предельному сроку его перевозки на основании действовавших тогда нормативно-технических документов сетевого уровня. Указанный контроль не касался перевозок скоропортящихся грузов в контейнерах, а также контроля в пути следования груза. К настоящему времени указанная система не отвечает требованиям нового правового регулирования [3] и нуждается в замене.

Автоматизированный контроль перевозок скоропортящихся грузов должен обезопасить перевозчика, в первую очередь, от возможных претензий грузополучателя в части того, что грузоотправителю не были разъяснены опасности, связанные с установлением параметров технологии перевозки железнодорожным транспортом, повлекшие порчу или ухудшение качества

скоропортящегося груза. Кроме того, перевозчик должен иметь возможность оценить угрозы для качества перевозимого скоропортящегося груза в случае возникновения просрочки его доставки.

На основании всего вышеизложенного в условиях нового правового регулирования перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом актуальными и подлежащими научной проработке являются вопросы, связанные с разработкой:

- методики установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке в комплексе с решением вопросов, связанных с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки и определением параметров СТС;

- методики определения расчетного значения коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС в условиях отсутствия камеры с приближением условий проведения испытаний в ангаре к требованиям СПС и определением расчетного значения коэффициента K с учетом полученного разброса его значений при проведении измерений;

- технологии автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов и требований к ее информационному обеспечению для реализации в автоматизированных системах грузоотправителя, перевозчика, оператора подвижного состава.

Решение указанных задач создаст необходимое в рыночных условиях гибкое нормативно-техническое регулирование по обеспечению условий сохранения качества скоропортящихся грузов, большинство из которых относится к пищевым продуктам, в процессе их перевозки железнодорожным транспортом, что будет способствовать выполнению указов Президента Российской Федерации в области продовольственной безопасности [1; 2] и способствовать решению задач по обеспечению сбалансированного рациона питания населения [17].

1.3 Анализ научных исследований в области организации, технологии и контроля перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом

С начала централизованных поставок изотермических вагонов на сеть железных дорог (с 1930-х годов) выполнен большой объем научных исследований по организации и технологии перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом. Решению этих вопросов посвящены авторские и диссертационные работы многих учёных и ведущих специалистов железнодорожного хладотранспорта, а также ряд научно-исследовательских работ вузов и научных организаций (НИИАС, ВНИИЖТ, МГУПС-МИИТ, ПГУПС-ЛИИЖТ, СибГУПС, РГУПС и др.).

Особенностям теплообмена при различных технологиях перевозок скоропортящихся грузов и влиянию его на обеспечение условий сохранения качества перевозимого груза посвящены работы канд. техн. наук Дюбко А.П. [18], который получил обобщенные зависимости для определения допустимой продолжительности следования груженых рефрижераторных вагонов с неработающим оборудованием, и канд. техн. наук Крутовой (Васюковой) Е.А. [19], научно обосновавшей целесообразность использования вагонов-термосов для перевозки скоропортящихся грузов. Труды последней использованы автором при определении предельного срока перевозки тарно-штучного груза в режиме «термос» и оценки предельно допустимого значения коэффициента $K_{СТС}$, однако ее исследования касались внедрения перевозок в ВТ существовавшей на тот момент номенклатуры скоропортящихся грузов и не были адаптированы к использованию в информационных системах перевозчика для контроля выбора грузоотправителем транспортного средства.

В научных работах д-ра техн. наук Науменко С.Н. [20], канд. техн. наук Костенко А.Ю. [21; 22] разработаны научно-обоснованные технические и технологические решения в области использования термических контейнеров, в том числе в составе сцепа, однако указанные исследования касались в большей степени практической реализации способов перевозок скоропортящихся грузов в

термоизолированных и рефрижераторных контейнерах. Выбору современных технологий контейнеризации скоропортящихся грузов, требующих поддержания температурного режима, в том числе с применением интермодальных контейнерных технологий, посвящены также работы д-ра техн. наук Кирилловой А.Г. [23; 24]. В исследовании канд. техн. наук Ткачева И.В. [25] обоснованы требования к переоборудованию рефрижераторных вагонов в ИВ-термосы и сфера их рационального использования; данная работа использует исследования Дюбко А.П. и Васюковой Е.А. в области обеспечения условий сохранения качества скоропортящихся грузов при их перевозке в режиме «термос».

В исследовании д-ра техн. наук Тертерова М.Н. [26] сформулированы принципы работы железнодорожного хладотранспорта в системе непрерывной холодильной цепи, параметры которой рассматриваются с вероятностных позиций. Данный подход получил значительное развитие в близких к проблематике настоящего диссертационного исследования работах д-ра техн. наук Мироненко В.К. [27], которым разработана методика имитационного моделирования на ЭВМ процессов перевозки скоропортящихся грузов с заданной «степенью коммерческого риска», а также канд. техн. наук Рудаковой С.Г. [28], которой построены вероятностные модели температурных воздействий на рефрижераторные вагоны в процессе их эксплуатации с нормированием потребления топлива. Однако исследования Мироненко В.К. и Рудаковой С.Г. ставили целью не установление технологии перевозки в конкретных условиях, а оптимизацию структуры парка изотермических транспортных средств, что было актуальным в условиях перехода страны от планового к рыночным методам хозяйствования, а также необходимости экономии топлива.

Также Тертеровым М.Н. сформулированы подходы к определению расчетных температур наружного воздуха по периодам года с использованием статистических метеоданных [29]. Для решения задачи в такой постановке (с использованием периодов года) им были разработаны ряд теоретических положений, описывающих распределение температурного поля в течение года в соответствии с нормальным законом. Несмотря на эффективность используемого

математического аппарата для решения задачи в указанной постановке, он непригоден для определения расчетных температур наружного воздуха на конкретном направлении перевозки и для конкретной даты предъявления груза к перевозке.

Исследования по моделированию температурных условий в процессе перевозки скоропортящегося груза содержатся в работах канд. техн. наук Запары В.М. [30], установившего, что возможный объем безопасных по климатическим условиям перевозок в УКВ не превышает 20 %; канд. техн. наук Китаева Б.Н. [31], одним из первых исследовавшем тепловое воздействие солнечной радиации на кузов вагона; канд. техн. наук Лысенко Н.Е. [32], исследовавшему влияние климатических условий на программирование запуска автоматизированной холодильной установки; канд. техн. наук Ларина П.И. [33], разработавшего методику определения вероятности обеспечения сохранной перевозки скоропортящихся грузов в рефрижераторных секциях от температуры наружного воздуха.

Вопросам транспортировки скоропортящихся грузов в инновационном подвижном составе, а также задачам цифровизации таких перевозок посвящены работы с участием Левина С.Б. [34; 35], однако в них не рассматриваются аспекты внедрения информационных технологий перевозки, обеспечивающих качество скоропортящегося груза в процессе его доставки.

В работах канд. техн. наук Вальта Э.Б. [36] исследованы состояние и пути развития технической базы, а также организации перевозок скоропортящихся грузов в условиях начала реформирования железнодорожного транспорта [37].

Всестороннее освещение развитие железнодорожного хладотранспорта в последние годы получило в работах канд. техн. наук Панферова В.Н. Так, в [38] были проанализированы основные проблемы, стоящие перед железнодорожным хладотранспортом, в связи с необходимостью обеспечения норм и требований в области продовольственной безопасности. В [39] были рассмотрены возможные методы повышения конкурентоспособности железнодорожного хладотранспорта в условиях острой конкуренции с автотранспортом. В связи с возросшим

товарообменом скоропортящимися продуктами между Российской Федерацией и Китаем Панферовым В.Н. был разработан комплекс мер по рационализации доставки скоропортящихся грузов из Китая в Москвы, в частности, на направлении Циндао – Забайкальск – Москва [40]. Возможности использования на железнодорожном хладотранспорте передовых технологий сохранения качества свежих плодоовощей посвящено исследование [41]. Наконец, Панферов В.Н. является автором ряда учебников и справочников по железнодорожному хладотранспорту [42; 43].

В области грузовой и коммерческой работы со скоропортящимися грузами известны работы канд. техн. наук Коновалова В.Л. [44]. В последние годы в связи с актуализацией задач в области логистики, в том числе скоропортящихся грузов, Коноваловым В.Л. были выполнены исследования в области современных логистических технологий в крупных транспортных холдингах [45; 46], а также в области новых технологий, повышающих сохранность перевозимых грузов [47].

В вопросах практического применения различных технологий перевозки скоропортящихся грузов широко известны работы доцента ПГУПС Ефимова В.В. В различные годы он занимался совершенствованием метода расчета предельных сроков перевозки скоропортящихся грузов в вагонах-термосах и контейнерах-термосах [48], исследовал основные характеристики теплообменных процессов в рефрижераторных транспортных модулях [49], а также факторы, влияющие на скорость охлаждения плодоовощей при перевозках в рефрижераторных вагонах и КРК [50].

Несмотря на многочисленность и многогранность перечисленных научных исследований в области организации и технологии перевозок скоропортящихся грузов они касались действовавшего до конца 2019 года правового регулирования и устанавливали технологические параметры перевозок скоропортящихся грузов для условий централизованного нормативно-технического регулирования. Объектом данных исследований выступали, как правило, новые и перспективные типы транспортных средств (АРВ, рефрижераторные секции, а также ИВ-термосы, КРК и КТК в более поздних работах), в связи с чем вопросы, связанные с

технологией перевозок скоропортящихся грузов, рассматривались как частные в контексте внедрения перевозок в конкретных транспортных средствах. Исследований, посвященных вопросам установления технологии каждой конкретной перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке в комплексе с решением вопросов, связанных с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки, оценкой возможной продолжительности перевозки в СТС, установлением требуемых параметров СТС, обеспечивающего сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке, автору обнаружить не удалось.

В научном сообществе прочно сложился консенсус о связи сохранности качества перевозимых скоропортящихся грузов и теплотехнических параметров транспортных средств, чему, в частности, посвящены исследования канд. техн. наук Скрипкина В.В. [51], а также канд. техн. наук Некрутмана С.В. [52], установившего, что коэффициент K является универсальным показателем, отражающим основные параметры эксплуатации рефрижераторных вагонов. Вместе с тем данные исследования не ставили целью определения расчетного значения коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС.

Для определения коэффициента K предлагались различные способы и методы. Так, канд. техн. наук Иванов К.В. обосновал в [53] интегральный метод определения характеристик ограждения кузова транспортного средства по параметрам неравновесного режима, который в дальнейшем был обобщен и развит в работах канд. техн. наук Теймуразова Н.С. [54], а канд. техн. наук Барабанщиков В.Ф. в работе [55] изучил бесконтактные методы диагностики состояния термоизоляции с использованием системы теплотехнического контроля «ПОИСК», которая позволяет выявлять дефекты в термоизоляционном слое и измерять значения локальных коэффициентов теплопередачи. На основе трудов Барабанщикова В.Ф. канд. техн. наук Алексенко М.В. и инж. Никитаев А.В. обосновали целесообразность применения промышленных тепловизоров.

Описанные подходы при всей их научной ценности используют методы, отличные от достижения равновесного режима с использованием метода внутреннего обогрева кузова, регламентированного в СПС.

Вместе с тем использование методов СПС также затруднено, прежде всего, по причине отсутствия камер, что ведет к снижению точности определения коэффициента K . Вопросу точности определения коэффициента K посвящена работа канд. техн. наук Иванова К.В. [56], которая касается, прежде всего, учета различных составляющих погрешности измерительных приборов, а также отдельных факторов проведения испытаний, связанных с их продолжительностью. При этом основные отклонения от требований СПС при проведении испытаний в ангаре вместо камеры обусловлены не погрешностями измерительных приборов, а проведением испытаний в нестабильных условиях [57], что ранее должным образом исследовано не было.

Таким образом, можно констатировать понимание со стороны научного сообщества как важности определения теплотехнических параметров изотермических транспортных средств, так и тех объективных трудностей, которые стоят на этом пути. Несмотря на разнообразие способов и методов определения коэффициента K они не основаны на достижении равновесного режима при проведении испытаний методом внутреннего обогрева кузова, регламентированного в СПС и, следовательно, не удовлетворяют требованиям, установленным в [3]. Исследований в части разработки способов расчета отклонений при измерении среднего значения коэффициента K при проведении испытаний методами СПС в ангаре вместо камеры автору обнаружить не удалось.

Выводы по Главе 1

1. Выполненный анализ текущего состояния перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом показал, что в условиях падения объема перевозок и увеличения износа СТС одним из путей исправления создавшейся ситуации является разработка научно-обоснованных и проверенных на практике рекомендаций по выбору и установлению технологии перевозки в зависимости от особенностей каждой конкретной перевозки, которые бы позволили, с одной стороны, осуществить грузоотправителю перевозку железнодорожным транспортом с наименьшими затратами с сохранением качества скоропортящегося груза, с другой стороны, повысить привлекательность перевозки железнодорожным транспортом, а значит обеспечить перевозчику рост объема перевозок.

2. Новое правовое регулирование перевозок скоропортящихся грузов, вступившее в силу с конца 2019 года, отменило прежнее централизованное нормативно-техническое регулирование, осуществлявшееся перевозчиком в соответствии с разрабатываемыми для этих целей методиками и научно-обоснованными исходными данными, и возложило выбор транспортного средства и технологии перевозки на грузоотправителя, не имеющего ни методик, адаптированных к рыночным условиям, ни научно-обоснованных исходных данных. По результатам выполненного анализа выявлена необходимость в условиях изменившегося правового регулирования установления технологии каждой конкретной перевозки скоропортящегося груза. Определены значимые параметры, влияющие на установление технологии перевозки. Обоснована необходимость разработки комплексной методики установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке, включающей вопросы, связанные с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки, оценкой возможной продолжительности перевозки в СТС, установлением требуемых параметров СТС, обеспечивающего сохранение

качества скоропортящегося груза при перевозке.

3. Реализация возложенной на грузоотправителя обязанности по выбору транспортного средства затруднена по причине неизвестных теплотехнических характеристик СТС. При этом установление теплотехнических характеристик СТС в строгом соответствии с СПС требует строительства дорогостоящих камер и ведет к значительным денежным и эксплуатационным издержкам. Альтернативным способом является проведение испытаний в ангаре вместо камеры. Для этого требуется разработать методику, которая бы позволила учесть в итоговой оценке теплотехнических параметров влияние любых отклонений фактических условий проведения испытаний от требований СПС, достижимых только в камере. Такая методика должна быть основана на расчете коэффициента K , в котором должны учитываться значимые составляющие отклонений при измерении его среднего значения в процессе испытаний кузова СТС методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры. Исследования в части разработки способов расчета отклонений при измерении среднего значения коэффициента K при проведении испытаний методами СПС в ангаре вместо камеры ранее не проводились.

4. В соответствии с новым правовым регулированием все участники перевозочного процесса несут ответственность за качество и безопасность перевозимого скоропортящегося груза, вследствие чего необходимо разработать алгоритмы контроля правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза до начала перевозки, а также контроля выполнения перевозки от станции отправления до станции назначения.

5. Несмотря на многочисленность выполненных научных исследований в области организации и технологии перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом, все они устанавливали технологические параметры перевозок скоропортящихся грузов для условий централизованного нормативно-технического регулирования. Научных исследований, решающих задачи установления технологии и контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом в новых условиях правового регулирования, не обнаружено.

6. С учетом вышесказанного, в условиях нового правового регулирования перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом актуальными и подлежащими научной проработке являются вопросы, связанные с разработкой:

- комплексной методики установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом с учетом заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке в комплексе с решением вопросов, связанных с установлением расчетного температурного воздействия на груз в процессе перевозки и определением параметров СТС;

- методики определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС на основе результатов проведения испытаний СТС в ангаре с учетом требований СПС;

- технологии автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов и требований к ее информационному обеспечению для реализации в автоматизированных системах грузоотправителя, перевозчика, оператора подвижного состава.

2 КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

2.1 Постановка задачи

Скоропортящийся груз имеет следующие параметры, влияющие на выбор технологии его перевозки:

- особые требования ППСГ (ГРП): мороженая пищевая рыбная продукция, мороженое мясо и мясная продукция (ГРП = 1), все остальные грузы (ГРП = 0);
- вид упаковки (УПК): тарно-штучный в транспортной упаковке (УПК = 1), неупакованный наливом (УПК = 2);
- необходимость вентилирования (ВНТ): без вентилирования (ВНТ = 0), с вентилированием (ВНТ = 1);
- постоянное сопровождение (СПР): с постоянным сопровождением (СПР = 1), без постоянного сопровождения (СПР = 0).

Чтобы обеспечить сохранность качества груза его температура при перевозке должна соответствовать диапазону заданных грузоотправителем ТТУ: $t_{грmin} \leq t_{гр} \leq t_{грmax}$.

Известны также: масса груза брутто ($G_{гр}$), направление перевозки (станции отправления и назначения), способ организации перевозки (в грузовых поездах с переформированием в пути следования; в грузовых поездах, следующих по расписанию), дата предъявления груза к перевозке (T_0), срок доставки груза ($\tau_{дост}$), рассчитанный в соответствии с [58].

Рассматриваются следующие технологии перевозки скоропортящихся грузов (Рисунок 2.1):

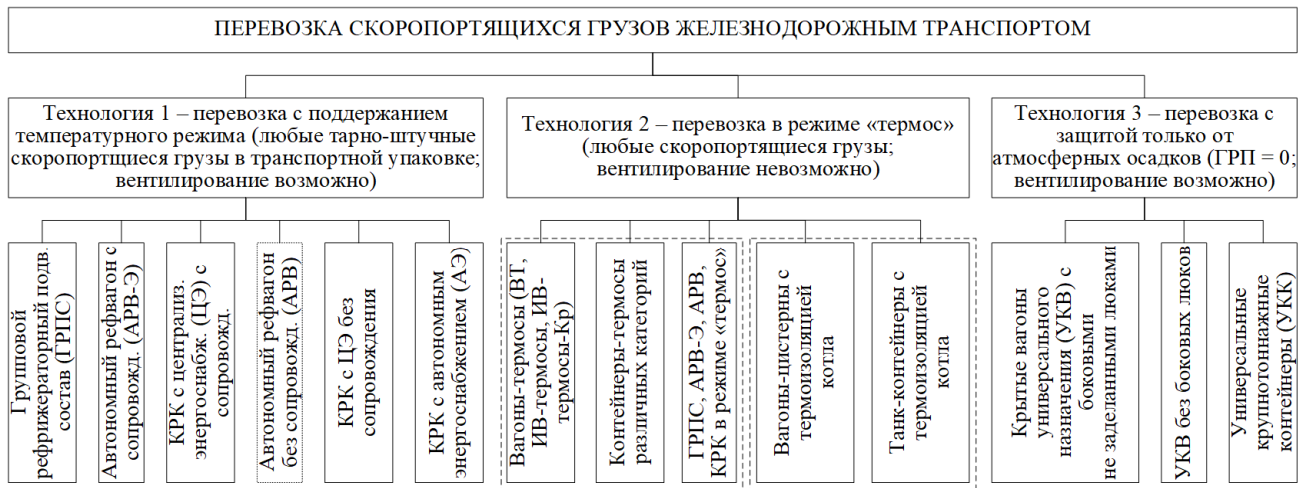


Рисунок 2.1 – Технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом

1) С защитой только от атмосферных осадков (ТХ3), при которой перевозка осуществляется в УКВ, УКК. При использовании данной технологии принято:

- кузов не препятствует теплообмену с окружающей средой;
- температурные условия внутри кузова изменяются вместе с температурой окружающей среды;
- при отсутствии вентилирования дополнительный теплоприток за счет излучения от солнца и железнодорожного полотна ведет к увеличению температуры внутри кузова относительно температуры наружного воздуха ($\Delta t_{\text{н}}$).

2) В режиме «термос» (ТХ2), при которой перевозка осуществляется в транспортных средствах с термоизолированным кузовом – вагонах-термосах и в КТК (в том числе в вагонах-цистернах и танк-контейнерах с термоизолированным котлом), теплоизоляционные качества которых характеризуются значением коэффициента К. При использовании данной технологии принято:

- кузов СТС ограничивает теплообмен с окружающей средой;
- груз выступает аккумулятором тепловой энергии;
- температура внутри кузова и температура груза изменяются в направлении усредненных параметров окружающей среды ($\bar{t}_{\text{н}}$);
- вентилирование не применяется.

3) С поддержанием температурного режима (ТХ1), при которой перевозка

производится в рефрижераторных вагонах, а также в КРК, термическое оборудование которых получает энергию от автономных (индивидуальных) или централизованных (в составе сцепа, секции) источников – дизель-генераторных установок (ДГУ). При использовании данной технологии принято:

- кузов СТС ограничивает теплообмен с окружающей средой;
- остаточный теплоприток компенсируется работой термического оборудования, вследствие чего температурные условия перевозки не зависят от окружающей среды при наличии запаса топлива (V_T) в ДГУ;
- в случае израсходования запаса топлива ($V_T = 0$) термодинамическая система переходит в состояние, аналогичное ТХ2.

Требуется, исходя из заданных условий ($\{\text{ГРП, УПК, ВНТ}\}$), определить, какие технологии перевозки возможны и установить их параметры, обеспечивающие соблюдение ТТУ при перевозке груза.

Принимаем, что температура предъявляемого к перевозке груза ($t_{грн}$) соответствует ТТУ. Тогда выход температуры груза при перевозке за границы диапазона ТТУ ($(t_{гр} < t_{трmin}) \vee (t_{гр} > t_{трmax})$) возможен только в случае внешнего температурного воздействия (t_{ext}), величина которого также находится за границами диапазона ТТУ: $(t_{ext} < t_{трmin}) \vee (t_{ext} > t_{трmax})$. В случае использования СТС (ТХ1 или ТХ2) $t_{ext} = \bar{t}_н$, где $\bar{t}_н$ – средняя расчетная температура наружного воздуха на направлении перевозки; в случае использования УКВ, УКК (ТХ3), $t_{ext} = \{t_н + \Delta t_и\}$, если ВНТ = 0, и $t_{ext} = \{t_н\}$, если ВНТ = 1.

При $t_{трmin} \leq t_{ext} \leq t_{трmax}$ выбранная технология может использоваться без установления параметров; при $((t_{ext} < t_{трmin}) \vee (t_{ext} > t_{трmax})) \wedge \text{СПР} = 0$ необходимо установить параметры соответствующих технологий и контролировать их соблюдение. При $\text{СПР} = 1$ установление и соблюдение технологии перевозки скоропортящегося груза полностью относится к компетенции грузоотправителя, не зависит от перевозчика и не требует контроля с его стороны.

При выборе ТХ1 и $\left(\left(\bar{t}_H < \max_{j=1..J} t_{\text{трmin } j} \right) \vee \left(\bar{t}_H > \min_{j=1..J} t_{\text{трmax } j} \right) \right) \wedge \text{СПР} = 0$

подлежит установлению, как параметр перевозки, минимальный запас топлива ($V_{\text{тmin}}$) для энергоснабжения J СТС от общего ДГУ, обеспечивающий перевозку в течение срока доставки, при следующих ограничениях:

$$\begin{cases} Q_j(\bar{t}_H, K_{Hj}, F_j) < N_j, j = 1..J \\ \sum_{j=1}^J W_j < W_H \\ \left(\tau_T(V_T) + \min_{j=1..J} (\tau_{\text{терм.ост } j}) \right) \geq \tau_{\text{дост}} \end{cases}, \quad (2.1)$$

где

Q_j, N_j, W_j – соответственно, расчетный теплоприток, производительность и энергопотребление термического оборудования j -го СТС, Вт;

W_H – номинальная мощность ДГУ, Вт;

K_{Hj}, F_j – соответственно, коэффициент K , определенный по методике, приведенной в главе 3, Вт/(м²·К), и средняя площадь кузова, м², j -го СТС;

τ_T – расчетная продолжительность работы ДГУ, обеспечивающей энергоснабжение термического оборудования J СТС, исходя из имеющегося запаса топлива, сут;

$\tau_{\text{терм.ост } j}$ – остаточный предельный срок перевозки груза в j -м СТС в режиме «термос» после отключения термического оборудования по причине окончания топлива в ДГУ, сут.

Применение ТХ1 возможно при выполнении условия: $V_T \geq V_{\text{тmin}}$.

При выборе ТХ2 и $\left((\bar{t}_H < t_{\text{трmin}}) \vee (\bar{t}_H > t_{\text{трmax}}) \right) \wedge \text{СПР} = 0$ подлежит установлению в качестве параметра максимальное значение коэффициента K кузова СТС, обеспечивающее сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке (K_{max}), при следующих ограничениях:

$$\tau_{\text{терм}}(\overline{t_n}, K_n, F, G_{\text{гр}}, c_{\text{гр}}) \geq \tau_{\text{дост}}, \quad (2.2)$$

где

$\tau_{\text{терм}}$ – предельный срок перевозки груза в режиме «термос», сут;

K_n – коэффициент К кузова СТС, определенный по методике, приведенной в главе 3, Вт/(м²·К);

F – средняя площадь кузова СТС, м²;

$c_{\text{гр}}$ – удельная теплоемкость перевозимого груза, кДж/(кг·К).

Применение ТХ2 возможно при выполнении условия: $K_n \leq K_{\text{max}}$.

Установление ТХ3 при СПР = 0 производится с учетом необходимости выполнения в течение груженого рейса для заданного направления перевозки условия вида:

$$t_{\text{трmin}} \leq t_{\text{в}}(t_n, \Delta t_{\text{и}}) \leq t_{\text{трmax}}. \quad (2.3)$$

Для установления технологии перевозки железнодорожным транспортом предъявляемого скоропортящегося груза с заданными параметрами автором разработана комплексная методика, которая в качестве составных частей включает:

- определение расчетной температуры наружного воздуха в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки;
- определение расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК;
- оценку соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК заданным температурным условиям перевозки и хранения груза в зависимости от даты и времени предъявления груза к перевозке и направления перевозки;
- определение предельного срока перевозки скоропортящегося груза (тарно-штучного и неупакованного наливом) в режиме «термос» и оценку максимального значения коэффициента К кузова СТС, при котором обеспечивается сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке;

– определение предельного срока перевозки скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения и оценку минимального запаса топлива в дизель-генераторном устройстве, осуществляющем энергоснабжение термического оборудования транспортных средств, при котором обеспечиваются условия сохранения качества скоропортящегося груза при перевозке.

Рассмотрим ниже комплексную методику установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом и ее составные части. Расчетное значение коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС в условиях отсутствия камеры (K_n) определяется по методике, приведенной в главе 3 диссертации.

2.2 Определение расчетной температуры наружного воздуха в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки

Имеем направление перевозки скоропортящегося груза, заданное станцией отправления и станцией назначения груза, дату погрузки (предъявления к перевозке) груза (T_0), срок доставки груза ($\tau_{\text{дост}}$).

В соответствии с заданным способом организации перевозки представим маршрут перевозки по заданному направлению в виде последовательности из N межстанционных участков – прямых линий на геоиде¹ – начало и конец которых определяется по географическим координатам отдельных пунктов железнодорожного транспорта. Длину этого маршрута обозначим как L .

Дату и время расчетного проследования n -й попутной станции ($n \in N$) определим из предположения о равномерном характере движения между станциями отправления и назначения груза:

¹ Геоид – выпуклая замкнутая поверхность, совпадающая с поверхностью воды в морях и океанах в спокойном состоянии и перпендикулярная к направлению силы тяжести в любой ее точке, а именно геометрическое тело, отражающее свойства потенциала силы тяжести Земли.

$$\mathcal{T}_n = \mathcal{T}_0 + \tau_{\text{дост}} \cdot \frac{L_{0n}}{L}, \quad (2.4)$$

где

L_{0n} – суммарная длина межстанционных участков от станции отправления до n -й станции.

В случае если заданы даты и время проследования отдельных попутных станций (например, в случае перевозки в грузовом поезде по расписанию), дату и время расчетного проследования попутной станции, для которой дата и время ее проследования не заданы, определим как:

$$\mathcal{T}_n = \mathcal{T}_{(n-)' } + (\mathcal{T}_{(n+)' } - \mathcal{T}_{(n-)' }) \cdot \frac{L'_{0n}}{L'_n}, \quad (2.5)$$

где

$\mathcal{T}_{(n-)' }, \mathcal{T}_{(n+)' }$ – дата и время проследования попутных станций, соответственно, предшествующей n -й станции и следующей за ней;

L'_{0n} – суммарная длина межстанционных участков от предшествующей станции с заданной датой и временем ее проследования до n -й станции;

L'_n – суммарная длина межстанционных участков от предшествующей станции с заданной датой и временем ее проследования до следующей такой станции.

Привязку (n, i) n -го межстанционного участка с географическими координатами его центра $(\overline{LAT_n}, \overline{LON_n})$ к опорной метеостанции из множества I опорных метеостанций с известными [9] их географическими координатами $\{LAT_i, LON_i\}$, из числа которых предварительно исключим высокогорные и с неполными данными, осуществим по критерию географической близости:

$$(n, i) \xleftarrow{\min_{i=1..I}} S((\overline{LAT_n}, \overline{LON_n}), (LAT_i, LON_i)), \quad (2.6)$$

где

$S((\overline{LAT_n}, \overline{LON_n}), (LAT_i, LON_i))$ – расстояние между центром n -го межстанционного участка и i -й опорной метеостанцией в географической системе координат, м.

Для повышения точности границ привязки разобьем межстанционные участки на элементарные прямолинейные отрезки равной длины (элементарные отрезки). Дату и время проследования k -го элементарного отрезка в пределах n -го межстанционного участка ($\mathcal{T}_{n_k}$) определим как:

$$\mathcal{T}_{n_k} = \mathcal{T}_{(n-)} + (\mathcal{T}_{(n+)} - \mathcal{T}_{(n-)}) \cdot \frac{k}{K_n}, \quad (2.7)$$

где

$\mathcal{T}_{(n-)}, \mathcal{T}_{(n+)}$ – рассчитанные по формуле (2.5) даты и время проследования станции, соответственно, предшествующей k -му элементарному отрезку и следующей за ним;

K_n – общее число элементарных отрезков, на которые разбит n -й межстанционный участок.

Привязку (k, i) k -го элементарного отрезка с географическими координатами его центра $(\overline{LAT_k}, \overline{LON_k})$ к опорной метеостанции из множества I осуществим аналогично привязке межстанционного участка к опорной метеостанции:

$$(k, i) \leftarrow \min_{i=1..I} S((\overline{LAT_k}, \overline{LON_k}), (LAT_i, LON_i)). \quad (2.8)$$

После привязки всех элементарных отрезков, на которые разбит маршрут перевозки, имеем для каждой i -й метеостанции K_i элементарных отрезков. Зная даты и время их расчетного проследования выделим для каждой i -й метеостанции группу из K_{id} элементарных отрезков с расчетным проследованием их грузом в d -е сутки. Для каждой такой группы определим суммарную длину элементарных

отрезков (L_{i_d}), продолжительность их проследования (τ_{i_d}), долю τ_{i_d} в $\tau_{\text{дост}}$ (ω_{i_d}), среднюю географическую широту (LAT_{i_d}) и средний угол между линиями элементарных отрезков и меридианом (ν_{i_d}):

$$L_{i_d} = \sum_{k=1}^{K_{i_d}} L_{i_d k}, \quad (2.9)$$

$$\tau_{i_d} = \sum_{k=1}^{K_{i_d}} \tau_{i_d k}, \quad (2.10)$$

$$\omega_{i_d} = \frac{\tau_{i_d}}{\tau_{\text{дост}}}, \quad (2.11)$$

$$LAT_{i_d} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{i_d}} LAT_{i_d k}}{K_{i_d}}, \quad (2.12)$$

$$\nu_{i_d} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{i_d}} \nu_{i_d k}}{K_{i_d}}. \quad (2.13)$$

где

$L_{i_d k}$, $\tau_{i_d k}$, $LAT_{i_d k}$, $\nu_{i_d k}$ – соответственно, длина, расчетная продолжительность проследования, средняя географическая широта и угол между меридианом и линией k -го элементарного отрезка, привязанного к i -й метеостанции, с расчетным проследованием грузом в d -е сутки.

Схема алгоритма отбора и привязки метеостанций для заданного направления перевозки приведена на Рисунке 2.2.

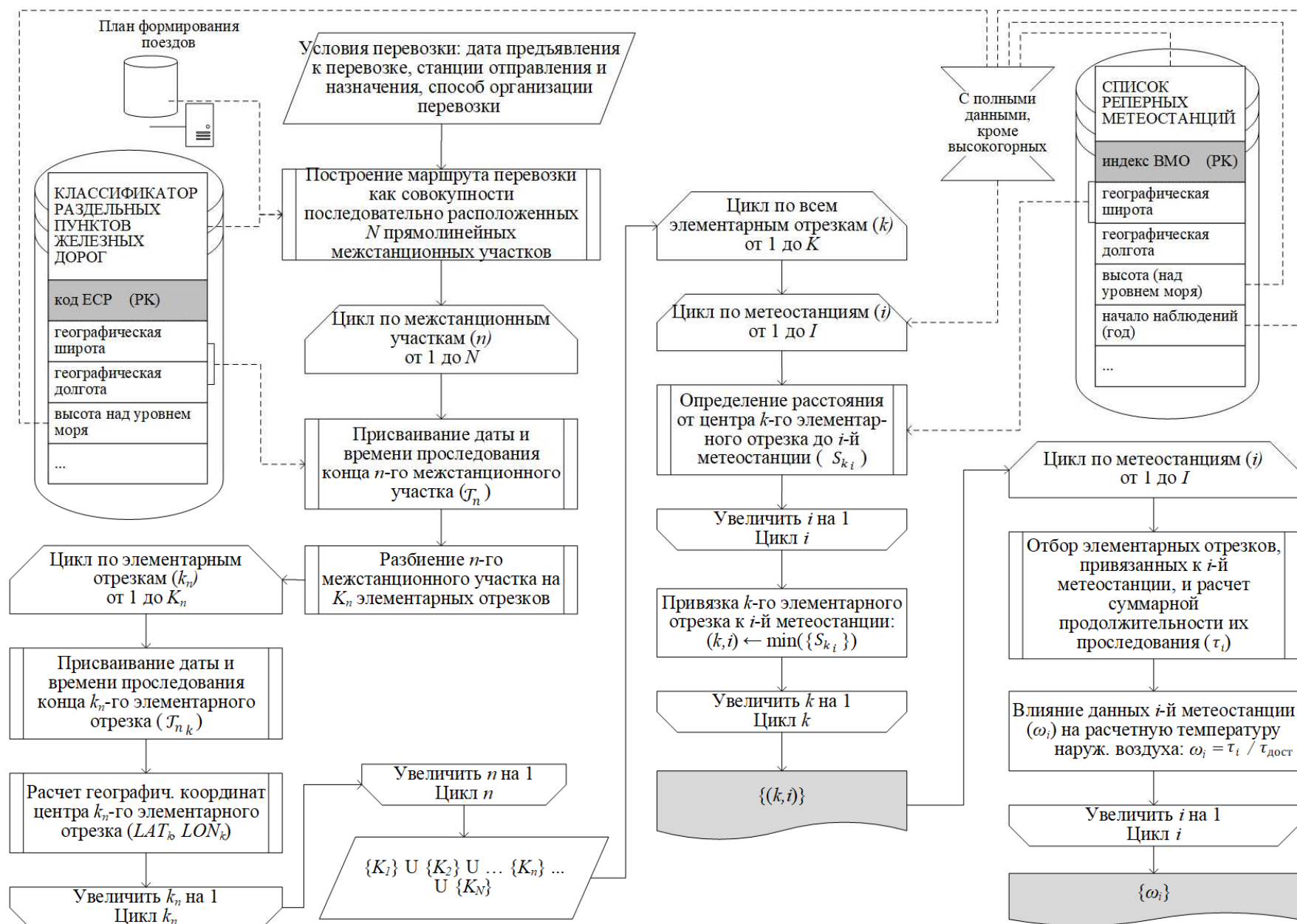


Рисунок 2.2 – Схема алгоритма отбора и привязки метеостанций для заданного направления перевозки

Определение расчетной температуры наружного воздуха осуществим путем обработки статистических метеоданных, содержащих наблюдения за среднесуточными температурами наружного воздуха на протяжении Y лет по каждой i -й метеостанции. Принимая во внимание известные даты и время расчетного проследования грузом границ элементарных отрезков, каждый из которых привязан к соответствующей метеостанции, установим календарные границы выборки метеоданных по каждой метеостанции.

В качестве расчетной температуры наружного воздуха (t_n) примем совокупность всех ее частных значений на каждом отдельном участке пути как:

$$t_n = \{t_{ni_d}\}. \quad (2.14)$$

Расчетное значение температуры наружного воздуха для i -й отобранной метеостанции и d -х суток проследования ее грузом (t_{ni_d}) определим как точку пересечения интерполирующей функции, описывающей обеспеченность базовых значений температуры за предыдущий расчетный период в Y лет, и заданной обеспеченности (надежности) ее определения (p) [59]:

$$t_{ni_d} \leftarrow \left(f_{interp} \left(\left\{ {}_{0,5}[t_{ni_d,m'}], p_{{}_{0,5}[t_{ni_d,m'}]} \right\} \right) = p \right). \quad (2.15)$$

Для обработки метеорологических параметров с целью получения их характеристик с заданной вероятностью превышения принято использовать прикладные методы математической статистики малых рядов [60]. Для решения таких задач необходимо построить вероятностное распределение данной расчетной метеорологической характеристики.

Сложность и необычность статистической задачи в данном ее применении определяется несколькими условиями:

1) Длина имеющихся вариационных рядов изучаемой характеристики обычно составляет 30-50 значений [61; 62], что недостаточно для расчетов эмпирических частот в интервалах значений переменной. По этой причине для построения вероятностных распределений вычисляется эмпирическая обеспеченность каждого наблюдаемого значения ряда по одной из приближенных формул, основанных на допущении Гаусса, согласно которому вероятности превышения значений случайной переменной могут определяться по ее порядковому номеру в ранжированном ряду без учета самого ее значения [63].

2) Выходными результатами расчетов являются значения метеорологической характеристики с обеспеченностями, выходящими за пределы эмпирических обеспеченностей членов ряда при имеющейся продолжительности наблюдений. Возникающая задача экстраполяции эмпирического распределения (или его сглаживания и интерполяции в области крайних членов ряда) требует обоснованного применения некоторого теоретического распределения вероятностей как «математического лекала» и тщательного подбора его параметров.

3) Вероятностные распределения большинства метеорологических характеристик по своей физической природе существенно асимметричны и для их описания распределение Пирсона III типа подходит редко.

Базовые значения температуры и их обеспеченности определим в соответствии с [59] следующим образом. Произведем извлечение среднесуточных температур наружного воздуха за предыдущий расчетный период в Y лет с получением множества значений $\{t_{hi,d,y}\}$. Отсортируем множество $\{t_{hi,d,y}\}$ в порядке убывания значений температуры и, присвоив каждому его члену соответствующий порядковый номер (m), получим $\{t_{hi,d,m}\}$. Округлим каждое значение температуры из $\{t_{hi,d,m}\}$ до $0,5^\circ\text{C}$ и, оставив только уникальные (неповторяющиеся) значения, присвоим каждому соответствующий порядковый номер (m'). Получим $\left\{_{0,5}[t_{hi,d,m'}]\right\}$. Для каждого значения температуры из

$\left\{_{0,5} \left[t_{hi,d,m'} \right] \right\}$ рассчитаем его средний порядковый номер: $m_{cp,m'} = \overline{\left\{ m \middle| -0,25 \leq \left(t_{hi,d,m} - _{0,5} \left[t_{hi,d,m'} \right] \right) < 0,25 \right\}}$. Обеспеченность конкретного значения температуры $(_{0,5} \left[t_{hi,d,m'} \right])$ определим по приближенной формуле Чегодаева [59; 64]:

$$p_{_{0,5} \left[t_{hi,d,m'} \right]} = 1 - \frac{m_{cp,m'} - 0,3}{Y + 0,4}. \quad (2.16)$$

При перевозке груза в УКВ, УКК тепловыми сопротивлением и инерцией кузова пренебрегаем, вследствие чего расчетную температуру наружного воздуха определим по формуле (2.14).

При перевозке груза в СТС, имеющем термоизоляцию кузова, которая приводит к многократному затуханию тепловых волн [19] при изменениях внешнего теплового воздействия, расчетную температуру наружного воздуха примем как среднее за грузеный рейс значение:

$$\overline{t_h} = \sum_{i=1}^I (t_{hi} \cdot \omega_i), \quad (2.17)$$

где

t_{hi} – расчетная температура наружного воздуха при проследовании элементарных отрезков, привязанных к i -й метеостанции, °С;

ω_i – доля суммарной продолжительности проследования элементарных отрезков, привязанных к i -й метеостанции, в сроке доставки груза ($\tau_{дост}$).

$$\omega_i = \sum_{d=1}^{D_i} \omega_{id}, \quad (2.18)$$

$$t_{\text{н}i} = \frac{\sum_{d=1}^{D_i} (t_{\text{н}id} \cdot \omega_{id})}{\omega_i}. \quad (2.19)$$

Схема алгоритма определения расчетной температуры наружного воздуха в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки приведена на Рисунке 2.3.

Алгоритм опубликован в [65] и реализован автором в программе для ЭВМ «Алгоритм определения расчетной температуры наружного воздуха для установления условий перевозок скоропортящегося груза железнодорожным транспортом – T_EXT_TRANSA» [66] (см. Приложение А). Пример расчета по алгоритму с подтверждением достоверности расчетных данных путем сравнения их с фактическими данными метеонаблюдений приведен в Приложении Б.

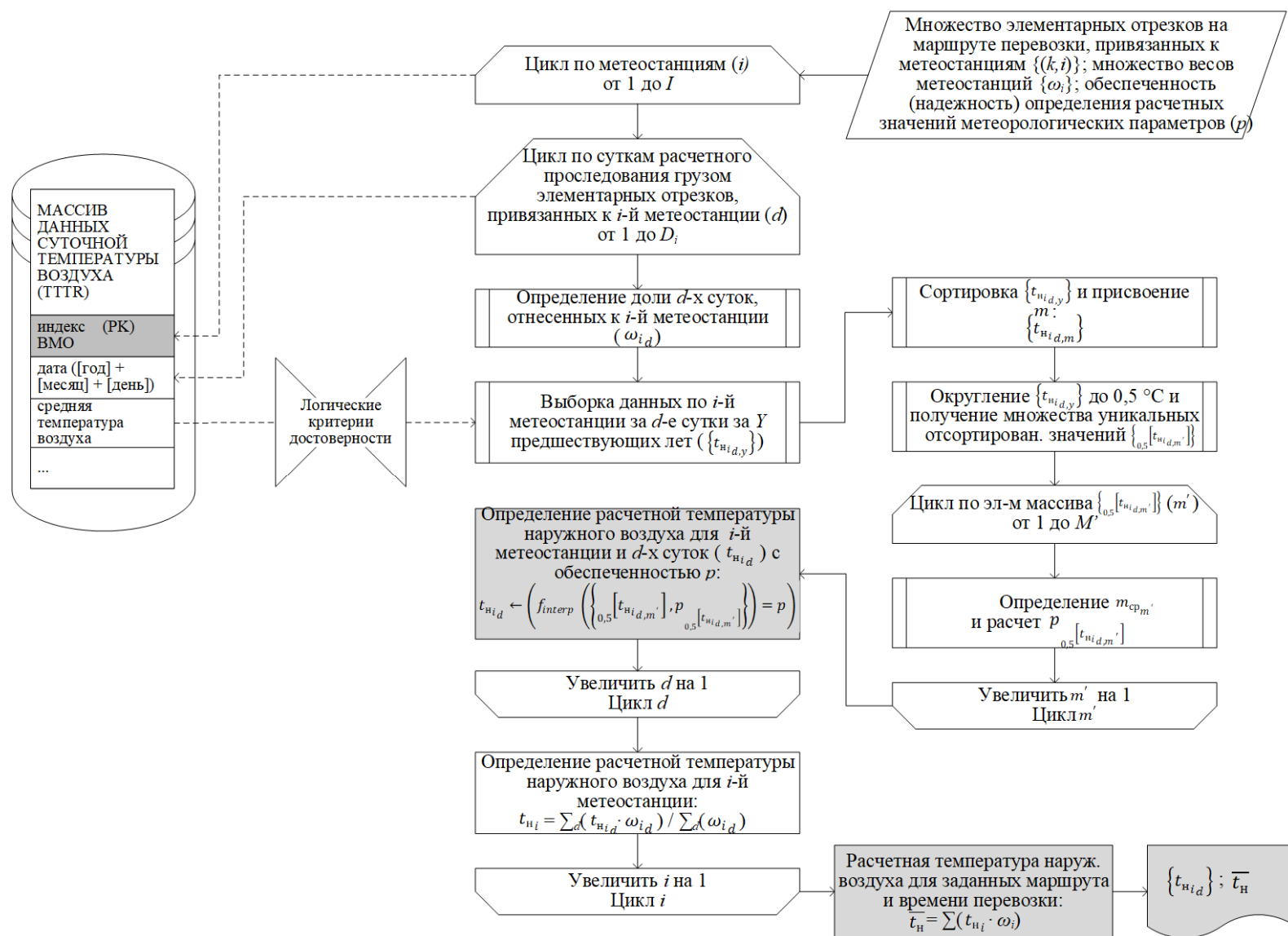


Рисунок 2.3 – Схема алгоритма определения расчетной температуры наружного воздуха в транспортном средстве с термоизолированным кузовом в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки

2.3 Определение расчетной температуры воздуха внутри кузова крытого вагона или универсального контейнера

Имеем транспортное средство без термоизоляции кузова (УКВ или УКК) в составе поезда, находящегося на расчетную дату пути ($d = YYYY-MM-DD$) в привязанной к i -й метеостанции точке маршрута перевозки (расчетная точка маршрута перевозки) с географической широтой LAT_{id} , которую определим по формуле (2.12). Принимаем, что в расчетной точке маршрута перевозки транспортное средство движется со средней расчетной скоростью:

$$v_{id} = \frac{L_{id}}{24 \cdot \tau_{id}}. \quad (2.20)$$

где L_{id} определим по формуле (2.9), τ_{id} – по формуле (2.10).

На крышу и боковые стены транспортного средства воздействует коротковолновое (прямое) солнечное излучение (солнечная радиация), на пол – длинноволновое (тепловое) излучение от нагретой поверхности железнодорожного полотна. Примем, что по причине нахождения транспортного средства в составе поезда прямое солнечное излучение не воздействует на его торцы. Теплообмен между грузом и воздухом внутри кузова транспортного средства не рассматриваем, пренебрегая, таким образом, воздействием груза на температуру воздуха внутри УКВ, УКК.

Расчетную температуру воздуха внутри кузова УКВ, УКК (t_b) определим как множество ее среднесуточных значений на каждом отдельном участке пути:

$$t_b = \{t_{bid}\}. \quad (2.21)$$

Расчетное значение температуры воздуха внутри кузова для i -й отобранной метеостанции и d -х суток проследования грузом элементарных отрезков в зоне ее

тяготения (t_{bid}) определим как:

$$t_{bid} = t_{nid} + \Delta t_{nid}, \quad (2.22)$$

где

t_{nid} – расчетное значение температуры наружного воздуха для i -й метеостанции и d -х суток проследования ее грузом, которое определим по формуле (2.15), °С;

Δt_{nid} – расчетное повышение температуры воздуха внутри кузова транспортного средства, связанное с воздействием различных видов излучения, в расчетной точке маршрута перевозки, °С.

Для перечисленных выше условий определим Δt_{nid} в соответствии с [67] следующим образом:

$$\Delta t_{nid} = \begin{cases} \frac{(Q_{(кр/ст)id} + Q_{(пол)id}) \cdot 3,6}{\sum_{z'} (G_{z'} \cdot c_{z'}) + G_{возд} \cdot c_{возд}}, & \text{ВНТ} = 0, \\ 0, & \text{ВНТ} = 1 \end{cases} \quad (2.23)$$

где

$Q_{(кр/ст)id}$ – расчетный теплоприток в кузов транспортного средства от солнечного излучения, воздействующего на его крышу и боковую стену в расчетной точке маршрута перевозки, Вт;

$Q_{(пол)id}$ – расчетный теплоприток в кузов транспортного средства от теплового излучения, воздействующего на его пол в расчетной точке маршрута перевозки, Вт;

$G_{z'}$, $G_{возд}$ – соответственно, массы частей кузова транспортного средства, подверженных воздействию излучения, и воздуха в незанятом объеме кузова (для упрощения массу воздуха примем в полном объеме кузова), кг;

$c_{z'}$, $c_{\text{возд}}$ – соответственно, удельные теплоемкости частей кузова транспортного средства, подверженных тепловому воздействию излучения, и воздуха в кузове, кДж/(кг·К) [68];

3,6 – коэффициент перевода Вт в кДж.

Расчетные теплопритоки в кузов транспортного средства, находящегося в расчетной точке маршрута перевозки, от коротковолнового солнечного излучения ($Q_{(\text{кр/ст})i_d}$), а также от длинноволнового излучения от нагретого железнодорожного полотна ($Q_{(\text{пол})i_d}$) определим с учетом интенсивности соответствующего теплового воздействия и термоизоляционных свойств кузова:

$$Q_{(\text{кр/ст|пол})i_d} = K'_{(\text{кр/ст|пол})i_d} \cdot F_{(\text{кр/ст|пол})} \times \overline{I_{(\text{кр/ст|пол})i_d}} \cdot \frac{a_{s(\text{кр/ст|пол})}}{\alpha_{n(\text{кр/ст|пол})i_d}}, \quad (2.24)$$

где

$K'_{(\text{кр/ст})i_d}$, $K'_{(\text{пол})i_d}$ – значение коэффициента теплопередачи, соответственно, крыши и боковых стен, а также пола транспортного средства в расчетной точке маршрута перевозки, Вт/(м²·К);

$F_{(\text{кр/ст})}$, $F_{(\text{пол})}$ – площадь поверхности, соответственно, крыши и одной боковой стены, а также пола транспортного средства, м²;

$\overline{I_{(\text{кр/ст})i_d}}$, $\overline{I_{(\text{пол})i_d}}$ – средняя интенсивность излучения, воздействующего, соответственно, на крышу и боковые стены, а также на пол транспортного средства в расчетной точке маршрута перевозки, Вт/м²;

$a_{s(\text{кр/ст})}$, $a_{s(\text{пол})}$ – коэффициент поглощения, соответственно, солнечного излучения наружной поверхностью крыши и боковой стены транспортного средства, а также длинноволнового излучения от нагретой поверхности железнодорожного полотна наружной поверхностью пола транспортного средства;

$\alpha_{n(\text{кр/ст})i_d}$, $\alpha_{n(\text{пол})i_d}$ – коэффициент теплоотдачи, соответственно, от

наружной поверхности крыши и боковой стены, а также от пола транспортного средства наружному воздуху в расчетной точке маршрута перевозки, Вт/(м²·К).

Значения коэффициентов теплопередачи крыши и боковых стен ($K'_{(кр/ст)id}$), а также пола транспортного средства ($K'_{(пол)id}$) определим согласно [69] как:

$$K'_{(кр/ст|пол)id} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{н(кр/ст|пол)id}} + \sum_z \frac{\delta_{(кр/ст|пол)_z}}{\lambda_{(кр/ст|пол)_z}} + \frac{1}{\alpha_v}}, \quad (2.25)$$

где

$\delta_{(кр/ст)_z}$, $\delta_{(пол)_z}$ – средняя толщина z-го слоя ограждающих конструкций, соответственно, крыши и боковой стены, а также пола транспортного средства, м;

$\lambda_{(кр/ст)_z}$, $\lambda_{(пол)_z}$ – коэффициент теплопроводности z-го слоя ограждающих конструкций, соответственно, крыши и боковой стены, а также пола транспортного средства, Вт/(м·К);

α_v – коэффициент теплоотдачи от внутренних поверхностей кузова транспортного средства воздуху в нем, Вт/(м²·К). Согласно [69] принимаем $\alpha_v = 8$.

Коэффициенты теплоотдачи от наружной поверхности крыши и боковых стен ($\alpha_{н(кр/ст)id}$), а также от пола транспортного средства окружающему воздуху ($\alpha_{н(пол)id}$) определим с учетом перехода тепла как конвекцией (α_k) [70], так и излучением ($\alpha_{s(кр/ст)}$, $\alpha_{s(пол)}$):

$$\begin{aligned} \alpha_{н(кр/ст|пол)id} &= \alpha_k + \alpha_{s(кр/ст|пол)id} = \\ &= 9 + 3,5 \cdot v'_{id}{}^{0,66} + \beta_{id} \cdot \varepsilon_{0(кр/ст|пол)} \cdot c_s \end{aligned}, \quad (2.26)$$

где

v'_{id} – суммарная скорость движения транспортного средства и ветра, км/ч

$$(v'_{i_d} = v_{i_d});$$

$$\beta_{i_d} \cong 0,04 \cdot \left(\frac{t_{нi_d} + 273}{100} \right)^3 - \text{температурный фактор излучения [67];}$$

$\varepsilon_{0(\text{кр/ст})}$, $\varepsilon_{0(\text{пол})}$ – коэффициенты длинноволнового излучения, соответственно, крыши и боковых стен, а также пола транспортного средства;

$$c_s = 5,67 - \text{постоянная излучения.}$$

Среднюю интенсивность солнечного излучения, воздействующую на крышу и боковую стену транспортного средства в расчетной точке маршрута перевозки, $(\overline{I_{(\text{кр/ст})}_{i_d}})$ определим с учетом интервала расчетного времени воздействия:

$$\overline{I_{(\text{кр/ст})}_{i_d}} = \frac{\int_{t_{вi_d}}^{t_{зi_d}} (I_{(\text{кр})_{i_d}}(t) \cdot F_{(\text{кр})} + |I_{(\text{ст})_{i_d}}(t)| \cdot F_{(\text{ст})}) dt}{24 \cdot F_{(\text{кр/ст})}}, \quad (2.27)$$

где

$$t_{вi_d} = f_{t_b}(LAT_{i_d}, YYYYY-MM-DD), \quad t_{зi_d} = f_{t_z}(LAT_{i_d}, YYYYY-MM-DD) -$$

пределы интегрирования по времени, соответствующие моментам восхода и захода Солнца в расчетной точке маршрута перевозки;

$I_{(\text{кр})_{i_d}}(t)$, $I_{(\text{ст})_{i_d}}(t)$ – интенсивность солнечного излучения, воздействующая, соответственно, на крышу и боковую стену транспортного средства в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t , Вт/м²;

$F_{(\text{кр})}$, $F_{(\text{ст})}$ – площадь поверхности, соответственно, крыши и боковой стены транспортного средства, м².

Интенсивность теплового (длинноволнового) излучения, воздействующего на пол транспортного средства, $(\overline{I_{(\text{пол})}_{i_d}})$ определим согласно [67] в зависимости от значения $I_{(\text{кр})_{i_d}}$:

$$\overline{I_{(\text{пол})}_{i_d}} = 0,25 \cdot \frac{\int_{t_{вi_d}}^{t_{зi_d}} \left(I_{(\text{кр})}_{i_d}(t) \right) dt}{24}. \quad (2.28)$$

Интенсивность солнечного излучения, падающего на крышу транспортного средства в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t , $(I_{(\text{кр})}_{i_d}(t))$ определим как часть (горизонтальную проекцию) солнечного излучения, падающего на перпендикулярную потоку поверхность, $(I_{\text{п}i_d}(t))$ [71]:

$$I_{(\text{кр})}_{i_d}(t) = I_{\text{п}i_d}(t) \cdot \sin h_{i_d}(t), \quad (2.29)$$

где

$h_{i_d}(t) = f_h(LAT_{i_d}, YYY-YY-MM-DD, t)$ – высота Солнца над горизонтом в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t , рад.

Интенсивность солнечного излучения, падающего на боковую стену транспортного средства, $(I_{(\text{ст})}_{i_d}(t))$ определим как часть (вертикальную проекцию) $I_{\text{п}i_d}(t)$ с учетом азимута Солнца [71]:

$$I_{(\text{ст})}_{i_d}(t) = I_{\text{п}i_d}(t) \cdot \cos h_{i_d}(t) \cdot \sin(A_{i_d}(t) - v_{i_d}), \quad (2.30)$$

где

$A_{i_d}(t) = f_A(LAT_{i_d}, YYY-YY-MM-DD, t)$ – азимут Солнца в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t , рад;

v_{i_d} – расчетный угол, определяющий среднее положение боковой стены транспортного средства относительно меридиана при проследовании i -й метеостанции в d -е сутки, который определим по формуле (2.13), рад.

Интенсивность солнечного излучения, падающего на перпендикулярную потоку поверхность в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t ,

$(I_{п_{i_d}}(t))$ определим в зависимости от расчетного среднего коэффициента прозрачности атмосферы в ясную погоду (P) и коэффициента ослабления вследствие вероятной облачности ($k_{обл_{i_d}}(t)$):

$$I_{п_{i_d}}(t) = 1367 \cdot \frac{P \cdot \sin h_{i_d}(t)}{1 - P \cdot (1 - \sin h_{i_d}(t))} \cdot k_{обл_{i_d}}(t), \quad (2.31)$$

где

1367 – солнечная постоянная [72; 73], Вт/м².

Согласно [67] примем $P = 0,85$.

Согласно [74] определим $k_{обл_{i_d}}(t)$ как:

$$k_{обл_{i_d}}(t) = \frac{1 - \frac{u_{i_d}(t)}{10} + \frac{s_{i_d}}{s_{0_{i_d}}}}{2}, \quad (2.32)$$

где

$u_{i_d}(t)$ – общее количество облачности в расчетной точке маршрута перевозки в момент времени t , от 0 до 10 баллов;

s_{i_d} – средняя за сутки продолжительность солнечного сияния в расчетной точке маршрута перевозки, ч;

$s_{0_{i_d}} = (t_{з_{i_d}} - t_{в_{i_d}})$ – продолжительность светового дня, ч.

Расчетные значения параметров u_{i_d} определим по данным архивов метеостанций [75] для фиксированного момента времени t ($u_{i_d,t}$) и s_{i_d} определим аналогично параметру $t_{н_{i_d}}$, вычисляемому по формулам (2.15) и (2.16).

Схема алгоритма определения расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки приведена на Рисунке 2.4.

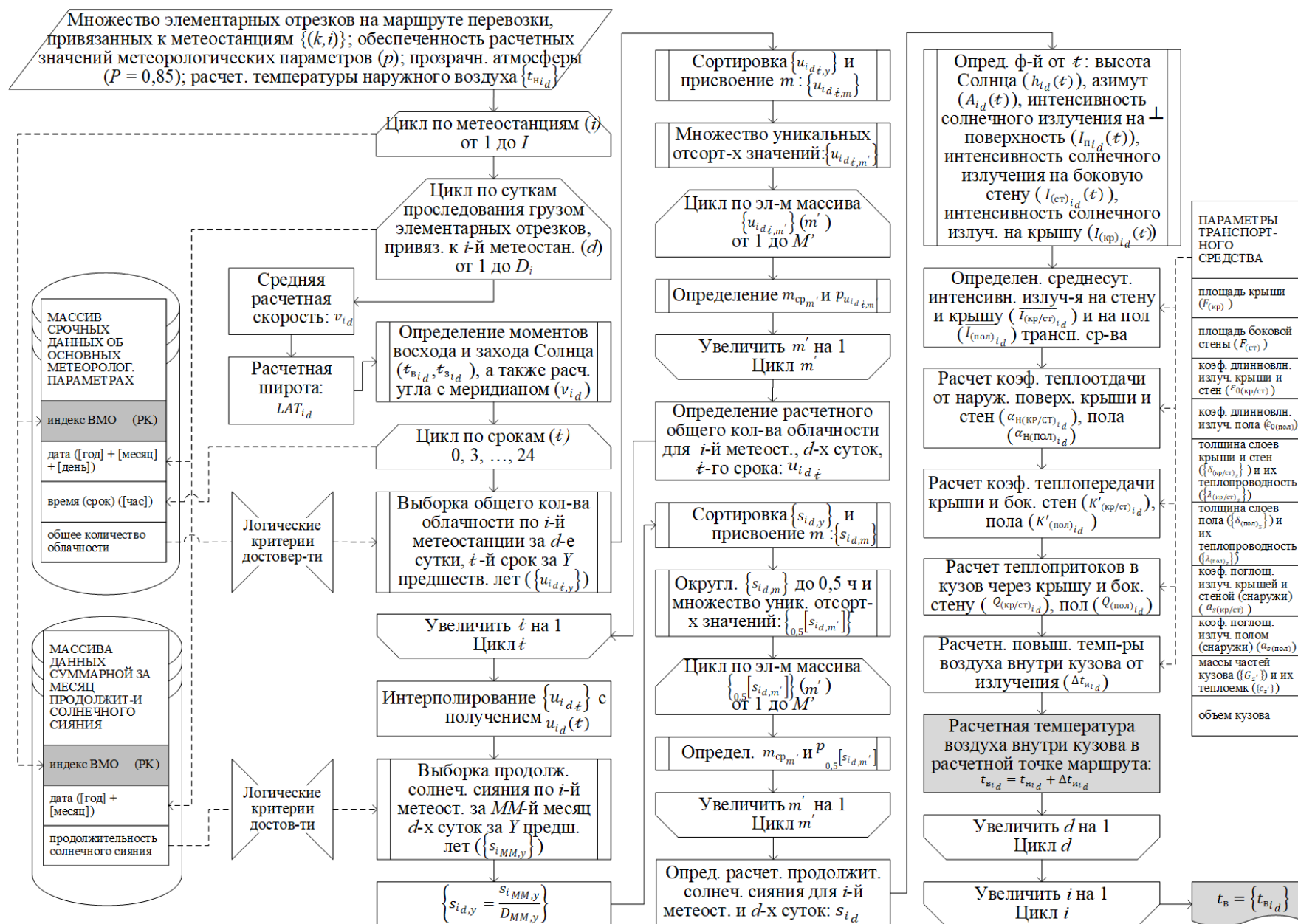


Рисунок 2.4 – Схема алгоритма определения расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК при ВНТ = 0

Пример определения расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ с подтверждением достоверности расчетных данных путем сравнения их с экспериментальными [67], а также рекомендуемые значения $\Delta t_{\text{и}}$ для российских железных дорог приведены в Приложении В.

2.4 Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в крытом вагоне или универсальном контейнере заданным температурным условиям перевозки и хранения груза в зависимости от даты и времени предъявления груза к перевозке и направления перевозки

К перевозке в УКВ или УКК предъявляется тарно-штучный скоропортящийся груз, для которого определены следующие параметры:

- дата погрузки (предъявления к перевозке) (T_0);
- направление перевозки (станция отправления и станция назначения);
- срок доставки груза ($\tau_{\text{дост}}$), сут;
- температурные условия перевозки и хранения ($t_{\text{трmin}} \leq t_{\text{гр}} \leq t_{\text{трmax}}$), °С;
- особые требования ППСГ (ГРП = 0).

Для заданных направления перевозки и параметра надежности ($0,5 < p < 1,0$) в соответствии с приведенным в параграфе 2.3 алгоритмом определим расчетные температуры воздуха внутри кузова УКВ или УКК для:

- верхней границы температурных условий: $t_{\text{в}\uparrow} = \{t_{\text{в}\uparrow i_d}\}$ при $p_{\uparrow} = p$;
- нижней границы температурных условий: $t_{\text{в}\downarrow} = \{t_{\text{в}\downarrow i_d}\}$ при $p_{\downarrow} = (1 - p)$.

Для оценки соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК заданным введем показатели $\varpi_{\uparrow}$ и $\varpi_{\downarrow}$, характеризующие долю времени от срока доставки, в течение которой имели место выходы, соответственно, за верхнюю и нижнюю границы заданных температурных условий. Определим значения $\varpi_{\uparrow}$ и $\varpi_{\downarrow}$ как:

$$\varpi_{\uparrow} = \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} \left(\frac{\tau_{id}}{\tau_{\text{дост}}}, t_{\text{в}\uparrow id} > t_{\text{трmax}} \right), \quad (2.33)$$

$$\varpi_{\downarrow} = \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} \left(\frac{\tau_{id}}{\tau_{\text{дост}}}, t_{\text{в}\downarrow id} < t_{\text{трmin}} \right), \quad (2.34)$$

где τ_{id} определим по формуле (2.10).

Тогда при $\varpi_{\uparrow} + \varpi_{\downarrow} = 0$ имеем, что температурные условия перевозки соответствуют заданным. При $(\varpi_{\uparrow} + \varpi_{\downarrow}) > 0$ определим средний выход расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК за, соответственно, верхнюю $(\overline{\Delta t_{\uparrow}})$ и нижнюю $(\overline{\Delta t_{\downarrow}})$ границы заданных ТТУ ($t_{\text{трmin}} \leq t_{\text{гр}} \leq t_{\text{трmax}}$):

$$\overline{\Delta t_{\uparrow}} = \left[\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} \left(\tau_{id} \cdot (t_{\text{в}\uparrow id} - t_{\text{трmax}}), t_{\text{в}\uparrow id} > t_{\text{трmax}} \right) \right] \cdot \frac{1}{\varpi_{\uparrow} \cdot \tau_{\text{дост}}}, \quad (2.35)$$

$$\overline{\Delta t_{\downarrow}} = \left[\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} \left(\tau_{id} \cdot (t_{\text{трmin}} - t_{\text{в}\downarrow id}), t_{\text{в}\downarrow id} < t_{\text{трmin}} \right) \right] \cdot \frac{1}{\varpi_{\downarrow} \cdot \tau_{\text{дост}}}. \quad (2.36)$$

Схема оценки соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК заданным в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки приведена на Рисунке 2.5. Для количественной оценки влияния $\overline{\Delta t_{\uparrow}}$ на ухудшение качества груза, связанного с нарушением ТТУ при перевозке (уменьшение срока хранения), может быть использован «коэффициент Q10» [76]. При $\overline{\Delta t_{\downarrow}}$ принимаем, что скоропортящийся груз полностью изменяет свои потребительские свойства (например, замораживается полностью или частично). Пример расчета приведен в Приложении Г.

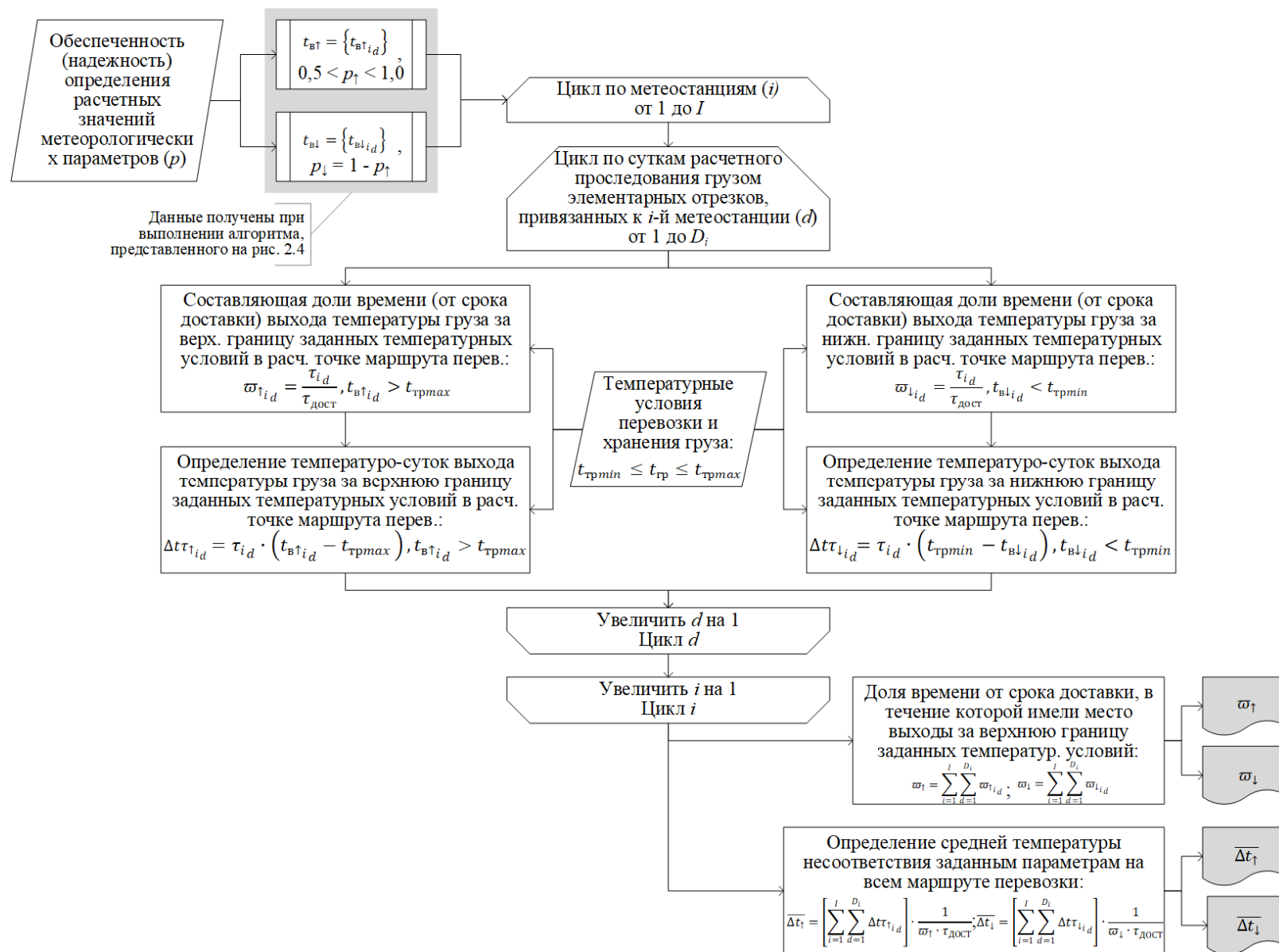


Рисунок 2.5 – Схема алгоритма оценки соответствия ТТУ и расчетных темпер-х условий перевозки груза в УКВ, УКК

2.5 Определение предельного срока перевозки тарно-штучного скоропортящегося груза в режиме «термос» и оценка максимального значения коэффициента К кузова изотермического вагона или термического контейнера

К перевозке в изотермическом вагоне (ИВ) или термическом контейнере (ИК) предъявляется тарно-штучный скоропортящийся груз, для которого определены следующие параметры:

- масса ($G_{гр}$), кг;
- дата погрузки (предъявления к перевозке) (T_0);
- направление перевозки (станция отправления и станция назначения);
- срок доставки груза ($\tau_{дост}$), сут;
- температурные условия перевозки и хранения ($t_{трmin} \leq t_{гр} \leq t_{трmax}$), °С;
- вид упаковки (УПК = 1);
- необходимость вентилирования (ВНТ = 0).

Для заданного направления перевозки в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2, определим расчетную температуру наружного воздуха $\bar{t}_н$ по формуле (2.17), °С.

Расчетную температуру наружного воздуха в момент предъявления груза к перевозке $t_{н0}$ определим по формуле (2.15) при $i = 1$ и $d = 1$, то есть $t_{н0} = t_{н11}$, °С.

Если $t_{трmin} \leq \bar{t}_н \leq t_{трmax}$, ограничения для данной перевозки не накладываются.

При $(\bar{t}_н > t_{трmax}) \vee (\bar{t}_н < t_{трmin})$ в соответствии с [77; 78; 79] определим предельный срок перевозки тарно-штучного груза в режиме «термос», сут:

$$\tau_{терм}^{т\backslash ш} = \frac{\ln \theta_{yo} - \ln \theta_{пред}}{24 \cdot 3,6 \cdot b_{и}}, \quad (2.37)$$

где:

$$\theta_{y0} = \frac{\overline{t_n} - t_{y0}}{\overline{t_n} - t_0}, \quad (2.38)$$

$$\theta_{\text{пред}} = \frac{\overline{t_n} - t_{\text{пред}}}{\overline{t_n} - t_0}, \quad (2.39)$$

$$b_{\text{и}} = \frac{K \cdot F}{\overline{W_{\text{гр}}}}, \quad (2.40)$$

где

θ_{y0} – начальный обобщенный параметр температуры воздуха в груженом транспортном средстве сразу после закрытия погрузочной двери;

$\theta_{\text{пред}}$ – предельный (в конце груженого рейса) обобщенный параметр температуры воздуха в груженом транспортном средстве;

$b_{\text{и}}$ – коэффициент тепловой инерции системы «груз – транспортное средство – воздух», $ч^{-1}$;

t_{y0} – условная температура воздуха в транспортном средстве после окончания погрузки, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – средняя температура воздуха в груженом транспортном средстве сразу после закрытия погрузочной двери, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{пред}}$ – температура воздуха в транспортном средстве при достижении грузом предельно допустимой температуры в конце перевозки ($t_{\text{грп}}$), $^{\circ}\text{C}$;

$\overline{W_{\text{гр}}}$ – среднее за груженный рейс теплоусвоение груза, кДж/К ;

K – коэффициент K изотермического транспортного средства, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

F – расчетная средняя площадь кузова изотермического транспортного средства, вычисляемая в соответствии с [80], м^2 .

Результаты расчета F для изотермических вагонов различных моделей и термических контейнеров приведены в Таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Расчетная средняя площадь кузова изотермического вагона

Основные модели вагонов	Расчетная средняя площадь кузова (F), м ²
16-340, 16-380, 16-3000, 16-382-02, 16-382-03, 16-3002-02, 16-3002-03	236
ЦБ5-651, ЦБ5-659, ЦБ5-651-05, ЦБ5-659-01, ЦБ5-659-05, МК4-424-01, МК4-424-02	220
МК-4-Б-449	156
ТН-4-201, 16-6894	255
16-6935, 16-6935-01	187

Таблица 2.2 – Расчетная средняя площадь термического контейнера

Тип контейнера	Расчетная средняя площадь (F), м ² , для кода размера							
	20	22	25	40	42	45	L2	L5
КРК	63	65	70	119	123	132	138	147
КТК (Н5/Н6)	66	68	73	123	127	136	142	152

В соответствии с [77] примем:

$$t_{yo} = t_{грн}, \quad (2.41)$$

где

$t_{грн}$ – расчетная температура груза при предъявлении к перевозке, °С.

$$t_{грн} = \begin{cases} t_{грmax}, \bar{t}_н < t_{грmin} \\ t_{грmin}, \bar{t}_н > t_{грmax} \end{cases}. \quad (2.42)$$

Среднее за груженный рейс теплоусвоение груза ($\overline{W_{гр}}$) определим следующим образом:

$$\overline{W_{гр}} = \overline{c_{гр}} \cdot G_{гр}, \quad (2.43)$$

где

$\overline{c_{гр}}$ – расчетная средняя за груженный рейс удельная теплоемкость груза,

кДж/(кг·К).

В расчетах $\overline{c_{гр}}$ примем равной средней за груженный рейс удельной теплоемкости пищевого продукта. Для основных скоропортящихся грузов расчетные значения $\overline{c_{гр}}$ определены и приведены в Приложении Д. Для замороженных грузов – определены с учетом [81].

Температуру воздуха в транспортном средстве при достижении грузом предельно допустимой температуры в конце перевозки ($t_{пред}$) определим как:

$$t_{пред} = t_0 - (a_p + b_p \cdot \Delta t_{грп}), \quad (2.44)$$

$$\Delta t_{грп} = t_{грн} - t_{грп}, \quad (2.45)$$

где

a_p и b_p – эмпирические коэффициенты, служащие для описания изменения температуры в транспортном средстве в нестационарном режиме после закрытия двери, при котором изменения температур груза и воздуха в транспортном средстве слабо коррелированы;

$t_{грп}$ – предельно допустимая температура груза в конце перевозки, °С.

$$t_{грп} = \begin{cases} t_{трmin}, \bar{t}_н < t_{трmin} \\ t_{трmax}, \bar{t}_н > t_{трmax} \end{cases}. \quad (2.46)$$

В соответствии с [77] определим эмпирические коэффициенты a_p и b_p как:

$$a_p \cong \begin{cases} 0,803 \cdot (t_0 - t_{грн}), t_{грн} < t_{н0} \\ 0,710 \cdot (t_0 - t_{грн}), t_{грн} > t_{н0} \end{cases}, \quad (2.47)$$

$$b_p \cong 0,855. \quad (2.48)$$

Среднюю температуру воздуха в транспортном средстве после окончания погрузки (t_0) определим в соответствии с [77] как:

$$t_0 = t_{н0} - \left[1 - e^{-\frac{W_{грн}}{b_n \cdot 3,6 \cdot K \cdot F}} \right] \cdot (t_{н0} - t_{грн}), \quad (2.49)$$

где

$W_{грн}$ – теплоусвоение груза при предъявлении к перевозке, кДж/К;

b_n – эмпирический коэффициент начальных условий перевозки груза, ч⁻¹.

В соответствии с [77] примем $b_n = 450$.

$$W_{грн} = c_{грн} \cdot G_{гр}, \quad (2.50)$$

где

$c_{грн}$ – расчетная удельная теплоемкость груза при предъявлении к перевозке, кДж/(кг·К).

Для основных скоропортящихся грузов расчетные значения $c_{грн}$ определены и приведены в Приложении Д, исходя из характера изменения температуры груза при перевозке: повышения ($\bar{t}_н > t_{трmax}$) или понижения ($\bar{t}_н < t_{трmin}$).

С учетом формул (2.38)-(2.50) и сделанных допущений формула (2.37) примет вид:

$$\begin{aligned} \tau_{терм}^{т\backslash ш} = & \bar{c}_{гр} \cdot G_{гр} \cdot \frac{1}{86,4 \cdot K \cdot F} \cdot \left[\ln(\bar{t}_н - t_{грн}) - \right. \\ & - \ln\left(\bar{t}_н - t_{н0} + \left(1 - e^{-\frac{c_{грн} \cdot G_{гр}}{1620 \cdot K \cdot F}}\right) \cdot C_2 + 0,855 \cdot (t_{грн} - t_{грп}) + \right. \\ & \left. \left. + C_1 \cdot \left(C_2 - \left(1 - e^{-\frac{c_{грн} \cdot G_{гр}}{1620 \cdot K \cdot F}}\right) \cdot C_2\right)\right) \right] \end{aligned} \quad (2.51)$$

$$\text{где } C_1 = \begin{cases} 0,803, & t_{грн} < t_{н0} \\ 0,710, & t_{грн} > t_{н0} \end{cases}, \quad C_2 = t_{н0} - t_{грн}.$$

Подставим $\tau_{дост}$ вместо $\tau_{терм}^{т\backslash ш}$:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{дост}} = & \overline{c}_{\text{гр}} \cdot G_{\text{гр}} \cdot \frac{1}{86,4 \cdot K_{\text{max}} \cdot F} \cdot \left[\ln(\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{грн}}) - \right. \\ & - \ln \left(\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{н0}} + \left(1 - e^{-\frac{c_{\text{грн}} \cdot G_{\text{гр}}}{1620 \cdot K_{\text{max}} \cdot F}} \right) \cdot C_2 + 0,855 \cdot (t_{\text{грн}} - t_{\text{грп}}) + \right. \\ & \left. \left. + C_1 \cdot \left(C_2 - \left(1 - e^{-\frac{c_{\text{грн}} \cdot G_{\text{гр}}}{1620 \cdot K_{\text{max}} \cdot F}} \right) \cdot C_2 \right) \right) \right] \end{aligned} \quad (2.52)$$

и определим максимальное значение коэффициента K (K_{max}) из (2.52) численными методами [82].

Пример расчета предельно допустимого значения коэффициента K для заданных условий с решением уравнения (2.52) численными методами системы автоматизированного проектирования Mathcad приведен в Приложении Е.

2.6 Определение предельного срока перевозки неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме «термос» и оценка максимального значения коэффициента K кузова вагона-цистерны или танк-контейнера с термоизолированным котлом

К перевозке в вагоне-цистерне или танк-контейнере с термоизолированным котлом предъявляется неупакованный наливом скоропортящийся груз, для которого определены следующие параметры:

- масса ($G_{\text{гр}}$), кг;
- дата погрузки (предъявления к перевозке) (T_0);
- направление перевозки (станция отправления и станция назначения);
- срок доставки груза ($\tau_{\text{дост}}$), сут;
- температурные условия перевозки и хранения ($t_{\text{трmin}} \leq t_{\text{гр}} \leq t_{\text{трmax}}$), °С;
- вид упаковки (УПК = 2);
- необходимость вентилирования (ВНТ = 0).

Примем следующие дополнительные условия:

- в процессе налива отсутствует прямой контакт груза с наружным

воздухом;

– котел цистерны не имеет перегородок.

Для заданного направления перевозки в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2, определим расчетную температуру наружного воздуха $\bar{t}_n$, °С, по формуле (2.17).

Расчетную температуру наружного воздуха в момент предъявления груза к перевозке t_{n0} определим по формуле (2.15) при $i = 1$ и $d = 1$, то есть $t_{n0} = t_{n1_1}$, °С.

Если $t_{трmin} \leq \bar{t}_n \leq t_{трmax}$, ограничения для данной перевозки не накладываются.

При $(\bar{t}_n > t_{трmax}) \vee (\bar{t}_n < t_{трmin})$ запишем дифференциальное уравнение теплового баланса для системы «груз – транспортное средство – наружный воздух»:

$$\overline{W}_{гр} \cdot \frac{dt_{гр}}{d\tau} = K \cdot F \cdot |\bar{t}_n - t_{гр}|, \quad (2.53)$$

где

$\overline{W}_{гр}$ – среднее за груженный рейс теплоусвоение груза, которое определим по формуле (2.43), кДж/К;

K – коэффициент K изотермического вагона-цистерны или изотермического танк-контейнера, Вт/(м²·К);

F – расчетная средняя площадь котла цистерны, м².

Результаты расчета F для изотермических вагонов-цистерн различных моделей приведены в Таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчетные параметры котла в зависимости от модели вагона-цистерны

Основные модели вагонов-цистерн	Расчетные параметры котла цистерны:		
	Средняя площадь (F), м ²	Теплоусвоение (W_k), кДж/К	Объем (V), м ³
15-1522, 15-1522-01	109,9	10195	63,4
15-1535	101,4	8526	61,2
15-1542	97,9	10791	54,8
15-1593	109,9	10195	63,7
15-1639, 15-1639-01	97,9	10791	54,5
15-886	84,9	10195	30,5
15-Ц858	64,5	7737	25,2

После интегрирования [83] уравнения (2.53) имеем:

$$\int_{t_{гр0}}^{t_{грп}} \frac{\overline{W_{гр}}}{F \cdot |\overline{t_n} - t_{гр}|} dt_{гр} = K \cdot \int_0^{\tau_{терм}^{нал}} d\tau, \quad (2.54)$$

где

$t_{гр0}$ – условная температура груза после окончания налива, °С;

$t_{грп}$ – предельно допустимая температура груза в конце перевозки, которую определим по формуле (2.46);

$\tau_{терм}^{нал}$ – предельный срок перевозки неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме «термос», сут.

Условную температуру груза после окончания налива определим как:

$$t_{гр0} = t_{грн} + \Delta t_{нал}, \quad (2.55)$$

где

$t_{грн}$ – расчетная температура груза при предъявлении к перевозке, которую определим по формуле (2.42);

$\Delta t_{\text{нал}}$ – расчетная величина тепловых потерь груза на стадии погрузки, °С.

Расчетную величину тепловых потерь груза на стадии погрузки ($\Delta t_{\text{нал}}$) определим через тепловое взаимодействие груза и котла цистерны:

$$\Delta t_{\text{нал}} = \frac{(W_{\text{к}} + W_{\text{возд}}^{\text{нал}}) \cdot (t_{\text{н0}} - t_{\text{к}}^{\text{нал}})}{W_{\text{грн}}}, \quad (2.56)$$

где

$W_{\text{к}}$ – расчетное теплоусвоение котла, которое определено и приведено в Таблице 2.3, кДж/К;

$W_{\text{возд}}^{\text{нал}}$ – теплоусвоение воздуха, вытесняемого из котла в процессе налива груза, кДж/К;

$t_{\text{к}}^{\text{нал}}$ – средняя температура котла в процессе налива груза, °С;

$W_{\text{грн}}$ – теплоусвоение груза при предъявлении к перевозке, которое определим по формуле (2.50), кДж/К.

Теплоусвоение воздуха ($W_{\text{возд}}^{\text{нал}}$), вытесняемого из котла в процессе налива груза, определим следующим образом:

$$W_{\text{возд}}^{\text{нал}} = c_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot V, \quad (2.57)$$

где

$c_{\text{возд}}$ – расчетная теплоемкость насыщенного воздуха (для нормальных условий согласно [69] примем $c_{\text{возд}} = 1,038$ кДж/(кг·К);

$\rho_{\text{возд}}$ – расчетная плотность насыщенного воздуха (для нормальных условий согласно [69] примем $\rho_{\text{возд}} = 1,205$ кг/м³);

V – расчетный полный объем котла, который приведен в Таблице 2.3, м³.

Среднюю температуру котла в процессе налива груза ($t_{\text{к}}^{\text{нал}}$) определим следующим образом:

$$t_{\kappa}^{\text{нал}} = \frac{t_{\text{н0}} + \frac{t_{\text{грн}} + t_{\text{гр0}}}{2}}{2}. \quad (2.58)$$

Приняв $t_{\text{гр0}} \approx t_{\text{грн}}$:

$$t_{\kappa}^{\text{нал}} = \frac{t_{\text{н0}} + t_{\text{грн}}}{2}. \quad (2.59)$$

Предельный срок перевозки груза ($\tau_{\text{терм}}^{\text{нал}}$) найдем из решения уравнен. (2.54):

$$\tau_{\text{терм}}^{\text{нал}} = \frac{\overline{W}_{\text{гр}}}{24 \cdot 3,6 \cdot K \cdot F} \cdot \ln \left| \frac{t_{\text{гр0}} - \overline{t}_{\text{н}}}{t_{\text{грп}} - \overline{t}_{\text{н}}} \right|, \quad (2.60)$$

где $t_{\text{грп}} \neq \overline{t}_{\text{н}}$, что следует из выражения (2.42), и $|t_{\text{гр0}} - \overline{t}_{\text{н}}| > |t_{\text{грп}} - \overline{t}_{\text{н}}|$, что следует из установленного ограничения вида $(\overline{t}_{\text{н}} > t_{\text{трmax}}) \vee (\overline{t}_{\text{н}} < t_{\text{трmin}})$, принятого допущения $t_{\text{гр0}} \approx t_{\text{грн}}$ и выражений (2.42) и (2.46).

С учетом формул (2.55)-(2.59) и сделанных допущений формула (2.60) примет вид:

$$\tau_{\text{терм}}^{\text{нал}} = \frac{\overline{c}_{\text{гр}} \cdot G_{\text{гр}} \cdot \ln \left| \frac{1}{\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{грп}}} \cdot \left(\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{грп}} - \frac{(W_{\kappa} + 1,251 \cdot V) \cdot \frac{t_{\text{н0}} - t_{\text{грн}}}{2}}{c_{\text{грн}} \cdot G_{\text{гр}}} \right) \right|}{86,4 \cdot K \cdot F}. \quad (2.61)$$

Определим макс. значение коэф. К (K_{max}) из (2.61) при $\tau_{\text{терм}}^{\text{нал}} = \tau_{\text{дост}}$:

$$K_{\text{max}} = \frac{\overline{c}_{\text{гр}} \cdot G_{\text{гр}} \cdot \ln \left| \frac{1}{\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{грп}}} \cdot \left(\overline{t}_{\text{н}} - t_{\text{грп}} - \frac{(W_{\kappa} + 1,251 \cdot V) \cdot \frac{t_{\text{н0}} - t_{\text{грн}}}{2}}{c_{\text{грн}} \cdot G_{\text{гр}}} \right) \right|}{86,4 \cdot F \cdot \tau_{\text{дост}}}. \quad (2.62)$$

Пример расчета для заданных условий приведен в Приложении Ж.

2.7 Определение предельного срока перевозки скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения и оценка минимального запаса топлива в дизель-генераторном устройстве

К перевозке без постоянного сопровождения (СПР = 0) предъявляются тарно-штучные скоропортящиеся грузы в транспортных средствах ($j = 1..J$), оборудованных термическим оборудованием (АРВ, КРК), энергоснабжение которых осуществляется от общего ДГУ (далее – сцеп)². Для груза в каждом транспортном средстве определены следующие параметры:

- масса ($G_{грj}$), кг;
- температурные условия (режим) перевозки и хранения ($t_{трminj} \leq t_{грj} \leq t_{трmaxj}$), °C;
- необходимость вентилирования ($ВНТ_j = 0 \vee ВНТ_j = 1$).

Скоропортящиеся грузы на сцепе имеют общую дату предъявления к перевозке (T_0), направление перевозки (станция отправления и станция назначения), срок доставки груза ($\tau_{дост}$), сут.

Для заданного направления перевозки в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2, определим расчетную температуру наружного воздуха $\bar{t}_н$, °C, по формуле (2.17).

Если $\max_{j=1..J} t_{трminj} \leq \bar{t}_н \leq \min_{j=1..J} t_{трmaxj}$ и на сцепе отсутствуют грузы, требующие вентилирования ($\max_{j=1..J} ВНТ_j = 0$), ограничения для данной перевозки не накладываются.

При $\left(\bar{t}_н < \max_{j=1..J} t_{трminj} \right) \vee \left(\bar{t}_н > \min_{j=1..J} t_{трmaxj} \right) \vee \left(\max_{j=1..J} ВНТ_j = 1 \right)$ условие возможности такой перевозки задано неравенством (2.1).

² Одиночное транспортное средство с автономным источником энергоснабжения может быть рассмотрено как частный случай сцепа из одного транспортного средства, то есть примем $J = 1$.

Расчетный теплоприток в j -м транспортном средстве (Q_j) определим следующим образом:

$$Q_j = K_{nj} \cdot F_j \cdot \left| \overline{t_{\text{тр}j}} - \overline{t_n} \right| \pm \left(\frac{q_{dj}}{3,6} \cdot G_{\text{гр}j} + Q_{цj} \right), \quad (2.63)$$

где

K_{nj} – коэффициент K кузова j -го транспортного средства, определенный по методике, приведенной в главе 3, Вт/(м²·К);

F_j – средняя площадь кузова j -го транспортного средства, которую примем в соответствии с Таблицами 2.1 или 2.2, м²;

$\overline{t_{\text{тр}j}}$ – среднее значение поддерживаемого температурного режима в j -м транспортном средстве, °С;

q_{dj} – расчетное тепловыделение груза, перевозимого в j -м транспортном средстве, при температуре $\overline{t_{\text{т.р.}j}}$, кДж/(кг·ч);

$Q_{цj}$ – тепловой эквивалент вентиляторов-циркуляторов в j -м транспортном средстве, который примем равным средней потребляемой ими мощности в соответствии с технической характеристикой транспортного средства, Вт.

Использование плюса или минуса в формуле (2.63) зависит от режима перевозки (с охлаждением или отоплением).

$$\overline{t_{\text{тр}j}} = (t_{\text{тр}minj} + t_{\text{тр}maxj}) / 2. \quad (2.64)$$

Определим расчетную продолжительность работы ДГУ (τ_t) от начального запаса топлива и остаточный предельный срок перевозки грузов на сцепе в режиме «термос» ($\tau_{\text{терм.ост}}$), сут. При этом, если в составе сцепа находится транспортное средство с грузом, требующим вентилирования, примем $\tau_{\text{терм.ост}} = 0$.

Продолжительность работы термического оборудования J транспортных

средств в составе сцепа от общего ДГУ определим следующим образом:

$$\tau_T = \frac{V_T}{R \cdot 24}, \quad (2.65)$$

где

V_T – начальный запас топлива в ДГУ, л;

R – расчетный расход топлива ДГУ, л/ч.

Для нахождения расчетного расхода топлива устройством энергоснабжения в режиме циклической работы термического оборудования (заключается в чередовании пусков и остановок термического оборудования при достижении соответствующих границ заданного температурного режима $[t_{\text{трmin } j}, t_{\text{трmax } j}]$) построим матрицу размера $2^J \times J$. Каждая строка (x) указанной матрицы соответствует одному из возможных вариантов энергоснабжения транспортных средств на сцепе. Термическое оборудование конкретного j -го транспортного средства на сцепе в конкретном x -м варианте энергоснабжения может находиться либо во включенном состоянии («в»), либо в отключенном («о»); указанное состояние записывается в соответствующую позицию матрицы на пересечении конкретных строки и столбца.

Вероятность нахождения термического оборудования j -го транспортного средства в указанном состоянии («в» или «о») в соответствии с x -м вариантом энергоснабжения обозначим как P_{j_x} . Тогда суммарную вероятность нахождения термического оборудования J транспортных средств в x -м варианте их энергоснабжения (P_x) определим с использованием методов теории вероятности как:

$$P_x = \prod_{j=1}^J P_{j_x}, \quad (2.66)$$

Суммарное расчетное энергопотребление термического оборудования J транспортных средств в x -м варианте их энергоснабжения (W_x), Вт, определим как:

$$W_x = \sum_{j=1}^J W_{j_x}, \quad (2.67)$$

где

W_{j_x} – расчетное энергопотребление термического оборудования j -го транспортного средства в x -м варианте его энергоснабжения, Вт.

$$W_{j_x} = \begin{cases} W_j, ("в") \\ 0, ("о") \end{cases}. \quad (2.68)$$

Зная величину производительности термического оборудования j -го транспортного средства (N_j) для заданного температурного режима перевозки груза, характеризуемого расчетным теплопритоком (Q_j), определим вероятность включенного состояния (p_j) через коэффициент рабочего времени термического оборудования:

$$p_j = \frac{Q_j}{N_j}. \quad (2.69)$$

Соответственно, $q_j = (1 - p_j)$ – вероятность того, что термическое оборудование в j -м транспортном средстве отключено.

Тогда запишем выражение для определения P_{j_x} следующим образом:

$$P_{j_x} = \begin{cases} p_j, ("в") \\ q_j, ("о") \end{cases}. \quad (2.70)$$

С учетом вышесказанного расчетный расход топлива ДГУ в режиме циклической работы термического оборудования определим как:

$$R = R_{0_{\text{э}}} + r \cdot \left(\sum_{j=1}^J P_{0_{\text{т.о.}j}} + \sum_{x=1}^{2J} (P_x \cdot W_x) \right), \quad (2.71)$$

где

$R_{0_{\text{э}}}$ – расчетный расход топлива на собственные нужды ДГУ, который примем в соответствии с технической характеристикой ДГУ, л/ч;

r – приведенный расход топлива на выработку электроэнергии, который примем в соответствии с технической характеристикой ДГУ, л/Вт-ч;

$P_{0_{\text{т.о.}j}}$ – суммарная средняя мощность постоянно работающих блоков j -го транспортного средства, которую примем в соответствии с технической характеристикой транспортного средства, Вт.

С учетом формул (2.63), (2.64), (2.66)-(2.71) формула (2.65) примет вид:

$$\tau_{\text{т}} = \frac{V_{\text{т}}/24}{R_{0_{\text{э}}} + r \cdot \left(\sum_{j=1}^J P_{0_{\text{т.о.}j}} + \sum_{x=1}^{2J} \left[\prod_{j=1}^J \left(\begin{array}{c} \frac{K_{\text{н}j} \cdot F_j \cdot |\overline{t_{\text{тр}j}} - \overline{t_{\text{н}}}|}{N_j} \pm \\ \pm \frac{\left(\frac{q_{\text{д}j}}{3,6} \cdot G_{\text{гр}j} + Q_{\text{ц}j} \right)}{N_j}, (\text{в}) \\ 1 - \frac{K_{\text{н}j} \cdot F_j \cdot |\overline{t_{\text{тр}j}} - \overline{t_{\text{н}}}|}{N_j} \pm \\ \pm \frac{\left(\frac{q_{\text{д}j}}{3,6} \cdot G_{\text{гр}j} + Q_{\text{ц}j} \right)}{N_j}, (\text{о}) \end{array} \right) \cdot \sum_{j=1}^J W_{j_x} \right] \right)} \quad (2.72)$$

Расчетный расход топлива ДГУ в режиме непрерывной работы термического оборудования (в грузовом помещении транспортного средства после выхода на равновесный теплообмен поддерживается постоянная температура, то есть $t_{\text{трmin}j} \approx t_{\text{трmax}j}$; при этом оборудование работает непрерывно) определим как:

$$\tilde{R} = R_{0_{\text{э}}} + r \cdot \sum_{j=1}^J (P_{0_{\text{т.о.}j}} + W_j). \quad (2.73)$$

Тогда продолжительность непрерывной работы термического оборудования определим как:

$$\tilde{\tau}_{\text{т}} = \frac{V_{\text{т}}}{24 \cdot \left(R_{0_{\text{э}}} + r \cdot \sum_{j=1}^J (P_{0_{\text{т.о.}j}} + W_j) \right)}. \quad (2.74)$$

Остаточный предельный срок перевозки груза в j -м транспортном средстве определим как:

$$\tau_{\text{терм.ост}j} = \frac{\overline{c'_{\text{гр}j}} \cdot G_{\text{гр}j}}{86,4 \cdot K_{\text{н}j} \cdot F_j} \cdot \ln \left| \frac{t_{\text{грх}j} - \overline{t_{\text{н}}}}{t_{\text{грп}j} - \overline{t_{\text{н}}}} \right|, \quad (2.75)$$

где

$\overline{c'_{\text{гр}j}}$ – расчетная удельная теплоемкость груза, перевозимого в j -м транспортном средстве, которую примем в соответствии с Приложением Д (для замороженных грузов и масложировой продукции – для диапазона температур от $t_{\text{грх}j}$ до $t_{\text{грп}j}$), кДж/(кг·К);

$t_{\text{грп}j}$ – предельно допустимая температура груза в j -м транспортном средстве в конце перевозки, которую установим в соответствии с требованиями стандартов на данную пищевую продукцию, °С;

$t_{\text{грх}j}$ – расчетная температура груза в момент отключения термического оборудования j -го транспортного средства по причине прекращения его энергоснабжения, °С.

Так как предсказать точный момент отключения термического оборудования невозможно, потому $t_{грx_j}$ примем равной соответствующей границе поддерживаемого температурного режима в j -м транспортном средстве:

$$t_{грx_j} = \begin{cases} t_{трmax_j}, \overline{t_H} > t_{трmax_j} \\ t_{трmin_j}, \overline{t_H} < t_{трmin_j} \end{cases}. \quad (2.76)$$

Остаточный предельный срок перевозки всех грузов на сцепе ($\tau_{терм.ост}$) примем равным его минимальному значению:

$$\tau_{терм.ост} = \min_{j=1..J} (\tau_{терм.ост_j}). \quad (2.77)$$

Определим предельно допустимое (минимальное) значение начального запаса топлива (V_{Tmin}) из формулы (2.1), приняв $\tau_T + \tau_{терм.ост} = \tau_{дост}$:

– в режиме циклической работы термического оборудования:

$$V_{Tmin} = \left(\tau_{дост} - \min_{j=1..J} \left(\frac{\overline{c'_{грj}} \cdot G_{грj}}{86,4 \cdot K_{Hj} \cdot F_j} \cdot \ln \left| \frac{t_{грx_j} - \overline{t_H}}{t_{грпj} - \overline{t_H}} \right| \right) \right) \cdot 24 \cdot (R_{0_э} +$$

$$+ r \cdot \left(\sum_{j=1}^J P_{0_{т.о.j}} + \sum_{x=1}^{2J} \prod_{j=1}^J \left(\begin{array}{c} \frac{K_{Hj} \cdot F_j \cdot |\overline{t_{трj}} - \overline{t_H}|}{N_j} \pm \\ \pm \frac{\left(\frac{q_{Дj}}{3,6} \cdot G_{грj} + Q_{цj} \right)}{N_j}, (B) \\ 1 - \frac{K_{Hj} \cdot F_j \cdot |\overline{t_{трj}} - \overline{t_H}|}{N_j} \pm \\ \pm \frac{\left(\frac{q_{Дj}}{3,6} \cdot G_{грj} + Q_{цj} \right)}{N_j}, (O) \end{array} \right)_x \cdot \sum_{j=1}^J W_{j_x} \right) \right), \quad (2.78)$$

– в режиме непрерывной работы термического оборудования:

$$V_{Tmin} = \left(\tau_{\text{дост}} - \min_{j=1..J} \left(\frac{\overline{c'_{\text{гп}j}} \cdot G_{\text{гп}j}}{86,4 \cdot K_{\text{н}j} \cdot F_j} \cdot \ln \left| \frac{t_{\text{гпх}j} - \overline{t_{\text{н}}}}{t_{\text{гпн}j} - \overline{t_{\text{н}}}} \right| \right) \right) \times$$

$$\times 24 \cdot \left(R_{0_{\text{э}}} + r \cdot \sum_{j=1}^J (P_{0_{\text{т.о.}j}} + W_j) \right) \quad (2.79)$$

Пример расчета для режима циклической работы термического оборудования приведен в Приложении И. Схема алгоритма оценки минимального запаса топлива в ДГУ при перевозке с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения (при циклической работе термического оборудования) приведена на Рисунке 2.6. Правильность подходов к расчету подтверждается исследованиями [28; 32].



2.8 Комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза

Комплексная методика предназначена для установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом при следующих заданных параметрах: наименование груза, особые требования (ГРП), вид упаковки (УПК), необходимость вентилирования (ВНТ), требуемые температурные условия (ТТУ), масса груза, дата предъявления груза к перевозке; станции отправления и назначения (направление перевозки); наличие постоянного сопровождения (СПР), способ организации перевозки, срок доставки.

Установление технологии перевозки с применением комплексной методики (Рисунок 2.7) включает ряд шагов.

Шаг 1. Определение возможных технологий перевозки скоропортящегося груза.

Для скоропортящегося груза, описываемого совокупностью параметров {ГРП, УПК, ВНТ} возможными технологиями перевозки являются:

$$\begin{cases} \text{ТХ1 при } (\text{ГРП} = 0 \vee \text{ГРП} = 1) \wedge \text{УПК} = 1 \wedge (\text{ВНТ} = 0 \vee \text{ВНТ} = 1) \\ \text{ТХ2 при } (\text{ГРП} = 0 \vee \text{ГРП} = 1) \wedge (\text{УПК} = 1 \vee \text{УПК} = 2) \wedge \text{ВНТ} = 0 \\ \text{ТХ3 при } \text{ГРП} = 0 \wedge \text{УПК} = 1 \wedge (\text{ВНТ} = 0 \vee \text{ВНТ} = 1) \end{cases} \quad (2.80)$$

Шаг 2. Определение необходимости установления параметров перевозки, обеспечивающих сохранение качества перевозимого скоропортящегося груза.

При СПР = 1 установление технологии перевозки и ее параметров полностью относится к компетенции грузоотправителя, вследствие чего Шаги 3-5 опускаются.

При СПР = 0 для установления параметров возможных технологий перевозки осуществляется переход к Шагу 3.

Шаг 3. Определение расчетной температуры наружного воздуха для заданных направления перевозки, даты предъявления груза к перевозке, способа организации перевозки и срока доставки.

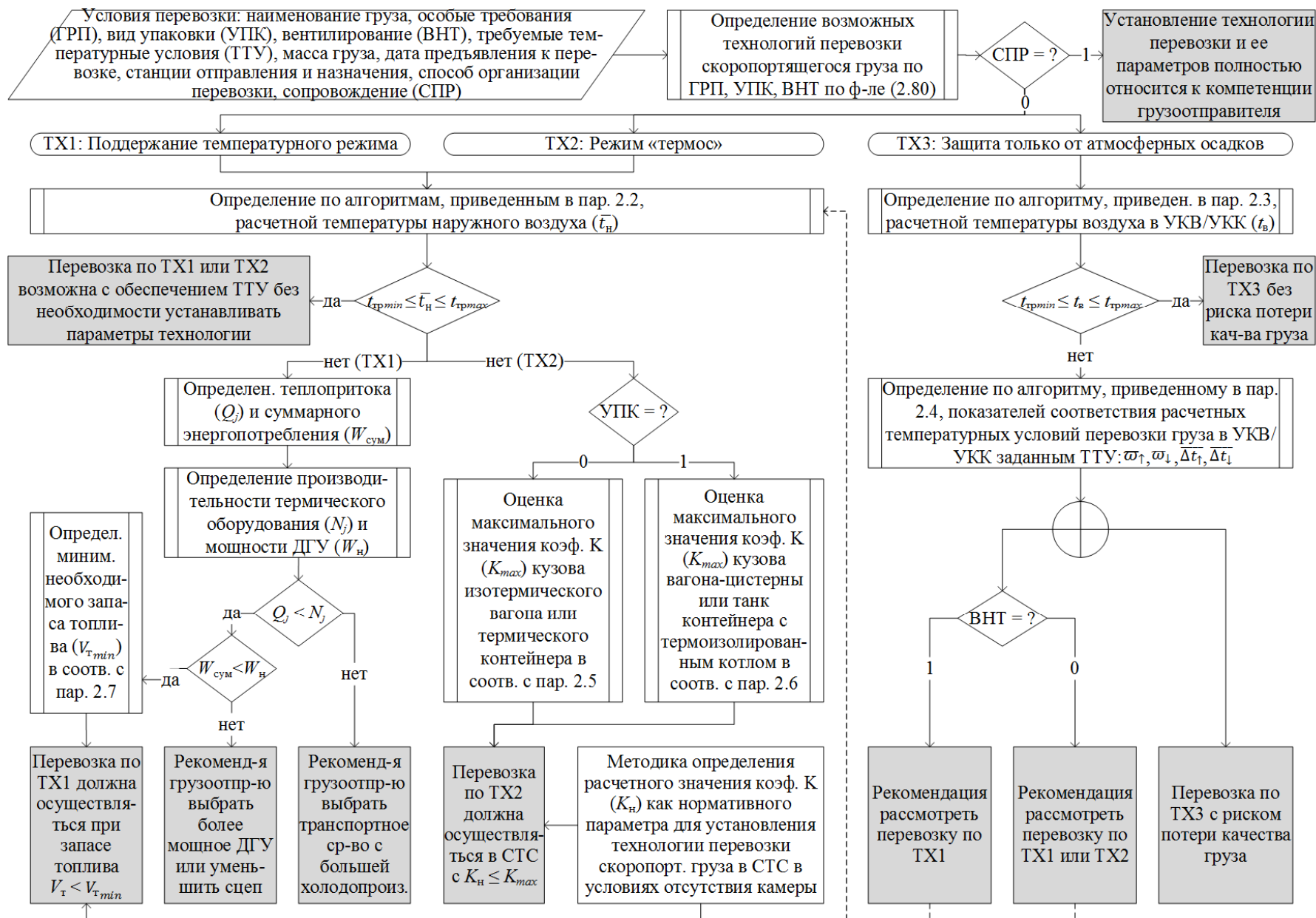


Рисунок 2.7 – Комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза (схема)

В соответствии с алгоритмами, приведенными в п. 2.2, с заданной надежностью (p) определяется:

- для ТХ1 и ТХ2 – среднее значение расчетной температуры наружного воздуха за груженный рейс $\bar{t}_n$ (формула (2.17);
- для ТХ3 – расчетная температура наружного воздуха t_n как совокупность всех ее частных значений на каждом отдельном участке пути (формула (2.14)

Для ТХ1 и ТХ2 переход к Шагу 4, для ТХ3 – переход к Шагу 5.

Шаг 4. Установление параметров перевозки по ТХ1 и ТХ2, обеспечивающих сохранение качества перевозимого скоропортящегося груза.

Сравним полученное значение расчетной температуры наружного воздуха ($\bar{t}_n$) с границами заданных ТТУ $[t_{трmin}, t_{трmax}]$.

При выполнении неравенства $t_{трmin} \leq \bar{t}_n \leq t_{трmax}$ для перевозки могут быть использованы транспортные средства:

- по ТХ1 – с возможностью поддержания температурного режима без ограничений на минимальные производительность термического оборудования, мощность устройства энергоснабжения и запас топлива в ДГУ;
- по ТХ2 – с термоизолированным кузовом без ограничения на максимальное значение коэффициента К.

Если $\bar{t}_n > t_{трmax} \vee \bar{t}_n < t_{трmin}$ устанавливаются следующие параметры:

- по ТХ1 – перевозка должна осуществляться в транспортном средстве, обеспечивающем заданный температурный режим ($Q_j < N_j$), при достаточной мощности устройства энергоснабжения ($W_{сум} < W_n$) и при запасе топлива ($V_{трmin}$) не менее установленного в соответствии с алгоритмом, приведенным в пункте 2.7;
- по ТХ2 – перевозка должна осуществляться в транспортном средстве с термоизолированным кузовом с коэффициентом К не выше значения, измеренного в соответствии с методикой, приведенной в главе 3, и установленного при УПК = 1 – в соответствии с алгоритмом, приведенным в параграфе 2.5, при УПК = 2 – в соответствии с алгоритмом, приведенным в параграфе 2.6.

Шаг 5. Установление параметров перевозки по ТХ3.

Определение по алгоритму, приведенному в параграфе 2.3, расчетной температуры воздуха в УКВ, УКК.

Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза (расчетной температуры воздуха в УКВ, УКК) заданным ТТУ в соответствии с алгоритмом, приведенным в пункте 2.4.

При положительном результате оценки перевозка по ТХ3 может быть осуществлена без потери качества скоропортящегося груза. В противном случае при перевозке по ТХ3 имеем вероятность потери качества груза. В последнем случае перевозчик может рекомендовать грузоотправителю использовать технологию ТХ2, если $BHT = 0$, или ТХ1.

Основные положения комплексной методики опубликованы в [84]. Акты внедрения приведены в Приложении К.

С применением разработанной комплексной методики проведена оценка соответствия технологии выполненных ОАО «РЖД» перевозок тарно-штучных скоропортящихся грузов в июне 2020 года требуемым температурным условиям (Приложение Л).

Анализ полученных результатов показал, что при установлении технологии перевозки с применением комплексной методики 28,5 % перевезенных отправок (11,4 % – в вагонах-термосах, 84,3 % – в УКВ) не имели бы установленных расчетами выходов температуры за границы ТТУ. При этом продолжительность выхода температуры за границы ТТУ в среднем при перевозке в вагоне-термосе (ТХ2) по расчетам составила 7,2 % от продолжительности всего груженого рейса, в УКВ (ТХ3) – 54,6 % с выходом расчетной температуры внутри кузова УКВ в среднем от 1,8 °С до 6,2 °С (максимальный выход – 10,6 °С), что соответствует уменьшению от 9 % до 31 % срока хранения грузов в соответствии с «коэффициент Q10» [76], представляющим собой экспертную оценку процессов, связанных с ухудшением качества большинства скоропортящихся пищевых продуктов (потеря цвета, вкуса, питательных веществ и товарного вида), при каждом увеличении их температуры на 10 °С.

Выводы по Главе 2

1. Автором разработана комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза, позволяющая в отличие от существующих методик при заданных параметрах груза (наименование и масса, вид упаковки, температурные условия перевозки и хранения, необходимость вентилирования, наличие постоянного сопровождения) установить возможные технологии перевозки (с защитой только от атмосферных осадков, в режиме «термос», с поддержанием температурного режима), а также при перевозке в СТС в зависимости от даты предъявления груза к перевозке, направления перевозки и способа организации перевозки с учетом воздействия на груз расчетной температуры наружного воздуха определить параметры СТС и его оборудования (коэффициент K , производительность термического оборудования, мощность устройства энергоснабжения и объем топлива), применением которых поддержание заданных температурных условий будет обеспечено в течение всего грузевого рейса, а при перевозке в УКВ, УКК – количественно оценить соответствие расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК, устанавливаемых в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки, заданным.

2. В отличие от существовавшей практики определения расчетной температуры наружного воздуха как общесетевого параметра в зависимости от периода года (летний, зимний, переходный) автором предложено определять ее в зависимости от даты предъявления груза к перевозке, направления перевозки, а также способа организации перевозки путем привязки отдельных участков маршрута перевозки к ближайшим реперным метеостанциям и использования статистических метеоданных за предшествующие годы с заданной обеспеченностью (надежностью). Применение данного подхода позволяет учесть в расчетном значении температуры наружного воздуха особенности пролегания конкретного маршрута перевозки в интервале дат, обусловленных датой приема груза к перевозке и сроком доставки, и гибко оценить внешнее температурное

воздействие на груз в процессе перевозки. Основные положения по определению расчетной температуры наружного воздуха для конкретных направлений перевозки и даты приема груза к перевозке опубликованы. Алгоритмы расчета реализованы в программе для ЭВМ «T_EXT_TRANSA». Достоверность получаемых данных подтверждена путем их сравнения с фактическими данными метеонаблюдений (Приложение Б).

3. Автором предложен алгоритм определения расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК, который позволяет установить расчетные температурные условия внутри кузова неспециализированного транспортного средства (без термоизоляции) в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки с учетом воздействия на кузов транспортного средства солнечного излучения и теплового излучения от железнодорожного полотна. В отличие от существующих подходов к оценке интенсивности солнечного излучения, автором предложено определять его с учетом облачности, принимаемой на основании статистических метеоданных за предшествующие годы с заданной обеспеченностью (надежностью), а также учитывать среднюю расчетную скорость движения транспортного средства и ориентацию кузова в пространстве. Достоверность определения расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК подтверждена результатами сравнения с экспериментальными данными, полученными ВНИИЖТ при исследованиях температуры в порожних цельнометаллических УКВ на участке Чарджоу – Ашхабад. Отличия расчетных значений от экспериментальных составили не более 1,5 °С. В Приложении В приведены рассчитанные значения повышения температуры воздуха внутри кузова УКВ для российских железных дорог.

4. При оценке соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ, УКК заданным температурным условиям перевозки и хранения груза автором впервые сформулированы подходы к установлению возможности перевозки скоропортящегося груза в УКВ, УКК в зависимости от даты предъявления груза к перевозке и направления перевозки на основе данных по воздействию климатических параметров на кузов транспортного средства,

предложены параметры для оценки и дано их математическое выражение. Применение предложенного алгоритма оценки позволяет научно обосновать сферу использования неспециализированных транспортных средств при условии сохранения качества перевозимого скоропортящегося груза.

5. Автором предложены алгоритмы расчета предельного срока перевозки тарно-штучного, а также неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме «термос» и оценка максимального значения коэффициента K кузова транспортного средства, которые в отличие от существующих подходов позволяют в зависимости от срока доставки, теплофизических параметров груза и расчетной температуры наружного воздуха определить требования к изотермическим вагонам и термическим контейнерам, в том числе вагонам-цистернам и танк-контейнерам с термоизолированным котлом, в части значений коэффициента K , которые могут использоваться при перевозке по заданному направлению с заданной даты приема груза к перевозке без потери качества скоропортящегося груза. Положения данных алгоритмов в части установления предельных сроков перевозки скоропортящихся грузов в режиме «термос» как составная часть вошли в особые условия перевозок скоропортящихся грузов, утвержденных распоряжениями ОАО «РЖД» от 29.04.2016 № 797р, от 20.10.2015 № 2490р, от 12.12.2014 № 2959р, от 28.06.2010 № 1392р, от 04.11.2004 № 3532р, от 04.11.2004 № 3531р, а также Типовой методики, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 04.12.2012 № 355.

6. Разработанный автором алгоритм расчета предельного срока перевозки скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения и оценки минимального запаса топлива в ДГУ позволяет в зависимости от срока доставки для установленных параметров термического оборудования и ДГУ, а также расчетной температуры наружного воздуха установить требуемый запас топлива, необходимый для обеспечения непрерывной работы термического оборудования и качества перевозимого на заданном направлении с заданной даты приема скоропортящегося груза. Данный алгоритм использован при разработке распоряжений ОАО «РЖД» на перевозку

скоропортящихся грузов в КРК.

7. Разработанная автором комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза и все ее составные части представлены в виде взаимосвязанных модулей, подлежащих реализации в части автоматизированного контроля в среде информационных систем грузоотправителя, перевозчика, оператора подвижного состава, контейнеров.

8. С применением разработанной комплексной методики автором проведена оценка соответствия технологии выполненных ОАО «РЖД» перевозок тарно-штучных скоропортящихся грузов в июне 2020 года (всего 2758 отправок) требуемым температурным условиям. Анализ полученных результатов показал, что при установлении технологии перевозки с применением комплексной методики 28,5 % перевезенных отправок (11,4 % – в вагонах-термосах, 84,3 % – в крытых вагонах) не имели бы установленных расчетами выходов температуры за границы требуемых температурных условий. При этом продолжительность выхода температуры за границы требуемых температурных условий в среднем при перевозке в вагоне-термосе (ТХ2) по расчетам составила 7,2 % от продолжительности всего груженого рейса, в УКВ (ТХ3) – 54,6 % с выходом расчетной температуры внутри кузова УКВ в среднем от 1,8 °С до 6,2 °С (максимальный выход – 10,6 °С), что соответствует уменьшению от 9 % до 31 % срока хранения грузов.

3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ТЕРМОИЗОЛЯЦИЕЙ КАК НОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩЕГОСЯ ГРУЗА В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

Методика позволяет определить значение коэффициента K измерением при проведении испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры с приближением фактических условий проведения испытаний к требованиям СПС применением предложенных способов, определить расчетное значение коэффициента K с учетом полученного разброса его значений при проведении измерений, а также привести расчетное значение коэффициента K к заданным в СПС параметрам (средней температуре стенок кузова и скорости воздушного потока, омывающего кузов СТС).

3.1 Определение значения коэффициента K измерением при проведении испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры

Определим значение коэффициента K измерением при проведении испытаний методом внутреннего обогрева в ангаре вместо камеры с приближением фактических условий проведения испытаний к требованиям СПС применением следующих предлагаемых способов.

3.1.1 Ангар для определения коэффициента K должен иметь зону для размещения СТС, куда не проникают прямые солнечные лучи (при наличии оконных проемов), чтобы исключить негативное влияние солнечного излучения, ветра и осадков на кузов СТС. Предварительный отбор ангара проведем по критерию близости к месту нахождения СТС.

3.1.2 Определим место и период проведения испытаний, так как различные периоды года для каждого местоположения характеризуются различными

значениями параметров температуры наружного воздуха.

При определении места и периода проведения испытаний вследствие значительной глубины планирования использование прогноза погоды неэффективно. Расчетные значения параметров наружного воздуха установим с использованием статистических метеоданных за предыдущий период в Y лет. Метеоданные извлекаются по реперной метеостанции, ближайшей к рассматриваемому ангару.

Для отобранной таким образом i -й реперной метеостанции (всего I рассматриваемых ангаров) и d -х суток планируемого периода испытаний (всего D суток планируемого периода испытаний) определим в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфах 2.2-2.3, при обеспеченности (уровне надежности) $p = 0,5$ следующие расчетные значения:

- среднюю (среднесуточную) температуру наружного воздуха ($t_{нi_d}$), °C;
- максимальное изменение температуры наружного воздуха ($\Delta t_{нi_d}$), °C;
- общее количество облачности (u_{i_d}), баллы от 0 до 10;
- продолжительность солнечного сияния (τ_{si_d}), час.

Расчетную температуру воздуха внутри ангара ($t_{вi_d}$) примем равной расчетной среднесуточной температуре наружного воздуха ($t_{нi_d}$) с учетом расчетного теплового воздействия на ангар солнечной радиации ($\Delta t_{иi_d}$):

$$t_{вi_d} = t_{нi_d} + \Delta t_{иi_d}. \quad (3.1)$$

В качестве продолжительности предпочтительного периода проведения испытаний установим 10-дневный период, который больше расчетной продолжительности испытаний (4 суток) и позволяет в дальнейшем выбрать дату начала испытаний с учетом прогноза погоды на 10 суток, обладающего высокой оправдываемостью.

Предпочтительные место ($ii \in I$) и дату начала 10-дневного периода

проведения испытаний ($dd \in D$) определим исходя из минимальной суммарной интегральной оценки:

$$(ii, dd) \leftarrow \min_{\substack{i=1..I \\ d=1..D-9}} \sum_d^{d+9} \left(\begin{cases} 0, (6 \leq t_{bid} \leq 9) \\ \infty, (t_{bid} > t_{imax}) \vee (t_{bid} < t_{imin}) \\ \frac{t_{bid} - 9}{t_{imax} - 9}, (9 < t_{bid} \leq t_{imax}) \\ \frac{6 - t_{bid}}{6 - t_{imin}}, (t_{imin} \leq t_{bid} < 6) \end{cases} + \right. \quad (3.2)$$

$$\left. + \frac{\Delta t_{hid}}{10} + 1 - k_{обл id} \right)$$

где

t_{imin}, t_{imax} – границы допустимого интервала измерений температуры, для которого установлена и подтверждена погрешность используемых средств измерений, °C;

$k_{обл id}$ – расчетное ослабление прямого солнечного излучения (доля), обусловленное облачностью.

Расчетное ослабление прямого солнечного излучения, обусловленное облачностью, с учетом [74] определим как:

$$k_{обл id} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{\tau_{sid}}{t_{zid} - t_{bid}} + \int_{t_{bid}}^{t_{zid}} \frac{u_{id}(\tau)}{10} \right), \quad (3.3)$$

где

t_{bid}, t_{zid} – моменты восхода и захода солнца для рассматриваемых d -х суток и широты расположения i -го ангара, час;

$u_{id}(\tau)$ – расчетное общее количество облачности для момента времени τ ,

баллы от 0 до 10.

Выбор конкретной даты начала испытаний осуществляется за день до начала предпочтительного периода испытаний путем оценки температуры и облачности, принимаемых в соответствии с прогнозом погоды на ближайшие 10 суток, с таким расчетом, чтобы завершающий 24-часовой период испытаний характеризовался минимальной интегральной оценкой:

$$d' \leftarrow \min_{d'=dd..dd+6} \sqrt{\left(\frac{\Delta t_{Hd'+3}}{\frac{\sum_{d=dd+3}^{dd+9} \Delta t_{Hd}}{7}} \right)^2 + \left(\frac{10 - u_{d'+3}}{\frac{\sum_{d=dd+3}^{dd+9} (10 - u_d)}{7}} \right)^2}. \quad (3.4)$$

На Рисунке 3.1 приведен алгоритм выбора места и периода проведения испытаний.

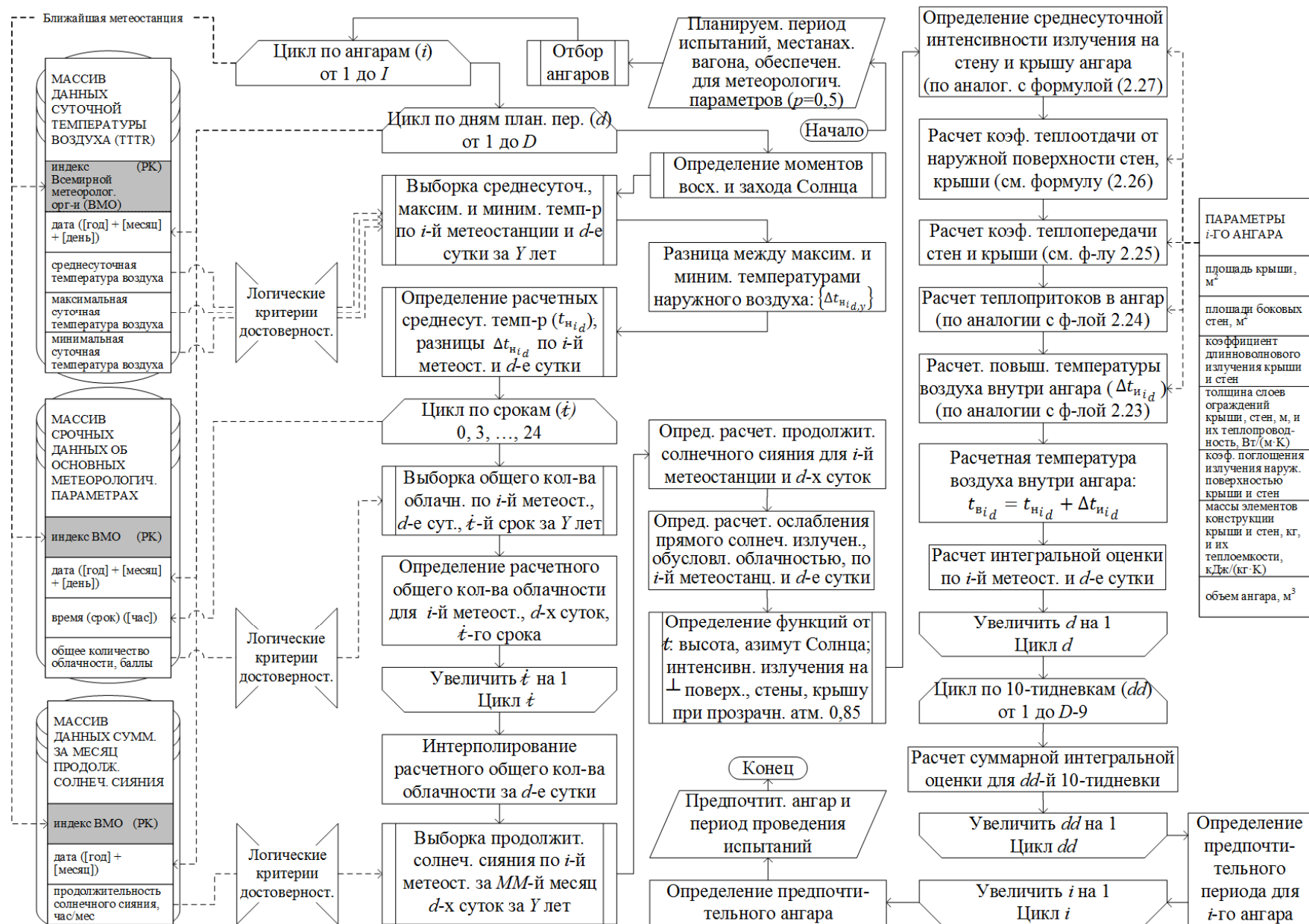


Рисунок 3.1 – Алгоритм выбора места и периода проведения испытаний

3.1.3 На этапе измерений:

1) Произведем измерения внутренних размеров кузова СТС в следующих местах:

- длины и ширины – в соответствующих двух нижних и двух верхних ребрах кузова;
- высоты по боковой стене – в четырех вертикальных ребрах кузова;
- высоты по центральной продольной оси – в двух торцах кузова.

2) Осуществим установку средств измерения температуры внутри и снаружи кузова СТС в соответствии с требованиями СПС. В случае испытаний с рефрижераторным вагоном, который может иметь отдельные отсеки для термического и энергетического оборудования, а также проезда проводников грузоотправителя, кузов вагона будем рассматривать в границах грузового помещения (см. Рисунок 3.2).

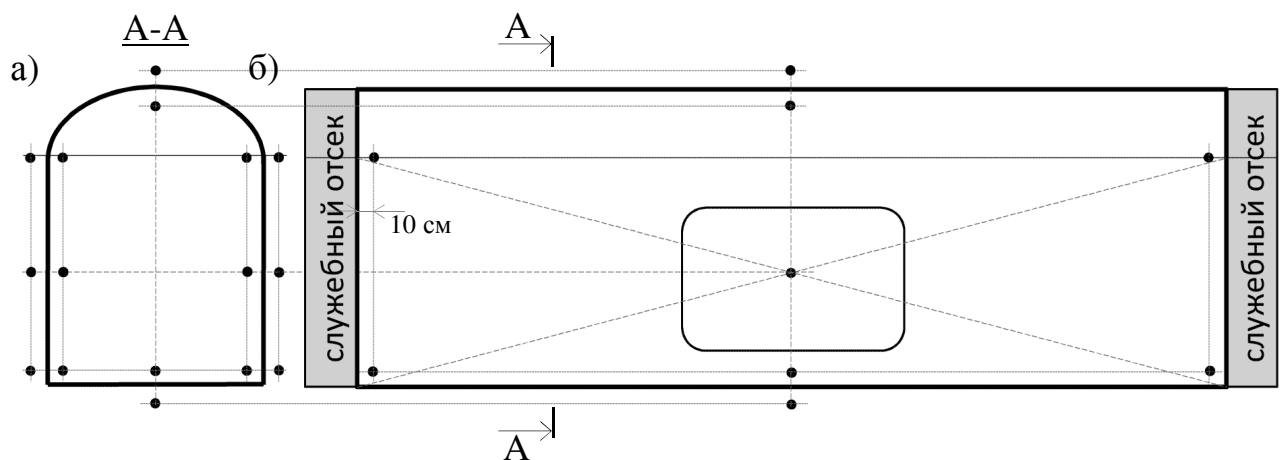


Рисунок 3.2 – Схема мест установки термодатчиков при испытаниях рефрижераторного вагона: а) вид с торца в разрезе, б) вид сбоку

3) Разместим внутри кузова транспортного средства специальные электрические нагреватели с тепловым потоком $250-350 \text{ Вт/м}^2$, которые подвешиваются на высоте около $0,5 \text{ м}$ над уровнем пола СТС с максимально возможным и равномерным покрытием его площади.

4) Стабилизируем подаваемое на электрические нагреватели напряжение

путем использования стабилизатора напряжения точностью не ниже 3 %.

5) После закрытия дверей, технологических отверстий и люков транспортного средства осуществим обогрев кузова СТС установленными внутри грузового помещения электрическими нагревателями. Измерения температуры внутри и снаружи кузова, а также расхода электроэнергии нагревателями осуществим до начала периода, характеризуемого стабильной разницей средних температур внутри и снаружи кузова при стабильной мощности электрических нагревателей, (далее – период устойчивого состояния), а также заданное время периода устойчивого состояния.

На самом деле, при проведении испытаний без помещения транспортного средства в камеру речь может идти лишь о достижении периода с параметрами, близкими к устойчивому состоянию. Для регистрации такого периода увеличим в сравнении с СПС его продолжительность с 12 часов до 24 часов, что позволит наиболее полно учесть характер суточных колебаний наружной температуры и мощности, потребляемой электрическими нагревателями. Период, близкий к устойчивому состоянию, определим в соответствии с минимальным значением совокупной математической оценки, учитывающей разброс значений коэффициента K в рассматриваемых границах.

3.2 Определение расчетного значения коэффициента K и приведение его к требованиям СПС

Определение расчетного значения коэффициента K и приведение его к требованиям СПС включает несколько шагов.

На шаге 1 определим границы расчетного интервала для измерения среднего значения коэффициента K (далее – расчетный интервал), продолжительность которого ($\tau_{\text{РИ}}$) в сравнении с СПС увеличим с 6 до 12 часов для учета суточных колебаний наружной температуры и мощности, потребляемой электрическими нагревателями. Конкретные временные границы расчетного интервала установим в соответствии с минимальным значением совокупной математической оценки, учитывающей разброс значений коэффициента K в рассматриваемых границах,

рассчитанной с применением методов, приведенных ниже (см. шаг 2).

На шаге 2 определим расчетное значение коэффициента K .

Согласно СПС, значение коэффициента K определяется на основании результатов многократных повторных измерений теплопроизводительности электрических нагревателей (потребляемой ими электрической мощности), температуры воздуха снаружи и внутри кузова СТС в 12 точках (далее – точечные значения коэффициента K).

Указанный порядок измерений с учетом невозможности обеспечения стабильных условий проведения испытаний в ангаре вместо камеры характеризуется существенным разбросом значений измеряемых величин относительно их средних значений. При измерении площади средней поверхности кузова СТС имеют место как отклонения, связанные с собственно многократными измерениями длины, ширины и высоты кузова, так и отклонения фактических внутренних размеров кузова от конструкционных.

Таким образом, совокупность точечных значений коэффициента K , полученных за период расчетного интервала, представляет собой случайную величину. Исходные параметры для расчета указанных значений коэффициента K также представляют собой случайные величины.

На основании выполненных автором испытаний 28 изотермических вагонов (Приложение М, Рисунки М.1-М.28) не удалось установить закон распределения коэффициента K как случайной величины (на Рисунках М.29-М.56 приведены гистограммы частот попадания точечных значений коэффициента K в установленные диапазоны; в Таблице М.1 приведены результаты проверки гипотезы о нормальном распределении величины коэффициента K). Несмотря на большое количество (более 500) измеряемых точечных значений коэффициента K в каждом отдельном испытании, несоответствие распределения величины коэффициента K нормальному закону говорит о неприменимости в данном случае центральной предельной теоремы, что может быть следствием возникающего в условиях конкретного испытания преобладания одного или нескольких параметров над совокупностью остальных по своему влиянию на рассеивание величины

коэффициента K . Также установленное говорит о том, что рассеяние исходных измеряемых параметров не всегда подчиняется нормальному закону (иначе бы выполнялось правило композиции нормальных законов [85]).

Вместе с тем, рассматриваемая в данной главе задача заключается в определении расчетного значения коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки, то есть определении худшего значения коэффициента K по условию необходимости сохранения качества перевозимого скоропортящегося груза. Для решения указанной задачи отсутствует необходимость установления закона распределения величины коэффициента K [85], а его расчетное значение может быть определено на основании среднего значения и среднеквадратического отклонения.

Исходя из сказанного, определим расчетное значение коэффициента K (K_p) при проведении испытаний в ангаре вместо камеры по его среднему значению с учетом верхней границы доверительного интервала, ширина которого соответствует заданной высокой вероятности попадания в него измеренных точечных значений коэффициента K :

$$K_p = \bar{K} + U(\bar{K}), \quad (3.5)$$

где

$\bar{K}$ – среднее значение коэффициента K , Вт/(м²·К);

$U(\bar{K})$ – верхняя граница доверительного интервала возможных значений коэффициента K^3 , Вт/(м²·К).

Определение среднего значения коэффициента K осуществляется в соответствии с функциональной зависимостью, где в качестве параметров выступают средние значения величин (теплопроизводительности, температуры воздуха снаружи и внутри кузова транспортного средства, а также средней поверхности кузова транспортного средства), измеренных за время расчетного

³ Соответствует значению расширенной неопределенности по [37].

интервала:

$$\bar{K} = \frac{\bar{Q}}{\bar{S} \cdot (\bar{T}_i - \bar{T}_e)}, \quad (3.6)$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{k=1}^n Q_k}{n}, \quad (3.7)$$

$$\bar{T}_i = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^l T_{i,k}}{n \cdot l}, \quad (3.8)$$

$$\bar{T}_e = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m T_{e,j,k}}{n \cdot m}, \quad (3.9)$$

$$\bar{S} = \sqrt{\bar{S}_e \cdot \bar{S}_i}, \quad (3.10)$$

где

$\bar{Q}$, $\bar{T}_i$, $\bar{T}_e$, $\bar{S}$ – рассчитанные средние значения, соответственно, теплопроизводительности электрических нагревателей, Вт, температуры воздуха внутри и снаружи кузова, °С, а также площади средней поверхности кузова СТС, м²;

Q_k – теплопроизводительность электрических нагревателей в k -м замере (всего за расчетный интервал производится $n = \tau_{\text{ри}}/\tau_{\text{изм}} + 1$ замеров, где $\tau_{\text{изм}}$ – интервал между замерами, ч), Вт;

$T_{i,k}$, $T_{e,j,k}$ – значения температуры воздуха, измеренные при k -м замере, соответственно, i -м прибором внутри кузова транспортного средства (всего в одном замере участвует одновременно $l = 12$ равноточных приборов) и j -м прибором снаружи кузова (всего в одном замере участвует одновременно $m = 12$ равноточных приборов), °С;

$\bar{S}_i$, $\bar{S}_e$ – средняя площадь, соответственно, внутренней и наружной поверхностей кузова транспортного средства (без учета гофр), м².

Расчет средней площади кузова произведем по формуле:

$$\begin{aligned} \overline{S_{e|i}} = \overline{L_{e|i}} \cdot \overline{B_{e|i}} + 2 \cdot (\overline{L_{e|i}} + \overline{B_{e|i}}) \cdot \overline{H_{e|i}} + \\ + \overline{L_{e|i}} \cdot \frac{\overline{P_{e|i}}}{2} + \pi \cdot \frac{\overline{B_{e|i}}}{2} \cdot (\overline{HH_{e|i}} - \overline{H_{e|i}}) \end{aligned} \quad (3.11)$$

где

$\overline{L_e}, \overline{B_e}, \overline{H_e}, \overline{HH_e}, \overline{L_i}, \overline{B_i}, \overline{H_i}, \overline{HH_i}$ – средние значения длины, ширины, высоты по боковой стене и высоты по центральной продольной оси, соответственно, снаружи и внутри кузова СТС;

$\overline{P_e}, \overline{P_i}$ – средняя длина периметра эллипса, в виде которого можно условно представить скругление, соответственно, наружной и внутренней поверхностей крыши СТС (актуально для вагонов), м².

$$\overline{P_{e|i}} = 4 \cdot \left(\left(\frac{\overline{B_{e|i}}}{2} \right)^x + (\overline{HH_{e|i}} - \overline{H_{e|i}})^x \right)^{\frac{1}{x}}, \quad (3.12)$$

где параметр $x = \ln 2 / \ln \pi / 2 \approx 1,535$.

Значения средних наружных размеров кузова СТС ($\overline{L_e}, \overline{B_e}, \overline{H_e}, \overline{HH_e}$) примем в соответствии с данными конструкторской документации. Величины средних внутренних размеров кузова СТС ($\overline{L_i}, \overline{B_i}, \overline{H_i}, \overline{HH_i}$) определим как средние арифметические результатов выполненных измерений:

$$\overline{L_i} = \frac{\sum L_i}{z_{\overline{L_i}}}, \quad (3.13)$$

$$\overline{B_i} = \frac{\sum B_i}{z_{\overline{B_i}}}, \quad (3.14)$$

$$\overline{H_i} = \frac{\sum H_i}{z_{\overline{H_i}}}, \quad (3.15)$$

$$\overline{HH_i} = \frac{\sum HH_i}{z_{\overline{HH_i}}}, \quad (3.16)$$

где

L_i, B_i, H_i, HH_i – значения фактически измеренных, соответственно, длины, ширины, высоты по боковой стене и высоты по центральной продольной оси грузового помещения СТС (без учета гофр), м²;

$z_{\overline{L_i}}, z_{\overline{B_i}}, z_{\overline{H_i}}, z_{\overline{HH_i}}$ – количество соответствующих измерений.

Значение $U(\overline{K})$ определим следующим образом:

$$U(\overline{K}) = k \cdot u_c(\overline{K}), \quad (3.17)$$

где

k – коэффициент для заданной вероятности⁴;

$u_c(\overline{K})$ – стандартное отклонение⁵ от среднего значения коэффициента K , рассчитанного в соответствии с функциональной зависимостью (3.6), Вт/(м²·К).

В соответствии с рекомендациями⁶ [57; 86] определим $u_c(\overline{K})$ следующим образом:

⁴ В соответствии с рекомендациями [37], примем коэффициент k равным 2 для уровня доверия $p = 95 \%$.

⁵ В [37] используется термин «суммарная стандартная неопределенность измерения».

⁶ В [37] используемый метод назван законом трансформирования неопределенностей.

$$u_c(\bar{K}) = \sqrt{\left(\left(\frac{u_c(\bar{Q})}{\bar{S} \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_l)} \right)^2 + \left(\frac{\bar{Q} \cdot u_c(\bar{S})}{\bar{S}^2 \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_l)} \right)^2 + \frac{\bar{Q}^2 \cdot (u_c(\bar{T}_i)^2 + u_c(\bar{T}_e)^2)}{\bar{S}^2 \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_l)^4} + \frac{\bar{Q}^2 \cdot 2 \cdot r(T_e, T_i) \cdot u_c(\bar{T}_e) \cdot u_c(\bar{T}_i)}{\bar{S}^2 \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_l)^4} + \frac{2 \cdot \bar{Q} \cdot r(Q, T_i) \cdot u_c(\bar{Q}) \cdot u_c(\bar{T}_i)}{\bar{S}^2 \cdot (|\bar{T}_e - \bar{T}_l|)^3} \right)}, \quad (3.18)$$

где

$u_c(\bar{Q})$, $u_c(\bar{T}_i)$, $u_c(\bar{T}_e)$, $u_c(\bar{S})$ – стандартные отклонения⁷ от средних значений, соответственно, теплопроизводительности, Вт, температуры воздуха внутри и снаружи кузова, °С, средней поверхности кузова, м²;

$r(T_e, T_i)$, $r(Q, T_i)$ – коэффициенты корреляции, соответственно, значений температуры воздуха снаружи и внутри кузова, теплопроизводительности электрических нагревателей и температуры воздуха внутри кузова СТС.

В качестве математической модели, с помощью которой совокупность многократных повторных измерений, осуществляемых при испытании транспортного средства, преобразуется в конечный результат измерения коэффициента К, выберем такую, где оценка рассеяния всех измеряемых величин производится по всему кузову в границах расчетного интервала. Применение указанной модели позволяет пренебречь влиянием места измерения температуры на ее значение и произвести численную оценку корреляции между значениями температуры снаружи и внутри кузова, а также теплопроизводительности электрических нагревателей и температуры воздуха внутри кузова СТС.

Основываясь на выбранной математической модели, в качестве оценки корреляции используем коэффициент корреляции Пирсона [87; 88], но корреляцию между значениями температуры воздуха снаружи и внутри кузова транспортного

⁷ В [37] – суммарные стандартные неопределенности измерения соответствующих величин.

средства рассчитаем с учетом временного смещения по предлагаемому автором алгоритму, схема которого приведена на Рисунке 3.3.

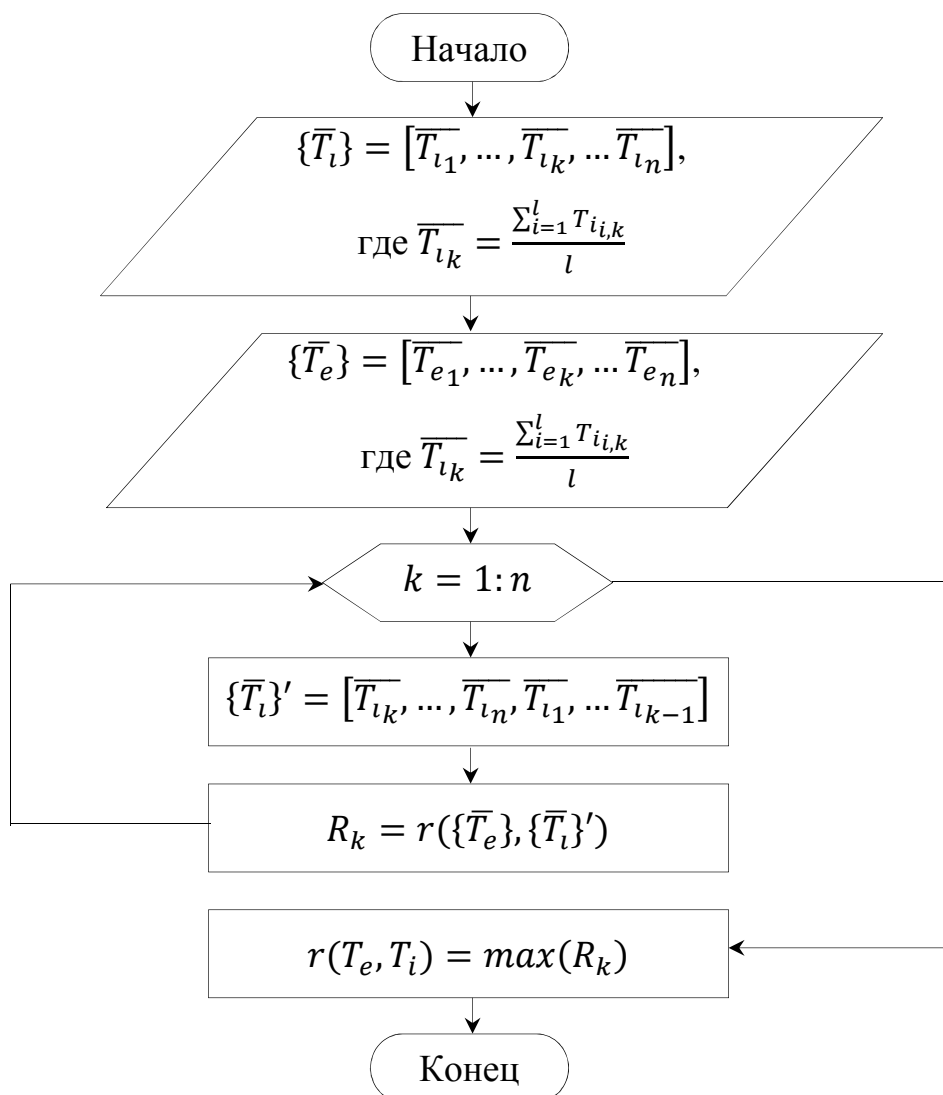


Рисунок 3.3 – Схема алгоритма определения корреляции между значениями температуры воздуха внутри и снаружи кузова

Поскольку законы распределения исходных параметров, входящих в функциональную зависимость (3.6), неизвестны, их стандартные отклонения могут быть количественно оценены из частотного представления вероятностей⁸, а также в соответствии с априорно заданным распределением⁹, которое может быть установлено в соответствии с метрологической характеристикой используемых

⁸ В [37] – оценивание типа А.

⁹ В [37] – оценивание типа В.

измерительных приборов:

$$u_C(\bar{Q}) = \sqrt{u_A(\bar{Q})^2 + u_B(\bar{Q})^2} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (Q_k - \bar{Q})^2}{n \cdot (n-1)} + u_B(\bar{Q})^2}, \quad (3.19)$$

$$u_C(\overline{T_{(e|i)}}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n \sum_{(j|i)=1}^{(m|l)} \left(T_{(e|i)(j|i),k} - \overline{T_{(e|i)}} \right)^2}{n \cdot (n-1)} + u_B(\overline{T_{(e|i)}})^2}, \quad (3.20)$$

$$u_C(\bar{S}) = \sqrt{\frac{(\bar{S}_i \cdot u_C(\bar{S}_e))^2 + (\bar{S}_e \cdot u_C(\bar{S}_i))^2}{4 \cdot \bar{S}_e \cdot \bar{S}_i}}, \quad (3.21)$$

где

$u_A(\bar{T}_i)$, $u_A(\bar{T}_e)$, $u_A(\bar{Q})$ – стандартные отклонения средних значений, соответственно, температуры воздуха внутри и снаружи кузова, К, теплопроизводительности, Вт, количественная оценка которых получена из частотного представления вероятностей;

$u_B(\bar{Q})$, $u_B(\bar{T}_i)$, $u_B(\bar{T}_e)$ – стандартные отклонения средних значений, соответственно, теплопроизводительности, Вт, температуры воздуха внутри и снаружи кузова транспортного средства, К, количественная оценка которых получена в соответствии с априорно заданным распределением. Согласно [57] для имеющихся метрологических характеристик используемых измерительных приборов рекомендовано использовать прямоугольное (равномерное) распределение;

$u_C(\bar{S}_e)$, $u_C(\bar{S}_i)$ – стандартные отклонения¹⁰ средних значений площади, соответственно, наружной и внутренней поверхностей кузова СТС, м².

Определим стандартные отклонения значений $\bar{S}_i$ и $\bar{S}_e$.

Представим $\bar{S}_i$ и $\bar{S}_e$ как функции ряда многократно измеряемых параметров,

¹⁰ В [37] – суммарные стандартные неопределенности измерения соответствующих величин.

p_i и p_e , (например, длины, ширины и высоты, измеренных в различных местах кузова):

$$\overline{S_{e|i}} = f \left(p_{(e|i)_1}, p_{(e|i)_2}, \dots, p_{(e|i)_y}, \dots, p_{(e|i)_Y} \right). \quad (3.22)$$

Тогда их стандартные отклонения вычислим как:

$$u_c(\overline{S_{e|i}}) = \sqrt{\sum_{y=1}^Y \left(u_c(\overline{p_{(e|i)_y}}) \cdot \frac{\partial f}{\partial p_{(e|i)_y}} \right)^2}, \quad (3.23)$$

$$u_c(\overline{p_{(e|i)_y}}) = \sqrt{\frac{\sum_{v=1}^V \left(p_{(e|i)_{y_v}} - \overline{p_{(e|i)_y}} \right)^2}{V \cdot (V - 1)}} + u_B(\overline{p_{(e|i)_y}})^2, \quad (3.24)$$

где

$\frac{\partial f}{\partial p_{(e|i)_y}}$ – частные производные функций для вычисления S_e или S_i ;

$\overline{p_{(e|i)_y}} = \frac{\sum_{v=1}^V p_{(e|i)_{y_v}}}{V}$ – среднее значение параметра p_{e_y} или p_{i_y} ;

V – количество измерений, произведенных для определения среднего значения параметров p_{e_y} или p_{i_y} ;

$p_{(e|i)_{y_v}}$ – измеренное значение параметров p_{e_y} или p_{i_y} при v -м замере;

$u_B(p_{(e|i)_y})$ – стандартное отклонение параметров p_{e_y} или p_{i_y} ,

количественная оценка которых получена в соответствии с априорно заданным распределением, зависящим от метрологической характеристики используемых измерительных приборов.

Положения методики в части расчета отклонений при измерении коэффициента K , учитывающих совокупность условий, в которых осуществлялось измерение его среднего значения, опубликованы в [89], рассмотрены рабочей

группой по перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов, действующей в рамках СПС под эгидой Комитета по внутреннему транспорту (КВТ) Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН, и включены в 2018 г. в Справочник СПС [80]. Акт внедрения приведен в Приложении К. Алгоритм определения расчетного значения коэффициента K по верхней границе доверительного интервала его возможных значений реализован в программе для ЭВМ «K_UNC» [90] (см. Приложение Н).

На шаге 3 определим итоговое расчетное значение коэффициента K как нормативного параметра при установлении технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (K_n) путем приведения расчетного значения коэффициента K (K_p) к требованиям СПС (средней температуре стенок кузова и скорости движения воздушных масс снаружи кузова) по следующей формуле:

$$K_n = K_p \cdot \frac{K_{\text{СПС}}}{K_\phi} = K_p \cdot \frac{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{d}{\lambda_\phi} + \frac{1}{\alpha_{n0}}}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{d}{\lambda_{\text{СПС}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нСПС}}}}, \quad (3.25)$$

где

K_p – расчетное значение коэффициента K , определяемое в соответствии с формулой (3.5), Вт/(м²·К);

$K_{\text{СПС}}$, K_ϕ – теоретические значения коэффициента теплопередачи кузова, соответственно, при выполнении требований СПС к средней температуре стенок и скорости движения омывающих кузов воздушных масс, и при фактической средней температуре стенок и отсутствии движения воздушных масс, Вт/(м²·К);

d – средняя толщина ограждений грузового помещения СТС, м;

α_v – расчетный коэффициент теплоотдачи от внутренних поверхностей ограждений кузова к воздуху в нем (в соответствии с [69] примем $\alpha_v = 8$ Вт/(м²·К);

$\alpha_{\text{нСПС}}$, α_{n0} – расчетные коэффициенты теплоотдачи от наружных стен кузова при скорости движения воздушных масс, соответственно, 2 м/с по СПС и в состоянии покоя;

$\lambda_{\text{СПС}}$, $\lambda_{\text{ф}}$ – расчетные коэффициенты теплопроводности основного термоизоляционного материала кузова при температуре, равной, соответственно, средней температуре его стенок по СПС (плюс 20 °С) и фактической, Вт/(м·К).

Значения $\alpha_{\text{НСПС}}$ и $\alpha_{\text{н0}}$ определим по формуле (2.26) с учетом принятых расчетных условий:

$$\alpha_{\text{НСПС}} = 14,53 + 6,472 \cdot \varepsilon_0, \quad (3.26)$$

$$\alpha_{\text{н0}} = 9 + 0,227 \cdot \left(\frac{\overline{t_{\text{нф}}} + 273}{100} \right)^3 \cdot \varepsilon_0, \quad (3.27)$$

где

$\overline{t_{\text{нф}}}$ – средняя температура наружного воздуха за время периода, выбранного в качестве периода устойчивого состояния, °С;

ε_0 – расчетный коэффициент длинноволнового излучения наружных поверхностей кузова транспортного средства, который примем в соответствии со справочными данными [91].

С учетом широко распространенных технологий производства пенополиуретанов и пенополистиролов, являющихся основными термоизоляционными материалами при изготовлении современных изотермических вагонов и термических контейнеров, где в качестве пенообразователя используется углекислый газ или воздух, а также больших сроков эксплуатации изотермических вагонов и термических контейнеров, вследствие чего основная масса пенообразователя отличного от воздуха в процессе диффузии заменилась воздухом, коэффициент теплопроводности при заданной температуре (t) может быть рассчитан с использованием коэффициента теплопроводности воздуха, хорошо изученного и точно установленного для различных температур [92]:

$$\lambda_t = \lambda_0 + (\lambda_{\text{вт}} - \lambda_{\text{в0}}), \quad (3.28)$$

где

$\lambda_t, \lambda_{vt}, \lambda_{v0}$ – коэффициенты теплопроводности, соответственно, основного термоизоляционного материала кузова при температуре t , а также воздуха при температурах, соответственно, t и t_0 , Вт/(м·К).

На Рисунке 3.4 приведены этапы и шаги методики определения в условиях отсутствия камеры расчетного значения коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС.



Рисунок 3.4 – Этапы и шаги методики определения в условиях отсутствия камеры расчетного значения коэффициента K как нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС

Положения предлагаемой методики опубликованы в [93]. Акт внедрения приведен в Приложении К. В соответствии с основными положениями данной методики автором в период с 2014 по 2018 гг. определены расчетные значения коэффициента K у 28 вагонов-термосов эксплуатируемого парка, по результатам которых разработаны условия перевозок в указанных вагонах скоропортящихся грузов. Обобщенные результаты определения коэффициента K по испытаниям 28 вагонов-термосов приведены в Приложении П.

3.3 Применение методики для освидетельствования существующего парка изотермических вагонов

С учетом развития информационных систем железнодорожного транспорта, в отношении серийно изготовленных изотермических вагонов одной модели, принадлежащих одному собственнику, (далее – исследуемый сегмент парка) существует возможность комплексной оценки условий их эксплуатации с последующим выбором для испытаний тех из них, которые эксплуатировались наиболее интенсивно. Согласно [94] у таких вагонов следует ожидать худшие теплотехнические параметры среди вагонов исследуемого сегмента парка.

В отличие от требований СПС, устанавливающих необходимость испытания каждого существующего СТС, ранее не освидетельствованного в СПС, будем проводить испытания не с каждым изотермическим вагоном, а с их выборкой, объем которой определяется по каждому собственнику и модели вагона в соответствии с максимальным значением совокупного параметра эксплуатации. Комплексную оценку условий эксплуатации i -го изотермического вагона исследуемого сегмента парка (ξ_i) определим по формуле, апробированной автором с 2014 по 2018 гг. при освидетельствовании теплотехнических параметров вагонов-термосов отдельных российских собственников:

$$\xi_i = \frac{V_i}{\sum V} + \frac{L_i}{\sum L} + \frac{T_i}{\sum T}, \quad (3.29)$$

где

V_i, L_i, T_i – соответственно, количество груженых рейсов, суммарный пробег, км, (все – за время эксплуатации с даты изготовления вагона) и время эксплуатации, сут, по i -му изотермическому вагону исследуемого сегмента парка;

$\sum V, \sum L, \sum T$ – то же, суммарно по всем вагонам исследуемого сегмента парка.

В случае ремонта вагона с заменой термоизоляции кузова, время

эксплуатации (для определения значений параметров V , L и T) примем с даты окончания указанного ремонта. В случае замены хладагента в рефрижераторных вагонах, указанная часть парка должна быть выделена в отдельный сегмент.

По аналогии с требованиями СПС отберем для испытаний не менее 1 % от серийно изготавливаемой партии вагонов одной модели, принадлежащих одному собственнику, с максимальным значением ξ_i .

Ввиду отсутствия камеры и в целях удешевления освидетельствования испытания по определению изотермических свойств вагонов проводим не в камере, а в ангаре в соответствии с параграфом 3.1, расчетное значение коэффициента K определяем в соответствии с методикой, приведенной в параграфе 3.2.

Определение эффективности работы термического оборудования рефрижераторных вагонов осуществим с использованием следующих подходов.

1) Эффективность оборудования для обогрева, теплопроизводительность которого постоянна при любых условиях, определим расчетным путем, выразив следующим неравенством:

$$\sum W_{\text{ТЭН}} > \frac{1,75 \cdot K_{\text{н}} \cdot S \cdot (t_{\text{в}\backslash\text{отопл}}^* - t_{\text{н}}^*)}{\eta}, \quad (3.30)$$

где

$\sum W_{\text{ТЭН}}$ – суммарная потребляемая электрическая мощность штатного оборудования для обогрева грузового помещения, Вт;

1,75 – коэффициент запаса, принятый по аналогии с требованиями СПС;

$K_{\text{н}}$ – определенное в соответствии с методикой, приведенной в параграфе 3.2, итоговое расчетное значение коэффициента K , Вт/(м²·К);

S – средняя поверхность кузова рефрижераторного вагона, м²;

$t_{\text{в}\backslash\text{отопл}}^*$ – расчетная температура воздуха в режиме отопления, которая должна поддерживаться внутри кузова вагона для рассматриваемого класса, °С;

$t_{\text{н}}^*$ – расчетная температура наружного воздуха в режиме отопления для рефрижераторного вагона рассматриваемого класса, °С;

η – доля преобразования электрической энергии в тепловую (для эксплуатируемых в Российской Федерации рефрижераторных вагонов $\eta = 1,0$).

2) Определение эффективности оборудования для охлаждения грузового помещения вагона произведем путем компенсации расчетного теплопритока, обусловленного нормируемым перепадом средних температур снаружи и внутри кузова вагона. При несоответствии фактического перепада температур снаружи и внутри кузова вагона требованиям СПС недостающий теплоприток обеспечим путем размещения внутри грузового помещения вагона дополнительных электрических нагревателей, потребную суммарную мощность которых рассчитаем по формуле:

$$W_{\text{доп}} = K_{\text{н}} \cdot S \cdot [0,35 \cdot (t_{\text{н}\backslash\text{охл}} - t_{\text{в}\backslash\text{охл}}^*) + (t_{\text{н}\backslash\text{охл}} - \overline{t_{\text{нф}\backslash\text{охл}}})], \quad (3.31)$$

где

0,35 – коэффициент запаса эффективности работы термического оборудования, предусмотренный в соответствии с СПС;

$t_{\text{н}\backslash\text{охл}}$ – расчетная температура наружного воздуха в режиме охлаждения (в соответствии с СПС, $t_{\text{н}\backslash\text{охл}} = \text{плюс } 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

$\overline{t_{\text{нф}\backslash\text{охл}}}$ – средняя температура наружного воздуха во время проведения испытания на определение эффективности оборудования для охлаждения, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}\backslash\text{охл}}^*$ – расчетная температура воздуха в режиме охлаждения, которая должна поддерживаться внутри кузова вагона для рассматриваемого класса, $^{\circ}\text{C}$.

По причине отсутствия достоверных эксплуатационных данных, эффективный отбор контейнеров для испытаний не может быть осуществлен тем же методом как изотермических вагонов.

В отличие от изотермических вагонов все новые термические контейнеры в обязательном порядке проходили освидетельствование теплотехнических параметров по нормам ИСО [95]. Сравнение их с нормами СПС [11] показывает полное соответствие в части определения изотермических свойств, а также

возможность сближения (приведения к нормам СПС) установленной эффективности работы устройств охлаждения. Эффективность работы устройств обогрева грузового помещения рефрижераторного контейнера может быть установлена без проведения испытания по формуле (3.30).

Для освидетельствования термических контейнеров, прошедших первоначальное освидетельствование теплотехнических параметров в соответствии с нормами и требованиями ИСО [95] менее шести лет назад (менее установленного в СПС периода до первого повторного контроля транспортных средств в процессе эксплуатации), используем данные указанного освидетельствования без проведения дополнительного контроля. Освидетельствование термических контейнеров, прошедших первоначальное освидетельствование теплотехнических параметров в соответствии с нормами и требованиями ИСО [95] более шести лет назад, осуществим, используя данные указанного освидетельствования с проведением дополнительного контроля, который может осуществляться путем проведения выборочных испытаний не менее 1 % случайно отобранных контейнеров одной модели, принадлежащих одному владельцу (по аналогии с требованиями СПС), либо путем привлечения экспертов для контроля каждого термического контейнера.

На Рисунке 3.5 представлена схема освидетельствования изотермических вагонов и термических контейнеров по теплотехническим параметрам. Предлагаемые подходы и схема освидетельствования доложены на Совете АСОРПС (протокол от 31.08.2020 № 6) и одобрены.

В соответствии с приведенной схемой для освидетельствования всех эксплуатируемых изотермических вагонов и термических контейнеров собственности российских операторов по оценке автора требуется провести 150-300 испытаний вместо 10-11 тысяч в соответствии с СПС [13]. Для последующего освидетельствования и контроля новых изотермических вагонов достаточно строительства одной камеры с вводом внутрь железнодорожного пути. Суммарные затраты собственников СТС по предложенной схеме освидетельствования составят не более 30 млн рублей (без учета расходов,

связанных с временным изъятием из рабочего парка отобранных для испытаний СТС и перемещением их к месту проведения испытаний и обратно) вместо 0,9-1,0 млрд, если освидетельствовать СТС в строгом соответствии с СПС.

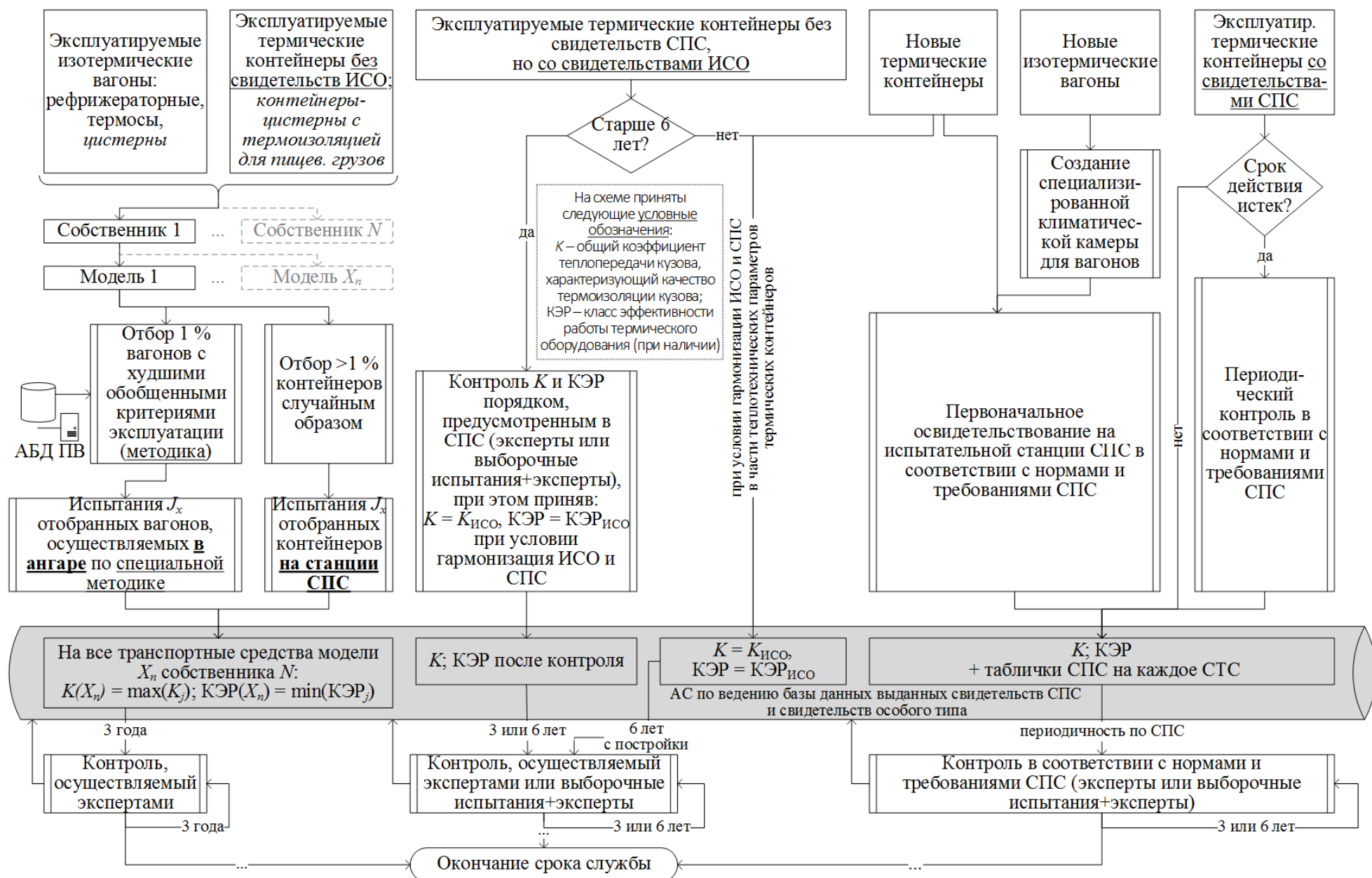


Рисунок 3.5 – Предлагаемая схема освидетельствования ТС на железнодорожном транспорте

Выводы по Главе 3

1. Автором разработана методика определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС). Разработанная методика включает способы уменьшения влияния различных неблагоприятных факторов на точность расчетов при проведении испытаний в ангаре, а также приведения полученного итогового расчетного значения к требованиям СПС. В соответствии с основными положениями данной методики автором в период с 2014 по 2018 гг. определены расчетные значения коэффициента K у 28 вагонов-термосов, принадлежащих ряду российских собственников.

2. Положения методики в части расчета отклонений при измерении среднего значения коэффициента K кузова СТС позволяют учесть в расчетном значении коэффициента K влияние колебаний измеряемых параметров (температуры внутри и снаружи кузова, теплопроизводительности электрических нагревателей), что позволяет обеспечить сохранность качества скоропортящегося груза при установлении технологии перевозки в СТС. Указанные положения реализованы в программе для ЭВМ «K_UNC», рассмотрены рабочей группой по перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов, действующей в рамках СПС под эгидой КВТ ЕЭК ООН, и включены в 2018 г. в Справочник СПС.

3. Рассмотрено применение методики для освидетельствования существующего парка изотермических вагонов по результатам испытаний выборок изотермических вагонов конкретной модели и собственника по параметрам их эксплуатации. Применение предложенных подходов позволяет по проведенным автором оценкам примерно в 30 раз сократить расходы владельцев изотермических вагонов на освидетельствование по сравнению с освидетельствованием в строгом соответствии с СПС.

4 ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕВОЗОК СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

Для эффективного использования разработанной комплексной методики необходимо осуществлять автоматизированный контроль правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза на основных этапах перевозочного процесса [96]: оформления в соответствии с [97] заявки на перевозку скоропортящихся грузов в УКВ, ИВ в режиме «термос», при оформлении в соответствии с [98] накладной на перевозку скоропортящихся грузов в УКК, термических контейнерах в режиме «термос» (до погрузки), при окончательном оформлении (после погрузки) накладной на перевозку скоропортящихся грузов в КРК без постоянного сопровождения, а также в процессе перевозки для определения возможного понижения качества груза в случае возможной просрочки доставки и принятия соответствующих оперативных решений.

На всех этапах перевозочного процесса результаты автоматизированного контроля носят для грузоотправителя рекомендательный характер.

Этапы контроля в зависимости от выбранной грузоотправителем технологии перевозки скоропортящегося груза приведены на Рисунке 4.1.

Суть технологии автоматизированного контроля определяется при перевозке в вагонах их родом (УКВ, изотермические), при перевозке в контейнерах их типом (универсальные, изотермические), а для рефрижераторных контейнеров, кроме того, способом энергоснабжения (автономное или централизованное), наличием или отсутствием постоянного сопровождения проводниками грузоотправителя. В части автоматизированного контроля не рассматриваются перевозки скоропортящихся грузов в рефрижераторных вагонах в составе 5-вагонных рефрижераторных секций, АРВ с постоянным сопровождением, а также в КРК на сцепках платформ с постоянным сопровождением, потому что обеспечение условий перевозок относится, в этом случае, исключительно к области ответственности сопровождающих такие перевозки проводников грузоотправителя.



Рисунок 4.1 – Этапы контроля температурных условий при перевозке скоропортящегося груза

Технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов устанавливает алгоритмы контроля в зависимости от этапа перевозочного процесса. На разных этапах в соответствии с данными заявки или накладной формируется объем актуальных данных, используемый для контроля правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом.

Контроль правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза в вагоне осуществляется на этапе оформления заявки на перевозку. При этом при выполнении контроля требуется на основании указанного грузоотправителем рода вагона в заявке осуществить выбор возможных моделей вагонов, для которых выполнить расчеты в соответствии с комплексной методикой и представить грузоотправителю их результаты либо как подтверждение правильности выбора им транспортного средства и его параметров, либо как рекомендацию для замены на другое.

Так как заявка на перевозку грузов в контейнерах не оформляется, то

контроль правильности установления технологии перевозки скоропортящихся грузов в контейнерах производится на этапе до погрузки груза в контейнер, соответствующий заявленному грузоотправителем типу и размеру.

На этапе после погрузки груза контролируется достаточность топлива в ДГУ и эффективность работы термического и энергетического оборудования КРК (АРВ без сопровождения в настоящее время не эксплуатируются на российских железных дорогах по причине отсутствия их серийного производства).

Автоматизированный контроль перевозок скоропортящихся грузов возможен в случае, если грузоотправитель дополнительно укажет:

- требуемые температурные условия (ТТУ) перевозки скоропортящегося груза ($[t_{\text{трmin}}; t_{\text{трmax}}]$);
- необходимость вентилирования.

Автоматизированный контроль перевозок скоропортящихся грузов может выполняться в автоматизированных системах грузоотправителей, операторов подвижного состава, контейнеров и отраслевых автоматизированных системах ОАО «РЖД».

Применяя предлагаемую технологию контроля:

- грузоотправители обеспечат сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке железнодорожным транспортом при минимально возможных затратах на перевозку;
- операторы изотермических вагонов и термических контейнеров получат инструмент честной конкуренции, предлагая грузоотправителям транспортные средства, способные реально обеспечить сохранение качества скоропортящегося груза при перевозке;
- перевозчик получит возможность оценки необходимости принятия мер по ускорению доставки скоропортящегося груза в случае возможной просрочки доставки.

4.1 Требования к информационному обеспечению технологии автоматизированного контроля

Разработанная в главе 2 комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом требует для целей осуществления автоматизированного контроля разработки следующих дополнительных классификаторов данных в рамках используемых информационных систем.

1) Классификатор скоропортящихся грузов, устанавливающий по коду ЕТСНГ груза и описанию потребительской и транспортной упаковок, а также с учетом заданных температурных условий перевозки (или температурного режима перевозки) следующие расчетные параметры (поля данных):

- удельную теплоемкость груза, в том числе среднюю за груженный рейс ($\overline{c_{гр}}$), за остаточный груженный рейс ($\overline{c'_{гр}}$), при предъявлении к перевозке ($c_{грн}$), кДж/(кг·К);
- тепловыделение груза¹¹ q_d , кДж/(кг·ч).

2) Классификатор моделей изотермических вагонов и термических контейнеров, устанавливающий по номеру модели вагона или контейнера следующие поля данных:

- грузоподъемность G_{max} , Т;
- среднюю площадь кузова F , м²;
- производительность термического оборудования¹² N , Вт;
- энергопотребление термического оборудования⁴ W , Вт;
- суммарную среднюю мощность постоянно работающего оборудования $P_{0_{т.о.}}$, Вт;
- тепловой эквивалент вентиляторов-циркуляторов $Q_{ц}$, Вт;

¹¹ Для грузов, не выделяющих тепла, параметр $q_d = 0$.

¹² Устанавливается с учетом заданного температурного режима перевозки.

- объем котла цистерны¹³ V , м³;
- теплоусвоение котла цистерны⁵ W_k , кДж/К.

3) Классификатор моделей устройств энергоснабжения, устанавливающий по номеру модели ДГУ следующие поля данных:

- номинальную мощность W_n , Вт;
- приведенный расход топлива на выработку электроэнергии r , л/Вт-ч;
- расход топлива на собственные нужды $R_{0э}$, л/ч;
- полный объем топливных баков V_{max} , л.

Кроме того, необходимо дополнить классификатор моделей УКВ и классификатор моделей УКК следующими полями данных:

- площадь наружной поверхности крыши $F_{(кр)}$, м²;
- площадь наружной поверхности боковой стены $F_{(ст)}$, м²;
- расчетный средневзвешенный коэффициент теплопередачи крыши и стен $K'_{(кр/ст)}$, Вт/(м²·К);
- расчетный коэффициент теплопередачи пола $K'_{(пол)}$, Вт/(м²·К);
- суммарная масса крыши и одной боковой стены (с дверью) кузова $G_{(кр/ст)}$, кг;
- масса пола кузова $G_{(пол)}$, кг;
- расчетная удельная средневзвешенная теплоемкость крыши и боковой стены кузова $c_{(кр/ст)}$, кДж/(кг·К);
- расчетная удельная теплоемкость пола кузова $c_{(пол)}$, кДж/(кг·К);
- полный объем кузова V , м³;
- расчетный коэффициент длинноволнового излучения крыши и стен¹⁴ $\varepsilon_{0(кр/ст)}$;
- расчетный коэффициент длинноволнового излучения пола⁶ $\varepsilon_{0(пол)}$;

¹³ Параметры V и W_k устанавливаются только для изотермических вагонов-цистерн и танк-контейнеров с термоизолированным котлом.

¹⁴ Параметры $\varepsilon_{0(кр/ст)}$, $\varepsilon_{0(пол)}$, $a_{s(кр/ст)}$ и $a_{s(пол)}$ зависят от материала, цвета и степени загрязнения соответствующих наружных поверхностей кузова вагона.

– расчетный коэффициент поглощения коротковолнового (солнечного) излучения наружной поверхностью крыши и боковой стены⁶ $a_{s(кр/ст)}$;

– расчетный коэффициент поглощения длинноволнового излучения наружной поверхностью пола⁶ $a_{s(пол)}$.

Значения приведенных теплофизических параметров скоропортящихся грузов установим в соответствии со справочными данными (например, [99; 100]).

Значения полей данных классификаторов моделей изотермических вагонов и термических контейнеров, устройств энергоснабжения, а также моделей УКВ, УКК установим в соответствии с данными технической документации на транспортное средство или используемое оборудование (термическое и энергетическое). При этом:

– полный объем топливных баков ($V_{тmax}$) установим с учетом как расходных, так и резервных топливных баков, используемых постоянно и указанных в технической документации на ДГУ;

– расчетные значения удельного расхода топлива ДГУ на выработку единицы электроэнергии (r), а также расхода топлива на собственные нужды (R_{0_3}) установим для следующих нормальных условий эксплуатации устройства энергоснабжения: генерация переменного электрического тока напряжением 400 В частотой 50 Гц при средней частоте вращения вала двигателя 1500 об/мин (если иное не оговорено отдельно), топливо по сезону, параметры окружающей среды в соответствии с ГОСТ 15150;

– производительность термического оборудования (N) и его энергопотребление (W) установим для условий энергоснабжения термического оборудования переменным электрическим током напряжением 400 В частотой 50 Гц при параметрах окружающей среды в соответствии с ГОСТ 15150 и заданном температурном режиме перевозки;

– тепловой эквивалент вентиляторов-циркуляторов ($Q_{ц}$) примем равным величине потребляемой ими электрической мощности.

Ряд параметров, таких как средняя площадь кузова, площади наружных поверхностей крыши и боковой стены, коэффициенты теплопередачи крыши, стен

и пола рассчитаем в соответствии с данными технической документации (см. формулу (2.25), а также результаты расчетов в Таблицах 2.1, 2.2 и 2.3). Различные коэффициенты испускания и поглощения излучения поверхностями кузова примем в соответствии со справочными данными (например, [91; 101]).

Актуальные теплотехнические параметры изотермических вагонов и термических контейнеров, получаемые по результатам их освидетельствования и периодического контроля, должны содержаться в соответствующей базе данных, взаимодействующей с отраслевыми информационными системами.

4.2 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в крытых вагонах на этапе оформления заявки

Объектом контроля является соответствие расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ требуемым температурным условиям перевозки и хранения груза в течение срока его доставки железнодорожным транспортом. Схема алгоритма контроля приведена на Рисунке 4.2.

Технология контроля подразумевает определение расчетной температуры воздуха внутри кузова каждой отобранной модели УКВ (соответствующей указанному грузоотправителем роду вагона) и сравнение ее с заданными температурными условиями перевозки и хранения груза.

Расчетную температуру воздуха внутри кузова УКВ определим в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2, для каждого участка пути, привязанного к ближайшей реперной метеостанции, на основании анализа статистических метеоданных за предшествующий период продолжительностью не менее 30 лет с заданной обеспеченностью (надежностью) равной 0,95. Сравнение расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ с заданными температурными условиями перевозки и хранения груза осуществим путем анализа расчетных параметров, определенных в соответствии с параграфом 2.4.

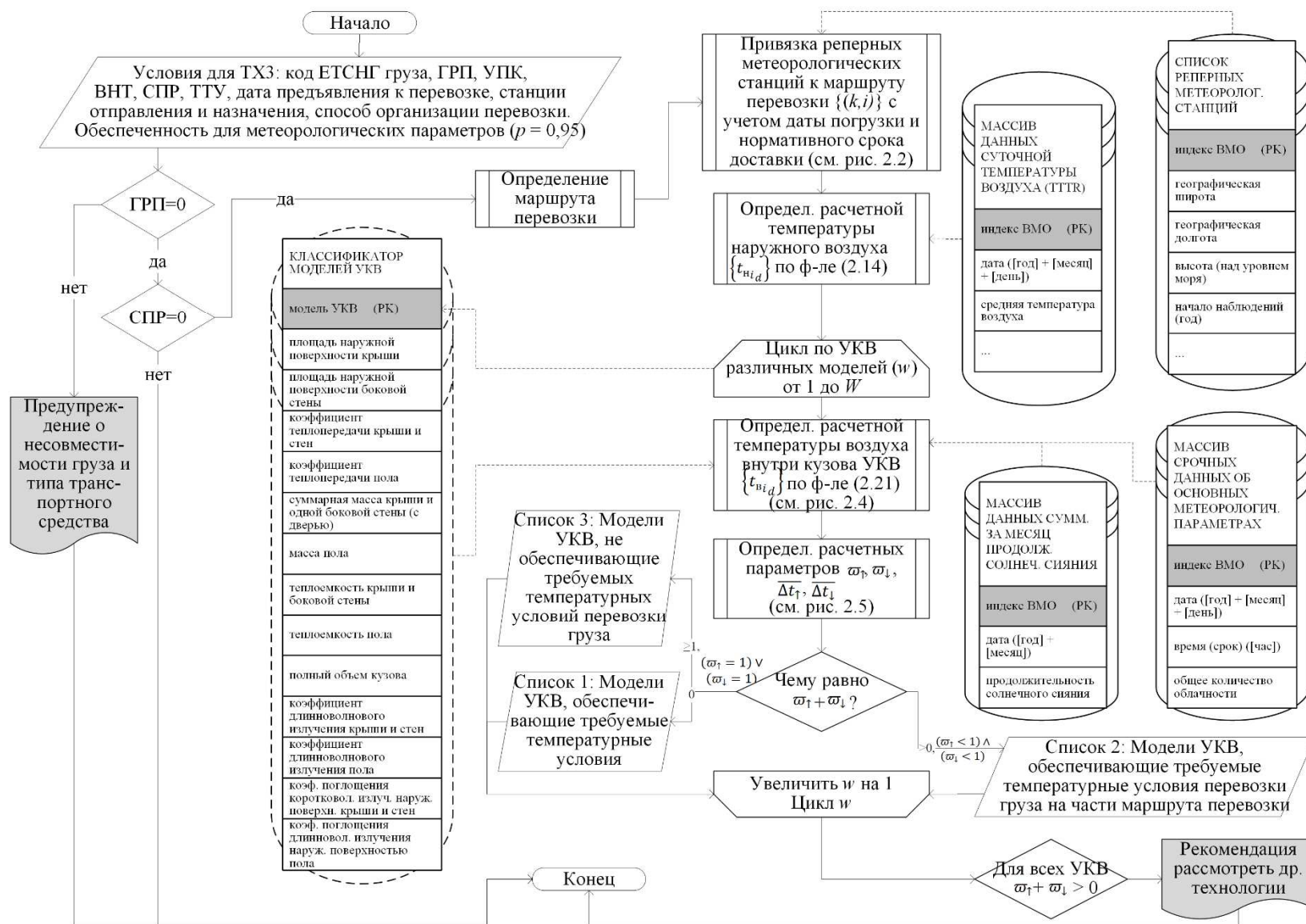


Рисунок 4.2 – Схема алгоритма контроля соответствия расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ температурным условиям перевозки и хранения груза в течение срока доставки (на этапе оформления заявки)

Результатом контроля является выдача грузоотправителю по каждой рассмотренной модели УКВ параметров соответствия расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ заданным температурным условиям перевозки и хранения груза с последующим обобщением всех рассмотренных моделей УКВ в списки со следующими характеристиками:

- список 1: расчетная температура воздуха внутри кузова УКВ совпадает с заданными температурными условиями перевозки и хранения груза в пределах всего нормативного срока доставки ($\varpi_{\uparrow} + \varpi_{\downarrow} = 0$);
- список 2: в пределах нормативного срока доставки возможны локальные выходы расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ за границы заданных температурных условий перевозки и хранения груза ($((\varpi_{\uparrow} + \varpi_{\downarrow}) > 0 \wedge (\varpi_{\uparrow} < 1) \wedge (\varpi_{\downarrow} < 1))$);
- список 3: в пределах всего нормативного срока доставки имеет место выход расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ за границы заданных температурных условий перевозки и хранения груза ($((\varpi_{\uparrow} = 1) \vee (\varpi_{\downarrow} = 1))$).

Если по результатам рассмотрения список 1 пуст, выдается предупреждение о невозможности обеспечения заданных температурных условий перевозки и хранения груза в пределах нормативного срока доставки при выбранной точности определения расчетных параметров и рекомендуется рассмотреть другие технологии перевозки.

На основании полученной оценки грузоотправитель может принять решение о выборе конкретной модели УКВ или об изменении технологии перевозки с внесением изменений в заявку до завершения ее согласования перевозчиком.

4.3 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в вагонах-термосах на этапе оформления заявки

Объектом контроля является значение коэффициента K , определяемое:

- при перевозке тарно-штучного груза в ИВ – в соответствии с параграфом 2.5;
- при перевозке груза наливом в вагонах-цистернах с термоизолированным котлом – в соответствии с параграфом 2.6.

Схема алгоритма контроля приведена на Рисунке 4.3.

Технология контроля состоит в определении допустимых значений коэффициента K для рекомендуемых моделей ИВ, при которых обеспечиваются температурные условия перевозки груза в течение срока его доставки по заданному маршруту перевозки.

Алгоритм включает:

- расчет температуры наружного воздуха за время груженого рейса в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2 на основании статистических метеоданных за предшествующий период продолжительностью не менее 30 лет с заданной обеспеченностью (надежностью) равной 0,95;
- определение максимального значения коэффициента K для каждой отобранной модели ИВ путем решения уравнения (2.52) относительного коэффициента K или уравнения (2.62).

Результатом контроля является перечень рекомендуемых моделей ИВ с коэффициентами K менее рассчитанных максимальных значений.

На основании полученных рекомендаций грузоотправитель может запросить под погрузку у оператора ИВ с требуемым коэффициентом K .

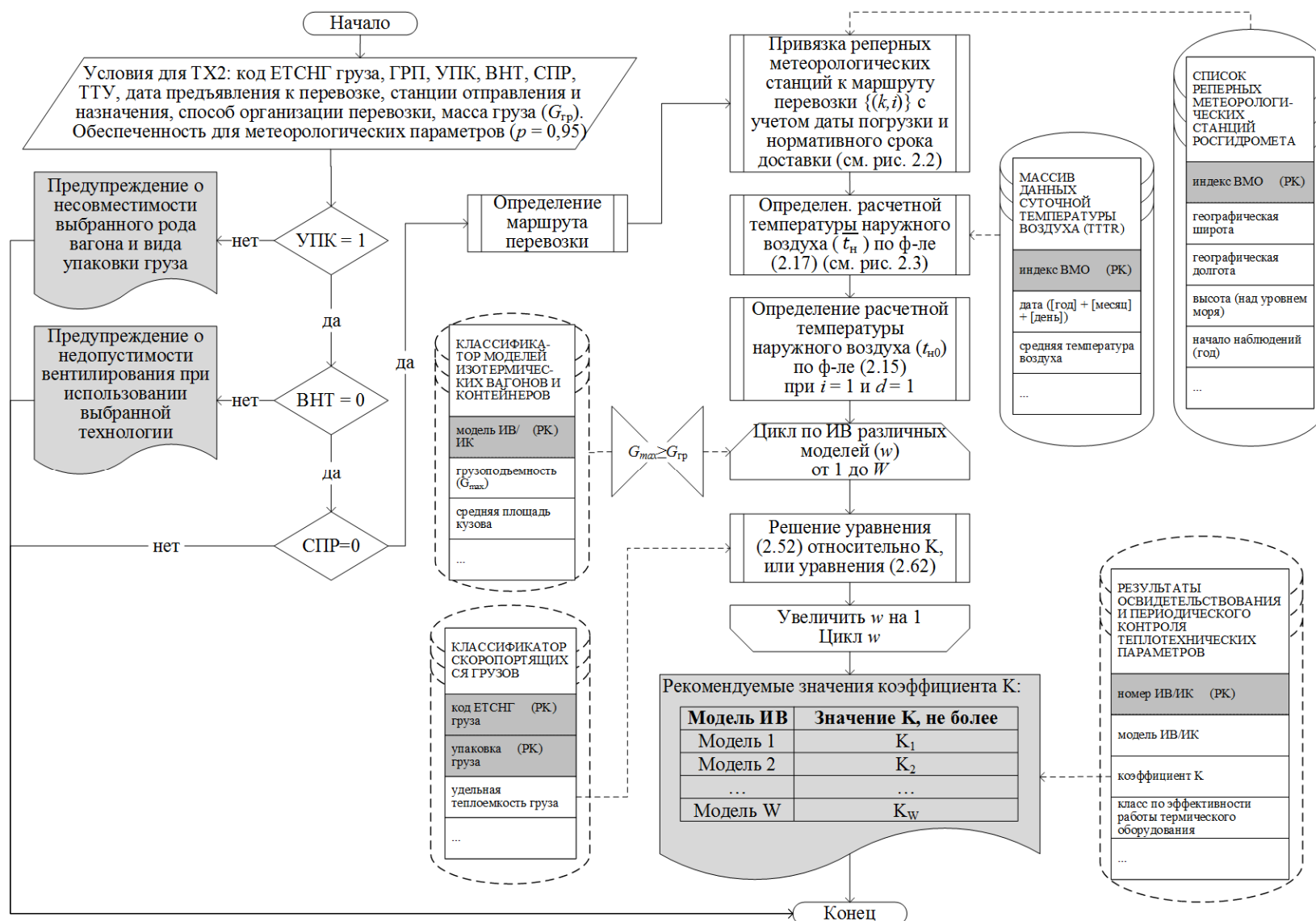


Рисунок 4.3 – Схема алгоритма контроля соответствия расчетного значения коэффициента K фактическому (на этапе оформления заявки на перевозку груза в ИВ в режиме «термос»)

4.4 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в универсальных контейнерах на этапе до погрузки груза

Алгоритм приведен на Рисунке 4.4. Как и в случае перевозки в УКВ объектом контроля является соответствие расчетной температуры воздуха внутри кузова УКК требуемым температурным условиям перевозки и хранения груза в течение срока его доставки железнодорожным транспортом.

Алгоритм аналогичен приведенному на Рисунке 4.2 с той лишь разницей, что в качестве исходной информации для контроля используются данные накладной, а не заявки.

Результатом контроля является выдача грузоотправителю по каждой рассмотренной модели УКК, соответствующей заданным кодам размера и типа контейнера, параметров соответствия расчетной температуры воздуха внутри кузова УКК заданным температурным условиям перевозки и хранения груза с последующим обобщением всех рассмотренных моделей УКК в списки с характеристиками, рассмотренными в параграфе 4.2.

На основании полученной оценки грузоотправитель может принять решение о выборе конкретной модели УКК или об изменении технологии перевозки, переоформив накладную для перевозки груза в специализированном (термическом) контейнере.

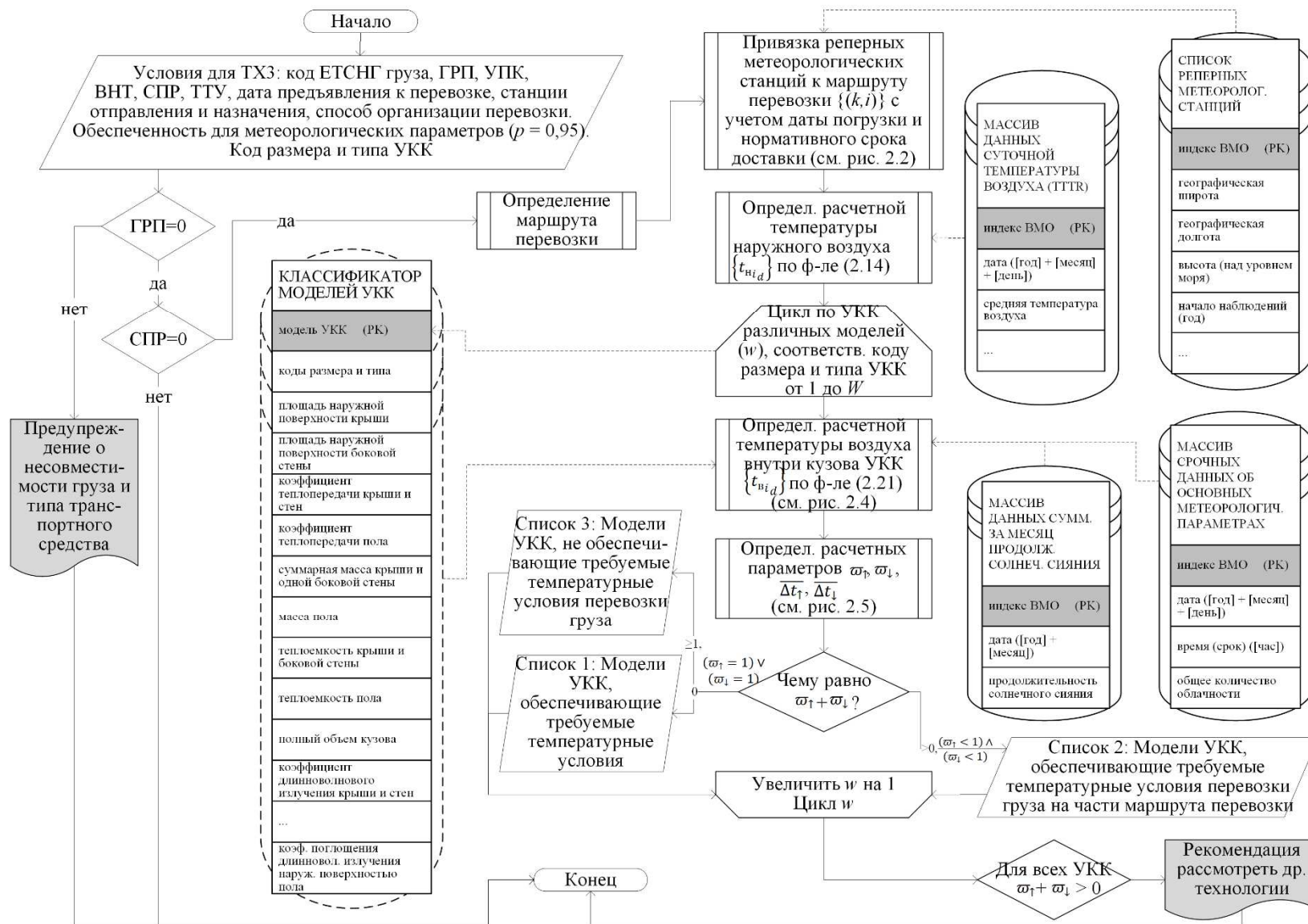


Рисунок 4.4 – Схема алгоритма контроля соответствия расчетной температуры воздуха внутри кузова УКК температурным условиям перевозки и хранения груза в течение срока доставки (на этапе до погрузки груза)

4.5 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в термических контейнерах на этапе до погрузки груза

Алгоритм приведен на Рисунке 4.5. Как и для случая перевозки груза в ИВ в режиме «термос» объектом контроля является значение коэффициента K , определяемое в соответствии с параграфом 2.5 при перевозке тарно-штучного груза в ИК, или в соответствии с параграфом 2.6 при перевозке груза наливом в танк-контейнерах с термоизолированным котлом.

Алгоритм аналогичен приведенному на Рисунке 4.3 с той разницей, что в качестве исходной информации для контроля используются данные накладной, а не заявки.

Результатом контроля является перечень рекомендуемых моделей ИК с коэффициентами K менее рассчитанных максимальных значений.

На основании полученной рекомендации грузоотправитель может запросить под погрузку у оператора ИК с требуемым коэффициентом K .

4.6 Технология контроля перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерах без постоянного сопровождения на этапе после погрузки груза

Рассматривается технология перевозки скоропортящегося груза в КРК с поддержанием температурного режима и без постоянного сопровождения проводниками грузоотправителя. Энергоснабжение термического оборудования КРК может осуществляться как от автономных источников (количество КРК, подключаемых к одному источнику энергоснабжения, $J = 1$), так и централизованных ($J > 1$), устанавливаемых в зависимости от используемой схемы погрузки и крепления в соответствующих местных технических условий (далее – МТУ).

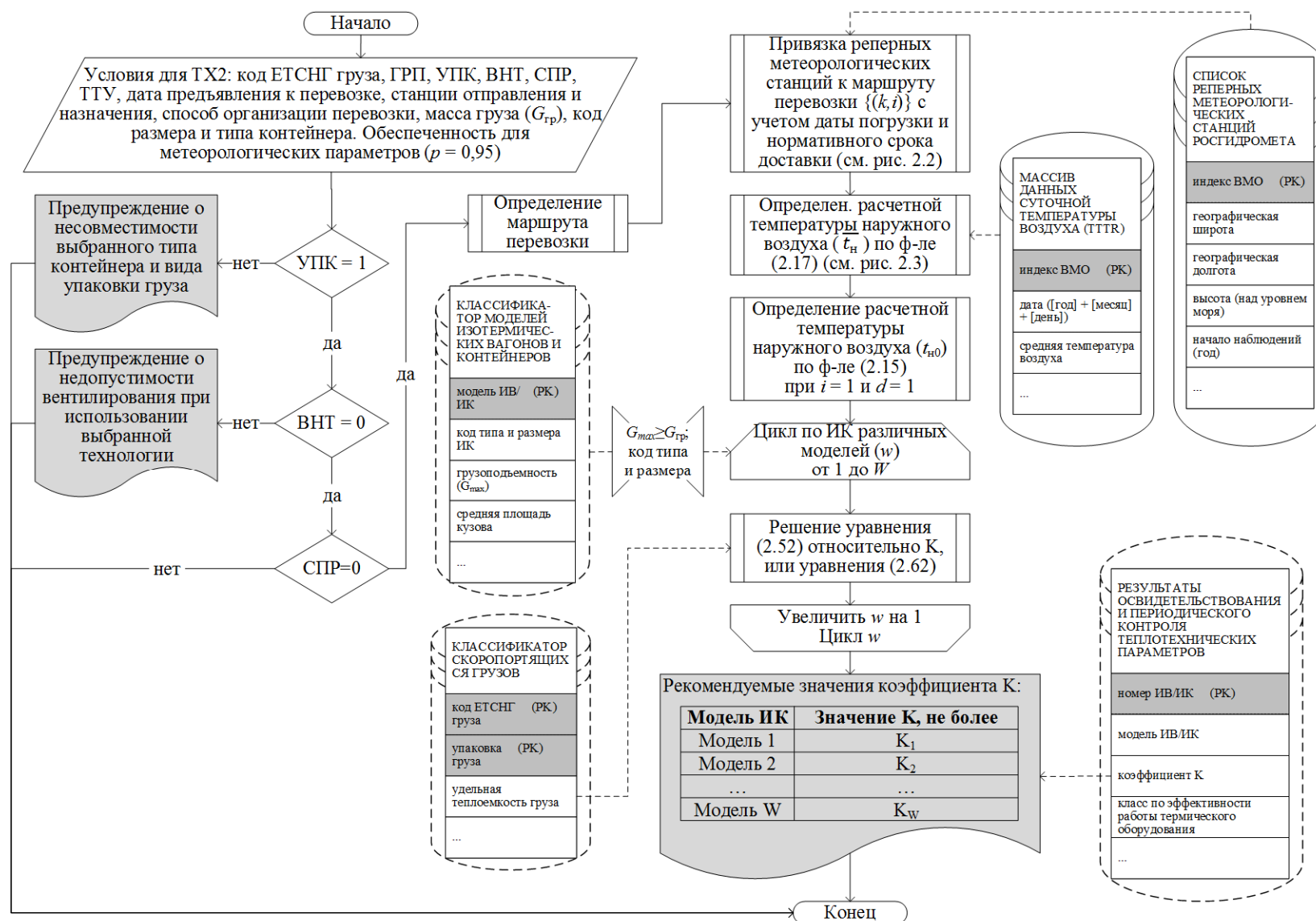


Рисунок 4.5 – Схема алгоритма контроля соответствия расчетного значения коэффициента K фактическому (на этапе до погрузки груза в ИК)

Поскольку после погрузки груза известны номера КРК, значения их коэффициентов K как нормативных параметров при установлении технологии перевозки скоропортящегося груза могут быть определены в соответствии с методикой, приведенной в главе 3, и приняты в соответствии с результатами освидетельствования и периодического контроля теплотехнических параметров СТС. Расчетные параметры ДГУ примем в соответствии с классификатором моделей устройств энергоснабжения. Остальные параметры КРК примем в соответствии с классификатором моделей изотермических вагонов и термических контейнеров.

Объектом контроля является запас топлива в ДГУ, минимальное значение которого рассчитывается в соответствии с параграфом 2.7. Схема алгоритма контроля приведена на Рисунке 4.6.

Технология контроля подразумевает, как и в случае перевозки груза в режиме «термос», использование расчетной температуры наружного воздуха за время груженого рейса, которую определим в соответствии с алгоритмами, приведенными в параграфе 2.2 на основании статистических метеоданных за предшествующий период продолжительностью не менее 30 лет с заданной обеспеченностью (надежностью) равной 0,95. В зависимости от указанных в накладной температурных условий и режима перевозки установим расчетные параметры груза в каждом j -м КРК (удельную теплоемкость и тепловыделение для грузов, выделяющих тепло).

На основании вышеуказанных данных по каждому рассматриваемому устройству энергоснабжения осуществим проверку достаточности его номинальной мощности ($W_n \geq \sum W$) и определим потребный минимальный запас топлива (V_{Tmin}) в соответствии с параграфом 2.7. Если не выполняется одно из условий ($W_n \geq \sum W$ или $V_{Tmin} \leq V_T$) и:

$J > 1$ – в случае выбора грузоотправителем рассматриваемой модели устройства энергоснабжения рекомендуется уменьшить J и повторить расчет;

$J = 1$ – рекомендация выбрать другое устройство энергоснабжения КРК.

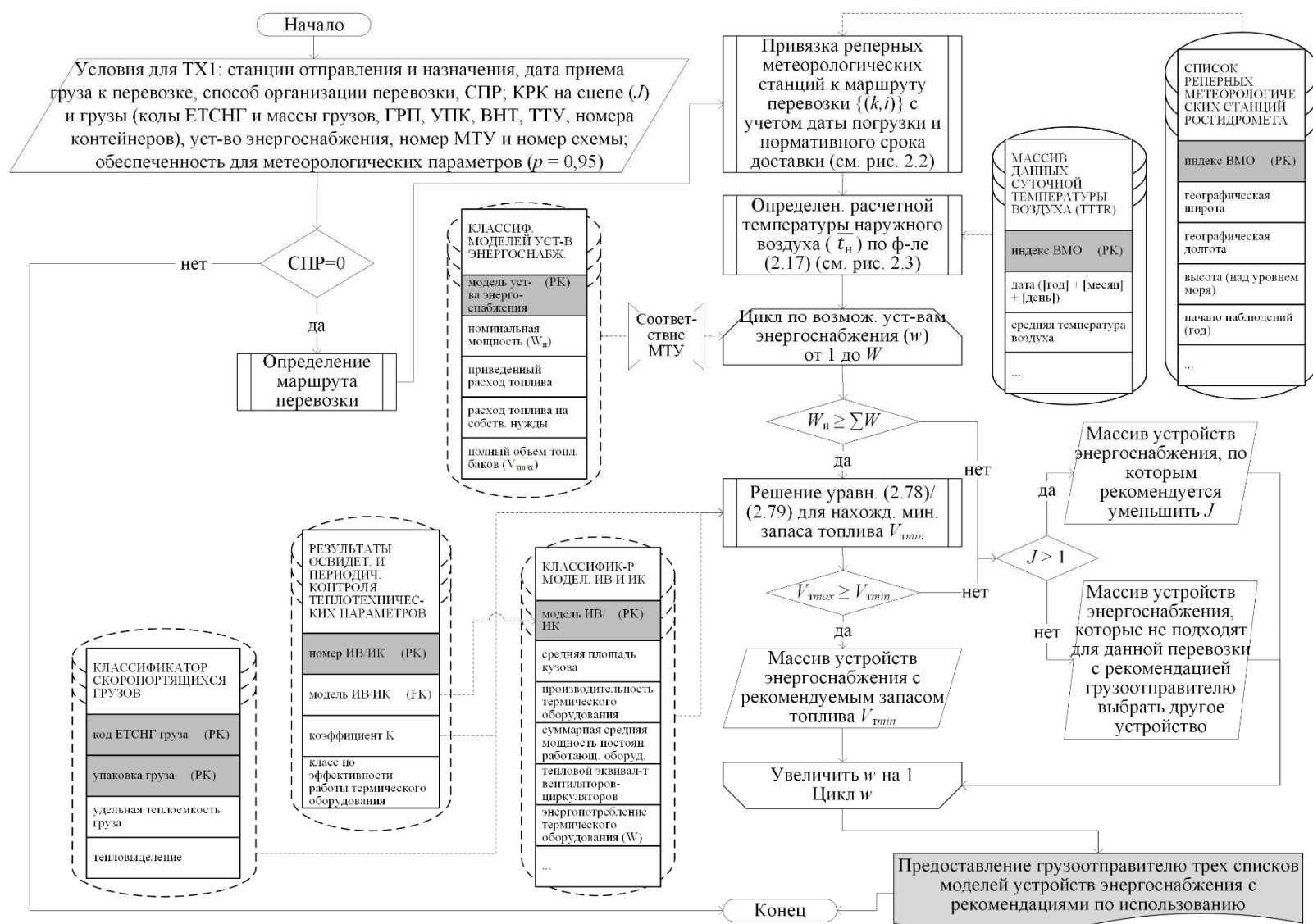


Рисунок 4.6 – Схема алгоритма контроля соответствия расчетной продолжительности энергообеспечения термического оборудования КРК нормативному сроку доставки груза (на этапе после погрузки груза)

4.7 Алгоритм контроля перевозок скоропортящихся грузов в пути следования во взаимодействии автоматизированных систем

С учетом внесенных в накладную фактических данных, после завершения ее оформления на станции отправления у перевозчика имеется точная информация по всем объектам контроля на предыдущих этапах. Таким образом, ранее выделенные объекты контроля превращаются в технологические параметры. Дальнейшим объектом контроля перевозок СПГ в пути следования становится срок доставки груза, устанавливаемый средствами отраслевых автоматизированных систем.

Технология контроля подразумевает, что в каждой контрольной точке по пути следования груза производится актуализация расчетной температуры наружного воздуха с учетом фактического местоположения транспортного средства с грузом (в том числе с учетом возможного изменения маршрута следования) и ожидаемой даты доставки. Если в текущей контрольной точке установлена возможность превышения срока доставки и актуализированные технологические параметры свидетельствуют о невозможности обеспечения заданных температурных условий хранения/транспортирования груза, коммерческому диспетчеру средствами отраслевых автоматизированных систем выдается задание по обеспечению ускорения доставки груза. Схема алгоритма контроля приведена на Рисунке 4.7.

Перевозка скоропортящегося груза в ИВ и ИК может сопровождаться мониторингом в реальном времени температурных условий или температурного режима перевозки груза, температуры груза, а также исправности термического оборудования, устройства энергоснабжения и остатка топлива (в случае перевозки с поддержанием температурного режима). Система мониторинга позволяет, в частности, принять фактическое значение температуры груза при определении оставшейся части предельного срока перевозки груза в режиме «термос», а не расчетное. Также фактическое, а не расчетное значение может быть принято по запасу топлива в устройстве энергоснабжения. Подобное уточнение параметров значительно повышает точность актуализированных технологических параметров.

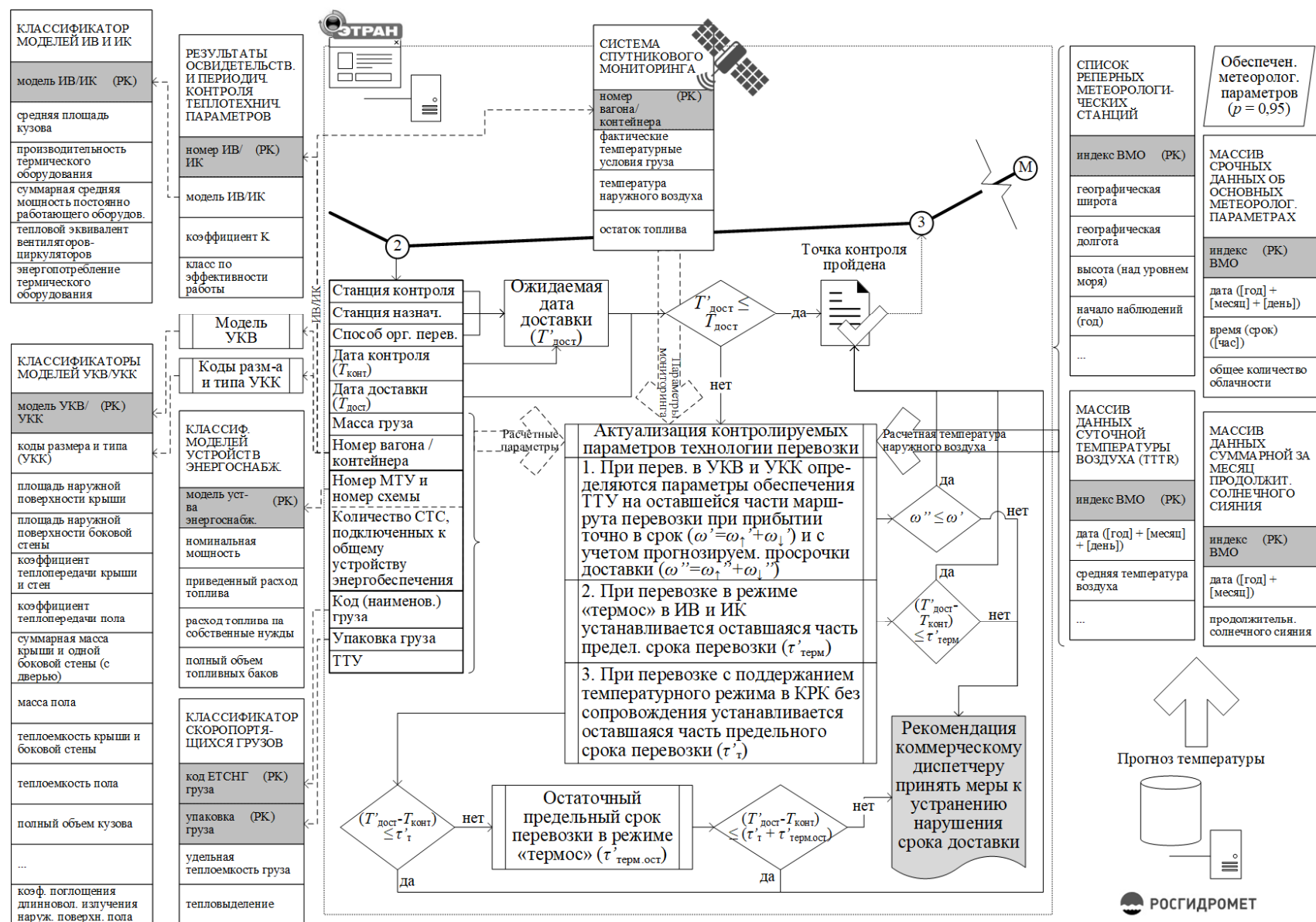


Рисунок 4.7 – Схема алгоритма контроля перевозок СПГ в пути следования

Для повышения точности установления в контрольных точках расчетных значений температуры наружного воздуха (а также температуры воздуха внутри кузова УКВ, УКК) дополнительно может использоваться прогноз погоды, формируемый Росгидрометом, при условии привязки его к оставшемуся маршруту следования груза.

Основные положения разработанной технологии доложены автором на восьмой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2019) [102].

Выводы по Главе 4

1. Автором разработана технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов с учетом основных положений разработанной им комплексной методики. Определены этапы автоматизированного контроля в соответствии с этапами перевозочного процесса, а также в зависимости от технологии перевозки (с защитой от осадков, в режиме «термос», с поддержанием температурного режима), рода вагона или типа контейнера.

2. Технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов в предложенной постановке разработана впервые и позволяет обеспечить грузоотправителя необходимой информацией для обоснованного выбора транспортного средства и технологии перевозки. Областью применения разработанной технологии является автоматизированный контроль данных и условий перевозки при оформлении грузоотправителем документов на перевозку грузов. В процессе перевозки автоматизированный контроль предлагает инструмент количественной оценки угроз ухудшения качества скоропортящегося груза вследствие возможной просрочки доставки груза, на основании которой может быть сформировано соответствующее задание коммерческому диспетчеру по устранению нарушения срока доставки. Основные положения разработанной технологии доложены автором на конференции ИСУЖТ-2019.

3. Автоматизированный контроль перевозок скоропортящихся грузов по предложенной технологии может выполняться в автоматизированных системах грузоотправителей, операторов подвижного состава, контейнеров и отраслевых автоматизированных системах ОАО «РЖД». Для практической реализации автором определены требования к ее информационному обеспечению – установлены классификаторы и необходимые поля данных, определены источники получения первичной и нормативно-справочной информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в работе содержится решение научной задачи совершенствования методов и разработки алгоритмов установления и контроля технологии перевозки скоропортящихся грузов в условиях изменившегося правового регулирования, создания и внедрения информационных технологий, имеющей важное значение для транспортной отрасли. При решении данной задачи в диссертации получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Выявлена на основе анализа действующей системы управления перевозками скоропортящихся грузов на железнодорожном транспорте после введения нового правового регулирования таких перевозок необходимость создания научно обоснованных методик, позволяющих определять для каждой конкретной перевозки скоропортящегося груза технологии перевозки и их параметры, обеспечивающие сохранение качества груза.

2. Разработана комплексная методика установления технологии и контроля перевозки скоропортящегося груза в зависимости от особенностей каждой конкретной перевозки. Методика содержит алгоритмы расчета температуры наружного воздуха для заданных направления перевозки и даты приема груза к перевозке, температуры внутри кузова транспортного средства без термоизоляции, а также методы оценки соответствия температурных условий перевозки скоропортящегося груза требуемым в зависимости от типа транспортного средства. Оценка проводится при перевозке в УКВ и УКК по результатам анализа величины и продолжительности выхода температуры окружающего груз воздуха в процессе перевозки за границы требуемых температурных условий; при перевозке в изотермических вагонах и термических контейнерах – по предельно допустимому значению общего коэффициента теплопередачи кузова СТС; при перевозке в КРК без сопровождения, в том числе на сцепе платформ, – по величине запаса топлива, необходимому для обеспечения непрерывной работы термического оборудования.

3. Разработана методика определения значения нормативного параметра для

установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС), включающая способы уменьшения влияния различных неблагоприятных факторов на точность расчетов при проведении испытаний в ангаре, а также приведения полученного итогового расчетного значения к требованиям СПС.

4. Предложена технология практического применения методики определения значения нормативного параметра для установления технологии перевозки скоропортящегося груза в СТС (общего коэффициента теплопередачи кузова СТС) к освидетельствованию существующего парка изотермических вагонов по результатам испытаний в ангаре выборок изотермических вагонов конкретной модели и собственника по параметрам их эксплуатации. Применение предложенной технологии позволяет по проведенным автором оценкам существенно (в десятки раз) сократить расходы владельцев изотермических вагонов на освидетельствование по сравнению с освидетельствованием каждого вагона в соответствии с СПС.

5. Разработана технология автоматизированного контроля перевозки скоропортящегося груза для контроля правильности установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом. Основные этапы автоматизированного контроля установлены в соответствии с этапами перевозки скоропортящегося груза. Разработаны алгоритмы контроля в зависимости от выбранной технологии перевозки, а также рода вагона или типа контейнера для использования в автоматизированных системах грузоотправителей, операторов подвижного состава и отраслевых автоматизированных системах ОАО «РЖД».

6. Разработанная комплексная методика может использоваться для любых грузов, требующих соблюдения температурных условий при перевозке (продукция электронной, химической, фармацевтической промышленности и др.). Направлениями дальнейшего развития комплексной методики являются уточнение исходных данных, используемых в расчетах, автоматизация сбора и обработки статистической информации. Перспективы практического применения –

реализация предложенных методов и алгоритмов в автоматизированных системах грузоотправителей, операторов подвижного состава и отраслевых автоматизированных системах ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // СЗ РФ. – 2020. – № 4. – Ст. 345.
2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // СЗ РФ. – 2018. – № 20. – Ст. 2817.
3. Правила перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов [Электронный ресурс]: утв. приказом Минтранса России от 04.03.2019 № 66. URL: <https://base.garant.ru/72265752/> (дата обращения: 20.03.2020 г.).
4. Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [Электронный ресурс] // ОАО «РЖД». Официальный сайт. URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=6969 (последнее обращение 04.10.2019 г.).
5. Рефрижераторная логистика во всех видах транспорта и подвижного состава в 2018 г. [Электронный ресурс] // Информационный портал исследовательского агентства InfraNews. URL: <http://infranews.ru/issledovaniya/53370-refrizheratornaya-logistika-vo-vsex-vidax-transporta-i-podvizhnogo-sostava-v-2018g/> (последнее обращение 10.09.2020 г.).
6. Об утверждении Типовой технологии перевозки грузов поездами «холодный экспресс» [Электронный ресурс]: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 05.03.2020 № 493/р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/564630334> (дата обращения: 22.03.2021 г.).
7. Давыдов, Д.О. Рациональные сферы применения рефрижераторных контейнеров на железных дорогах России / Е.А. Васюкова, Н.А. Соколова, Д.О. Давыдов, В.С. Доренский // Труды ВНИИАС. – 2005. – Выпуск 3. – С. 138-147.
8. Правила перевозок грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом, содержащих порядок переадресовки перевозимых грузов, порожних грузовых вагонов с изменением грузополучателя и (или) железнодорожной

станции назначения, составления актов при перевозках грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом, составления транспортной железнодорожной накладной, сроки и порядок хранения грузов, контейнеров на железнодорожной станции назначения [Электронный ресурс]: утв. приказом Минтранса России от 27.07.2020 № 256. URL: <https://ipbd.ru/doc/0001202010160011/> (дата обращения: 29.08.2021 г.).

9. Аисори – удаленный доступ к ЯОД-архивам [Электронный ресурс] / ВНИИГМИ-МЦД. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 22.03.2020 г.).

10. Россельхознадзор провел совещание на тему реализации «дорожной карты» по формированию системы транспортировки и контроля скоропортящихся грузов [Электронный ресурс] / Россельхознадзор. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/news/36067.html> (дата обращения: 22.03.2021 г.).

11. Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС) [Электронный ресурс]. URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp11/ATP_publication/2017/ATP_R_ECE_TRANS_271_WEB.pdf (дата обращения: 22.03.2020 г.).

12. Давыдов, Д.О. О необходимости контроля и освидетельствования специальных транспортных средств / С.Е. Ададуров, Н.А. Соколова, Е.А. Васюкова, Д.О. Давыдов // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. – 2010. – № 1. – С. 22–24.

13. Давыдов, Д.О. Подходы к освидетельствованию по теплотехническим параметрам эксплуатируемых изотермических вагонов и контейнеров, принадлежащих российским операторам / Е.А. Васюкова, Т.А. Винокурова, Д.О. Давыдов [и др.] // Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». – 2020. – № 9. – С. 29–33.

14. Давыдов, Д.О. Система периодического освидетельствования транспортных средств, используемых для перевозок скоропортящихся грузов с учетом требований Федерального закона «О качестве и безопасности пищевых

продуктов» от 02 января 2000 г., № 29-ФЗ / В.П. Гольцев, Н.А. Соколова, Д.О. Давыдов, Е.А. Васюкова, Р.Л. Горчакова // Труды ВНИИАС. – 2007. – Выпуск 7. – С. 267-272.

15. Трофименко, А.Ф. Особенности эксплуатации автономных рефрижераторных вагонов и организация направления их в ремонт: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Трофименко Александр Федорович. – Днепропетровск, 1983. – 20 с.

16. Пирожинский, В.Н. Совершенствование системы ремонта и технического обслуживания рефрижераторных секций немецкой постройки в условиях депо: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Пирожинский Владимир Николаевич. – М., 1997. – 22 с.

17. Сергеев, В.Н. Россия на весах продовольственной безопасности [Электронный ресурс] // Академия Продовольственной Безопасности. URL: <https://www.апродбез.рф/knigi/Россия-на-весах-продовольственной-безопасности.pdf> (последнее обращение 02.09.2021 г.).

18. Дюбко, А.П. Совершенствование эксплуатации автономных рефрижераторных вагонов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Дюбко Александр Петрович. – М., 1977. – 218 с.

19. Крутова, Е.А. Исследование вопросов перевозки скоропортящихся грузов в вагонах-термосах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Крутова Елена Алексеевна. – М., 1987. – 252 с.

20. Наumenко, С.Н. Теоретические основы и методы практической реализации способа перевозок скоропортящихся грузов в термоизолированных контейнерах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.01 / Наumenко Сергей Николаевич. – М., 2006. – 367 с.

21. Костенко, А.Ю. Разработка прогрессивной технологии перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Костенко Анна Юрьевна. – М., 2000. – 181 с.

22. Костенко, А.Ю. Совершенствование перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерах : моногр. / А.Ю. Костенко. – Хабаровск : Изд-во

ДВГУПС, 2008. – 132 с.

23. Кириллова, А.Г. Развитие перевозок скоропортящихся грузов с применением интермодальных контейнерных технологий / А.Г. Кириллова // Экспедирование и логистика. – 2006. – № 1. – С. 28-29.

24. Кириллова, А.Г. Технологии контейнеризации рефрижераторных грузов / А.Г. Кириллова // Экспедирование и логистика. – 2009. – № 4. – С. 22.

25. Ткачев, И.В. Организация работы железнодорожного хладотранспорта России в условиях перехода к рыночной экономике: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Ткачев Игорь Валентинович. – М., 2002. – 189 с.

26. Тертеров, М.Н. Совершенствование использования железнодорожного хладотранспорта в системе непрерывной холодильной цепи: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / Тертеров Михаил Николаевич. – Л., 1976. – 365 с.

27. Мироненко, В.К. Теоретические основы совершенствования условий перевозок скоропортящихся грузов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08, 05.18.14 / Мироненко Виктор Кимович. – СПб., 1992. – 49 с.

28. Рудакова, С.Г. Топливо-энергетические показатели использования энергохолодильного оборудования рефрижераторного подвижного состава и пути их улучшения: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.07 / Рудакова Софья Григорьевна. – М., 1989. – 27 с.

29. Тертеров, М.Н. Определение расчетной температуры наружного воздуха // Холодильная техника. – 1969. – № 11. – С. 36-37.

30. Запара, В.М. Сферы применения различных видов изотермического подвижного состава при перевозке плодов и овощей: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Запара Виктор Мефодиевич. – СПб., 1991. – 24 с.

31. Китаев, Б.Н. Анализ тепlopоступлений в охлаждаемые вагоны и расчеты необходимой холодопроизводительности: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Китаев Борис Наумович. – М., 1963. – 17 с.

32. Лысенко, Н.Е. Исследование некоторых вопросов эксплуатации холодильного оборудования рефрижераторного подвижного состава: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Лысенко Николай Евгеньевич. – М., 1967. – 18 с.

33. Ларин, П.И. Обеспечение сохранности скоропортящихся грузов на основе совершенствования параметров энергохолодильного оборудования (на примере рефрижераторной секции ZB-5): дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Ларин Павел Ильич. – М., 1984. – 177 с.

34. Резер, С.М. Цифровая железная дорога – настоящее и будущее / С.М. Резер, С.Б. Левин, А.В. Резер, А.Ю. Ляхова // Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». – 2019. – № 9. – С. 4-11.

35. Резер, С.М. Транспортировка скоропортящихся пищевых продуктов в инновационном подвижном составе / С.М. Резер, А.В. Резер, С.Б. Левин, И.И. Носырев // Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». – 2019. – № 3. – С. 3-8.

36. Вальт, Э.Б. Вопросы технического обеспечения перевозок скоропортящихся грузов : На примере дорог Урала: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.08 / Вальт Эрвин Брунович. – М., 1978. – 216 с.

37. Вальт, Э.Б. Железнодорожный холодильный транспорт на пути реформирования / Э.Б. Вальт // Холодильная техника. – 2006. – № 2. – С. 40-44.

38. Панферов, В.Н. Хладотранспорт: обеспечение продовольственной безопасности / В.Н. Панферов // Мир транспорта. – 2010. – № 5 (33). – С. 132-135.

39. Панферов В.Н. Возможные методы повышения конкурентоспособности железнодорожного хладотранспорта России / В.Н. Панферов, А.Г. Шаклеин, А.В. Можчеров [и др.] // Труды Семнадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М. : МГУПС (МИИТ). – 2016.

40. Панферов, В.Н. Как рационализировать доставку скоропортящихся грузов из Китая в Россию / В.Н. Панферов, Е.А. Меньших, А.В. Можчеров // Соискатель – Приложение к журналу Мир транспорта. – 2015. – № 1 (9). – С. 77-79.

41. Панферов, В.Н. Технологические основы перевозки плодов и овощей с использованием ингибитора этилена / В.А. Гудковский, Л.В. Кожин, В.Н. Панферов // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 9. – С. 29-31.

42. Панферов, В.Н. Хладотранспорт: Справочное пособие / В.Н. Панферов, Н.Е. Лысенко. – М. : МИИТ, 2009. – 72 с.

43. Справочник-пособие по перевозке скоропортящихся грузов / Под редакцией В.Н. Панферова. – М. : РОО «Техинформ», 2007. – 308 с.
44. Коновалов, В.Л. Совершенствование взаимодействия грузового фронта холодильника со станцией примыкания: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.08 / Коновалов Валерий Леонидович. – М., 1986. – 177 с.
45. Коновалов, В.Л. Современные транспортно-логистические технологии доставки грузов / В.Е. Нутович, Н.Н. Пашков, О.Н. Ларин [и др.]. – М. : ООО «Русайнс», 2021. – 108 с.
46. Коновалов, В.Л. Логистические технологии грузовых перевозок в крупных транспортных холдингах / Н.Е. Лысенко, Н.Ю. Лахметкина, И.В. Щелкунова [и др.]. – М. : ООО «Издательство «КноРус», 2020. – 160 с.
47. Коновалов, В.Л. Новые технологии, повышающие сохранность перевозимых грузов / В.Л. Коновалов, Л.Р. Айсина, А.С. Багров // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы развития транспорта на севере России». – 2015. – № 1. – С. 49-52.
48. Ефимов, В.В. Совершенствование метода расчета предельных сроков перевозки скоропортящихся грузов в вагонах и контейнерах-термосах / В.В. Ефимов // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы управления перевозочным процессом». – 2007. – С. 169-172.
49. Ефимов, В.В. Основные характеристики теплообменных процессов в рефрижераторных транспортных модулях / В.В. Ефимов // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы управления перевозочным процессом». – 2003. – С. 168-172.
50. Ефимов, В.В. Факторы, влияющие на скорость охлаждения плодоовощей при перевозках в рефрижераторных транспортных модулях / В.А. Болотин, В.В. Ефимов, Ж.Р. Кобулов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 3(24). – С. 45-54.
51. Скрипкин, В.В. Исследование основных теплотехнических параметров рефрижераторных вагонов: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.433. – М., 1970. – 22 с.

52. Некрутман, С.В. Исследование вопросов эксплуатации холодильного и силового оборудования изотермического подвижного состава с машинным охлаждением: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Некрутман Самуил Вениаминович. – М., 1959. – 11 с.

53. Иванов, К.В. Характеристики тепло-массообмена через ограждения кузовов рефрижераторных вагонов: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.02 / Иванов Константин Владимирович. – М., 1973. – 171 с.

54. Теймуразов, Н.С. Ускоренные методы оценки коэффициента теплопередачи кузовов изотермических транспортных средств / Н.С. Теймуразов, С.Н. Науменко // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2009. – № 5. – С. 18-21.

55. Барабанщиков, В.Ф. Исследование и разработка бесконтактного способа контроля теплотехнических качеств ограждающих конструкций изотермических вагонов: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.05.02 / Барабанщиков Виталий Федорович. – М., 1973. – 20 с.

56. Иванов, К.В. Оценка точности определения коэффициента теплопередачи ограждения рефрижераторного вагона // Труды ЦНИИ МПС. – М.: Транспорт, 1972. – Вып. 456. – С. 94-99.

57. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2017. – 104 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200146871> (дата обращения: 22.03.2020 г.).

58. Правила исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс]: утв. приказом Минтранса России от 07.08.2015 № 245. URL: <https://base.garant.ru/71351294/> (дата обращения: 06.09.2020 г.).

59. СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»: утв. приказом Минстроя России от 28.11.2018 № 763/пр. – М.: Стандартинформ, 2019. – 114 с.

60. Исаев, А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. – М. : Изд-во

МГУ, 1988. – 244 с.

61. Кобышева, Н.В. Климатологическая обработка метеорологической информации / Н.В. Кобышева, Г.Я. Наровлянский. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 294 с.

62. Хромов, С.П. Метеорология и климатология : [Учеб. для геогр. спец. вузов] / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.

63. Дегтярев, А.С., Драбенко, В.А., Драбенко, В.А. Статистические методы обработки метеорологической информации. Учебник. – СПб : ООО «Андреевский издательский дом», 2015. – 225 с.

64. Сборник работ по гидрологии № 11. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 253 с.

65. Давыдов, Д.О. Алгоритм определения расчетной температуры наружного воздуха для установления условий перевозок скоропортящегося груза железнодорожным транспортом / Д.О. Давыдов // Вестник транспорта Поволжья. – 2019. – № 2(74). – С. 51–59.

66. Свид. 2019660714 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Алгоритм определения расчетной температуры наружного воздуха для установления условий перевозок скоропортящегося груза железнодорожным транспортом (T_EXT_TRANSA) / Д.О. Давыдов; заявитель и правообладатель Давыдов Денис Олегович (RU). – № 2019619792; заявл. 01.08.2019; опубл. 12.08.2019, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

67. Исследование возможности использования модернизированных крытых вагонов (с заменой деревянных деталей кузова на металл) под перевозку различных грузов: отчет о НИР / Ю.М. Ястребова – М., ВНИИЖТ, 1991. – 54 с.

68. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – 2-е изд., стер. – Москва : Энергия, 1977. – 343 с.

69. Комаров, Н.С. Справочник холодильщика. – Киев: Гос. изд-во техн. лит. УССР, 1953. – 396 с.

70. СТ ССФЖТ ЦТ-ЦП 129-2002. Локомотивы, моторвагонный и специальный подвижной состав. Кабины, салоны, служебные и бытовые помещения. Методики испытаний по показателям систем обеспечения микроклимата [Электронный ресурс]: утв. и введен в действие указанием МПС России от 25.06.2003 № Р-634у. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293797/4293797670.htm> (дата обращения: 20.03.2020 г.).

71. Абдуллаев, Б.А. Влияние солнечной радиации на теплопритоки рефрижераторных вагонов и контейнеров / Б.А. Абдуллаев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – № 1. – 2019. – С. 18-24.

72. Поток энергии Солнца и его изменения / [С. Шнейдер, Т. Хольцер, Р. Роубл и др.]; под ред. О. Уайта. – М.: Мир, 1980. – 558 с.

73. ГОСТ Р 53615-2009 (МЭК 60721-2-4:1987). Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Солнечное излучение и температура [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2011. – IV, 11 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082533> (дата обращения: 10.09.2020 г.).

74. Сивков, С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1968. – 231 с.

75. Шакиров, В.А. Методика учета влияния облачности на поток солнечной радиации по данным архивов метеостанций / В.А. Шакиров, А.Ю. Артемьев // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 4 (24). – С. 79-83.

76. Winkworth-Smith, C.G. The impact of reducing food loss in the global cold chain, final report / C.G. Winkworth-Smith, T.J. Foster, W. Morgan. – The University of Nottingham, 2015. – 99 с.

77. Дюбко, А.П. Теплообмен при перевозке скоропортящихся грузов в вагонах-термосах / А.П. Дюбко, Е.А. Крутова // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 5. – С. 50–54.

78. Давыдов, Д.О. Методика определения допустимой продолжительности перевозки скоропортящихся грузов в режиме «термос» с учетом климатических условий на конкретном железнодорожном направлении / Д.О. Давыдов,

В.С. Доренский // Труды ВНИИАС. – 2005. – Выпуск 3. – С. 174-182.

79. Давыдов, Д.О. Теоретические и экспериментальные исследования при разработке условий перевозок новых видов продуктов жировых в режиме «термос» в летний период года / Н.А. Соколова, Е.А. Васюкова, Д.О. Давыдов, В.П. Гольцев, Р.Л. Горчакова // Труды ВНИИАС. – 2007. – Выпуск 7. – С. 261-266.

80. Справочник СПС 2018 [Электронный ресурс]. URL: http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp11/ATP_publication/2017/ATP-2017r_Handbook.pdf (дата обращения: 16.07.2019 г.).

81. Постольски, Я., Груда, З. Замораживание пищевых продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1974. – 607 с.

82. Численные методы: учеб. пособие / А.В. Зенков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 124 с.

83. Интегрирование дифференциальных уравнений. Лекции сост. студентами: В.М. Васильевым и Н.Н. Корзининым под ред. проф. Д.Ф. Егорова / Д.Ф. Егоров. – М.: О-во взаимопомощи студентов математиков, 1909-1910. – 138 с.

84. Давыдов, Д.О. Комплексная методика установления технологии перевозки скоропортящегося груза железнодорожным транспортом / Д.О. Давыдов // Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». – 2020. – № 7. – С. 33–39.

85. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / Е.С. Вентцель. – 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 575 с.

86. Кравченко, Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме : учебное пособие для студентов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям / Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская ; Нац. исслед. Томский политехнический ун-т. – Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 85 с.

87. Розанов, Ю.А. Лекции по теории вероятностей: уч. пособие для вузов. – М.: Наука, 1986. – 120 с.

88. Зайдель, А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – М. ; Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1965. – 80 с.

89. Давыдов, Д.О. Методика расчета общего коэффициента теплопередачи кузова специального транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов / Д.О. Давыдов // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – № 4(78). – С. 249–256.

90. Свид. 2019615905 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Расчет общего коэффициента теплопередачи кузова специального транспортного средства для перевозки скоропортящихся грузов (K_UNC) / Д.О. Давыдов; заявитель и правообладатель Давыдов Денис Олегович (RU). – № 2019614808; заявл. 26.04.2019; опубл. 14.05.2019, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

91. Шейндлин, А.Е. Излучательные свойства твердых материалов. – М.: Энергия, 1974. – 471 с.

92. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1972. – 720 с.

93. Давыдов, Д.О. Методика проведения испытаний по определению изотермических свойств кузова грузовых вагонов, предназначенных для перевозок скоропортящихся грузов, в условиях отсутствия специализированной климатической камеры / Д.О. Давыдов // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 3(79). – С. 171–179.

94. Документ с изложением позиции относительно значений К транспортных средств, находящихся в эксплуатации [Электронный ресурс] / Трансфригорут интернэйшнл. – 2012. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp11/ECE-TRANS-WP11-2012-13r.pdf> (дата обращения: 07.09.2020 г.).

95. ISO 1496-2:2018. Series 1 freight containers – Specification and testing – Part 2: Thermal containers / ISO/TC 104/SC 2. [S. 1.], 2018. – 52 p.

96. Перепон, В.П. Грузовая и коммерческая работа : Орг. и управление : [Учеб. для техникумов ж.-д. трансп.] / В.П. Перепон, П.В. Поликарпочкин. – М. : Транспорт, 1986. – 350 с.

97. Правила приема перевозчиком заявок грузоотправителей на

перевозку грузов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс]: утв. приказом Минтранса России от 27.07.2015 № 228. URL: <https://base.garant.ru/71281416/> (дата обращения: 06.09.2020 г.).

98. Правила заполнения перевозочных документов на перевозку грузов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс]: утв. приказом Минтранса России от 18.06.2003 № 39. URL: <https://base.garant.ru/12131525/> (дата обращения: 06.09.2020 г.).

99. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справ. пособие / [А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красновская, В.С. Уколов]; Под ред. проф. А.С. Гинзбурга. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 223 с.

100. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И.А. Чубик, А.М. Маслов. – 2-е изд., доп. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 184 с.

101. Теплопередача: Учебник для энерг. вузов и фак. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 486 с.

102. Давыдов, Д.О. Технология автоматизированного контроля перевозок скоропортящихся грузов / Д.О. Давыдов, Т.А. Винокурова // Труды восьмой научно-технической конференции Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ). – 2019. – С. 164–168.

Приложение А
(справочное).

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (T_EXT_TRANSA)



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019660714

**«Алгоритм определения расчетной температуры наружного
воздуха для установления условий перевозок
скоропортящегося груза железнодорожным транспортом -
T_EXT_TRANSA»**

Правообладатель: *Давыдов Денис Олегович (RU)*

Автор: *Давыдов Денис Олегович (RU)*



Заявка № **2019619792**

Дата поступления **01 августа 2019 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **12 августа 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Приложение Б

(справочное).

Пример определения расчетной температуры наружного воздуха для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке

Имеем дату предъявления груза к перевозке: 01.07.2019 г. Перевозка груза осуществляется в ВТ со станции Орехово-Зуево (код ЕСП: 23000) на станцию Базаиха (код ЕСП: 89210) грузовой скоростью с нормативным сроком доставки 11 сут. Определим для указанных условий расчетную температуру наружного воздуха.

В соответствии с планом формирования производим построение маршрута перевозки (Рисунок Б.1). Для повышения точности привязки маршрута перевозки к метеостанциям, разбиваем маршрут перевозки на элементарные отрезки длиной 1 км, каждый из которых привязываем к метеостанции, расстояние до которой является кратчайшим (см. параграф 2.2).



Рисунок Б.1 – Результат привязки заданного маршрута перевозки Орехово-Зуево – Базаиха к реперным метеостанциям (в квадратных скобках после названия метеостанции указан ее вес на маршруте перевозки)

Смежные элементарные отрезки, привязанные к одной метеостанции, объединяем и выделяем цветом (см. Рисунок Б.1), определяя временной интервал проследования данной части маршрута перевозки и ее вес (ω_i) (см. параграф 2.2).

Для каждого фрагмента маршрута перевозки, привязанного к конкретной метеостанции, исходя из установленного временного интервала его проследования осуществим выборку значений среднесуточной температуры наружного воздуха за предыдущие 30 лет (для имеющихся на момент написания данных в открытом доступе [9] – с 1988 по 2017 гг.).

Схематическое изображение заданного маршрута перевозки груза с датами и временем расчетного проследования привязанных метеостанций (ось абсцисс, время московское) с указанием расчетных температур наружного воздуха, рассчитанных для обеспеченности (надежности) $p = 0,95$ приведено на Рисунке Б.2. На данном рисунке точками обозначены выбранные значения среднесуточной температуры наружного воздуха за период с 1988 по 2017 гг. В квадратных скобках после наименования метеостанции указано расчетное значение температуры наружного воздуха для i -й метеостанции (t_i), а также ее вес (ω_i).

Результаты определения средневзвешенного значения расчетной температуры наружного воздуха для заданного направления и даты приема груза к перевозке для $p = 0,95$ и $p = 1 - 0,95$, а также фактического средневзвешенного значения температуры наружного воздуха приведены в Таблице Б.1.

Определенное по формуле (2.17) значение расчетной температуры наружного воздуха составило $t_{н,0.95} = +25,1$ °С (при $p = 0,95$) и $t_{н,0.05} = +13,1$ °С (при $p = 0,05$). Фактическое средневзвешенное значение температуры наружного воздуха для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке (за рассматриваемый период 2019 года) составило $t_{н,2019} = +18,3$ °С. Данное значение соответствует условию попадания в расчетный интервал, соответствующий заданной надежности ($t_{н,0.05} \leq t_{н,2019} \leq t_{н,0.95}$), что подтверждает достоверность данных, полученных в соответствии с параграфом 2.2.

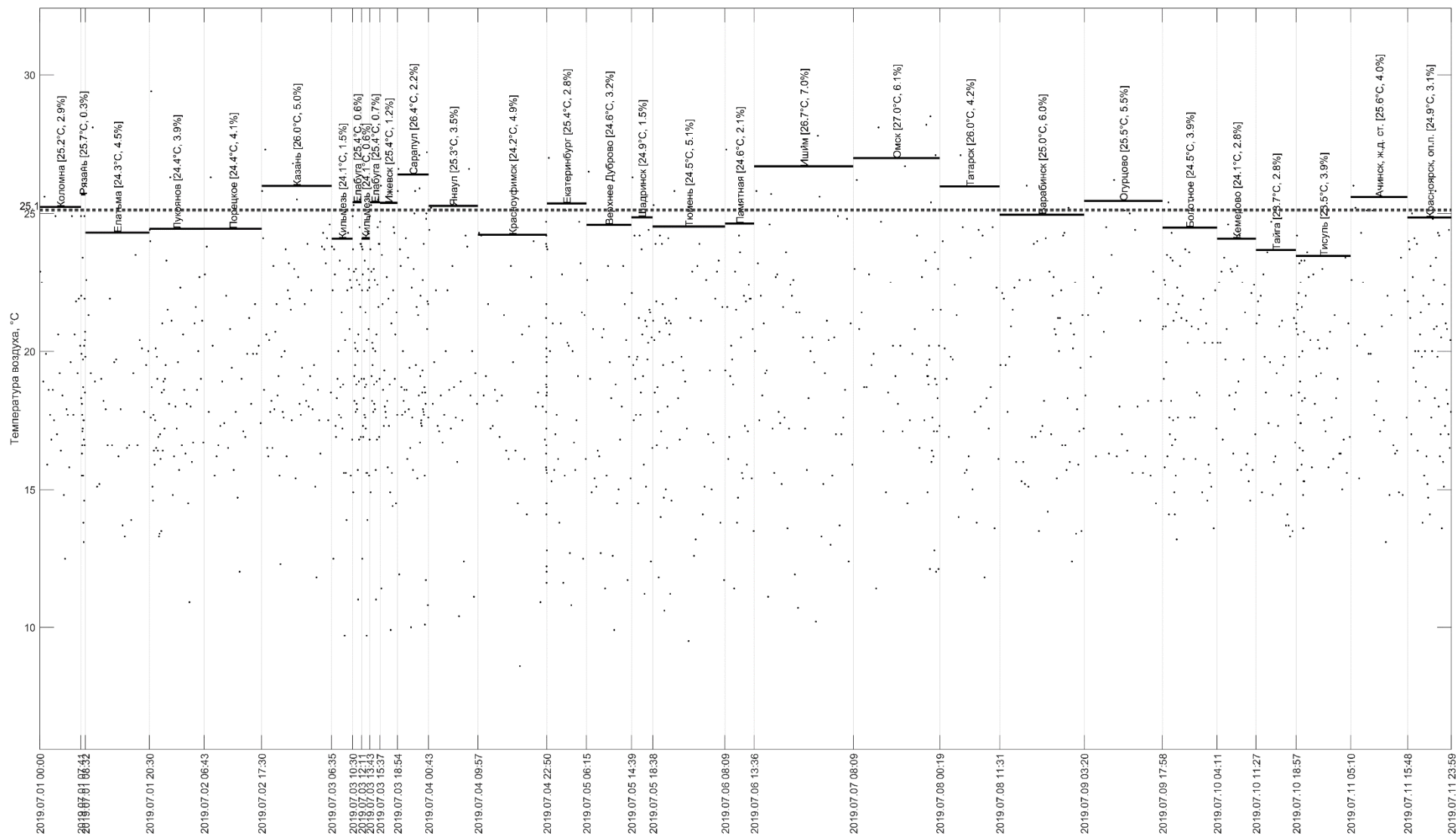


Рисунок Б.2 – Определение расчетной температуры наружного воздуха на направл. Орехово-Зуево – Базаиха ($p = 0,95$)

Таблица Б.1 – Определение расчетной и фактической температуры наружного воздуха на напр. Орехово-Зуево – Базаиха

Метеостанции и расч. временные интервалы их проследования	ω , и ω_{id} , %	Среднесуточное значение температуры наружного воздуха ($t_{mid,y}$), °C, для года (y):																											t_{ni} и t_{mid} , °C (p=0,05)	$(t_{ni}-\omega_i)$, 100 (p=0,05)	t_{ni} и t_{mid} , °C (p=0,95)	$(t_{ni}-\omega_i)$, 100 (p=0,95)	$t_{mid,y=2019}$	$(t_{mid,2019}-\omega_i)$, 100			
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017						
Коломна	2,92																														14,6	0,42	25,2	0,74	18,6	0,54	
2019.07.01, 00:04-07:46	32,08	22,9	22,5	18,9	25,6	19,9	15,9	18,6	17,7	16,8	18,6	17,5	24,9	17,0	20,6	19,2	16,4	18,4	14,8	12,5	17,9	17,7	15,8	19,6	24,9	17,7	20,6	21,8	19,2	21,9	20,2	14,6		25,2		18,6	
Рязань	0,32																														13,8	0,04	25,7	0,08	16,7	0,05	
2019.07.01, 07:50-08:40	3,50	24,9	22,0	18,3	26,6	19,9	15,5	16,3	18,1	16,6	17,7	17,1	23,4	17,2	19,7	18,7	15,5	17,5	13,8	13,1	17,5	16,8	14,6	20,2	24,9	16,6	21,9	20,4	18,5	20,7	19,8	13,8		25,7		16,7	
Елатьма	4,53																														13,6	0,62	24,3	1,10	16,2	0,73	
2019.07.01, 08:48-20:47	49,87	22,6	21,3	19,2	28,1	18,9	15,1	15,2	19,0	18,2	17,9	16,6	21,9	16,6	19,6	19,7	16,2	17,9	13,7	13,3	16,5	16,6	13,9	19,2	23,5	16,6	20,4	20,1	17,8	19,5	20,0	13,6		24,3		16,2	
Лукоянов	3,87																														13,7	0,53	24,4	0,95	18,0	0,70	
2019.07.01, 20:57-00:00	12,64	24,4	24,0	17,6	29,4	18,7	15,1	14,6	17,7	16,4	15,9	17,5	20,1	16,5	19,8	19,0	16,4	16,9	13,3	13,4	17,0	16,1	13,5	18,5	21,0	16,4	18,9	18,6	17,2	19,0	19,5	13,4		25,4		15,3	
2019.07.02, 00:00-07:11	29,93	23,3	21,5	18,1	26,3	21,1	14,8	16,2	18,0	17,2	19,6	15,7	22,3	16,6	20,6	18,6	16,3	18,1	14,5	10,9	18,0	16,0	16,7	21,0	21,6	18,6	20,0	22,7	19,0	21,1	16,7	13,9		24,0		19,2	
Поречкое	4,08																														14,1	0,57	24,5	1,00	16,9	0,69	
2019.07.02, 07:18-18:05	44,91	22,8	23,8	17,8	26,3	20,2	15,5	16,2	16,6	17,3	18,9	17,4	22,0	16,5	20,8	19,4	15,7	17,8	14,7	12,0	19,0	17,1	16,9	19,9	21,2	18,1	19,9	21,7	19,9	20,2	17,4	14,1		24,5		16,9	
Казань	4,96																														14,7	0,73	26,0	1,29	19,6	0,97	
2019.07.02, 18:16-00:00	23,85	25,8	24,1	18,6	27,3	20,6	16,5	16,2	20,4	17,8	18,2	16,5	23,1	17,9	20,7	21,7	18,4	19,1	15,5	12,3	19,8	17,8	17,6	20,0	23,7	16,2	22,2	23,2	21,9	21,5	17,5	15,0		26,3		18,9	
2019.07.03, 00:00-07:21	30,68	26,8	23,0	15,4	25,5	22,7	18,1	17,7	19,4	18,8	21,7	18,2	23,9	18,0	19,1	22,2	17,9	19,5	15,1	11,8	18,6	17,5	16,3	23,8	24,3	23,7	23,2	24,1	17,5	24,6	18,5	14,5		25,8		20,2	
Кильмезь	1,48																														12,0	0,18	24,1	0,36	19,3	0,29	
2019.07.03, 07:29-11:24	16,33	23,8	22,2	12,5	23,7	22,8	17,3	16,9	18,3	19,0	20,0	17,7	23,3	18,7	17,6	21,4	17,2	18,8	15,6	9,7	20,4	15,6	13,9	22,2	24,3	23,0	20,8	22,6	15,5	22,3	16,8	12,0		24,1		19,3	
Елабуга	0,64																														14,3	0,09	25,4	0,16	17,2	0,11	
2019.07.03, 11:28-13:09	7,00	24,9	23,7	14,9	25,3	22,9	19,1	18,2	20,3	19,5	20,1	17,8	23,0	18,8	18,1	22,6	17,9	20,0	15,7	11,0	20,6	18,9	16,8	22,4	24,5	25,5	21,6	23,9	16,9	23,9	19,0	14,3		25,4		17,2	
Кильмезь	0,58																														12,0	0,07	24,1	0,14	19,3	0,11	
2019.07.03, 13:05-14:37	6,42	23,8	22,2	12,5	23,7	22,8	17,3	16,9	18,3	19,0	20,0	17,7	23,3	18,7	17,6	21,4	17,2	18,8	15,6	9,7	20,4	15,6	13,9	22,2	24,3	23,0	20,8	22,6	15,5	22,3	16,8	12,0		24,1		19,3	
Елабуга	0,72																														14,3	0,10	25,4	0,18	17,2	0,12	
2019.07.03, 14:41-16:35	7,87	24,9	23,7	14,9	25,3	22,9	19,1	18,2	20,3	19,5	20,1	17,8	23,0	18,8	18,1	22,6	17,9	20,0	15,7	11,0	20,6	18,9	16,8	22,4	24,5	25,5	21,6	23,9	16,9	23,9	19,0	14,3		25,4		17,2	
Ижевск	1,25																														11,2	0,14	25,4	0,32	18,6	0,23	
2019.07.03, 16:40-19:57	13,71	24,7	26,0	11,4	23,5	21,7	18,6	17,3	19,3	18,0	17,8	17,6	22,7	18,2	15,8	21,9	17,3	18,8	14,9	9,9	21,0	15,6	14,4	22,2	24,5	24,3	19,0	20,6	14,5	21,4	17,7	11,2		25,4		18,6	
Сарапул	2,20																														11,4	0,25	26,4	0,58	19,3	0,42	
2019.07.03, 19:59-00:00	16,73	25,8	26,6	11,9	23,7	23,1	18,7	17,7	20,0	18,2	18,6	17,8	24,1	18,6	16,1	23,4	17,9	19,4	16,5	10,0	22,3	17,6	15,7	23,0	25,0	25,8	19,5	21,6	15,4	21,3	18,4	11,6		26,2		19,2	
2019.07.04, 00:00-01:47	7,47	27,1	25,9	16,7	19,1	22,0	17,4	17,5	17,3	17,3	18,5	19,3	22,6	17,9	17,8	23,9	17,7	18,7	15,5	10,1	18,5	18,1	11,7	24,8	25,0	27,2	20,8	21,8	10,8	21,7	17,6	10,8		26,8		19,4	
Янаул	3,50																														10,9	0,38	25,3	0,88	18,7	0,65	
2019.07.04, 01:52-11:06	38,49	24,4	25,2	18,1	19,6	22,2	17,3	17,1	18,4	16,7	17,7	20,0	22,2	18,6	17,2	23,1	18,7	17,6	16,0	10,4	18,9	17,5	12,4	24,2	23,8	26,6	18,4	20,0	11,1	19,2	18,1	10,9		25,3		18,7	
Краснофимск	4,88																														10,6	0,52	24,2	1,18	19,3	0,94	
2019.07.04, 11:18-00:00	52,91	24,3	24,2	18,4	19,1	21,7	17,2	17,3	18,6	18,2	16,9	18,4	21,3	16,4	16,1	23,1	19,6	16,4	14,5	8,6	20,6	16,1	14,1	20,9	22,7	24,0	18,0	18,5	10,9	18,0	16,8	10,6		24,2		19,4	
2019.07.05, 00:00-00:10	0,75	23,9	24,7	21,2	16,3	18,8	15,8	17,8	17,2	15,7	14,1	20,1	21,7	14,5	16,6	24,2	20,5	18,4	11,6	12,2	19,8	14,5	12,0	18,4	19,1	23,8	19,6	18,7	12,8	18,5	15,6	11,8		24,3		15,7	
Екатеринбург	2,81																														11,4	0,32	25,4	0,71	18,4	0,52	
2019.07.05, 00:22-07:47	30,91	23,7	27,0	20,0	15,3	21,0	15,7	17,0	17,7	16,1	13,8	21,0	22,8	11,6	15,5	25,1	20,3	20,2	12,7	10,8	20,0	16,7	15,7	17,5	19,1	24,7	23,2	21,4	12,5	21,3	16,1	11,4		25,4		18,4	
Верхнее Дуброво	3,18																														10,8	0,34	24,6	0,78	17,5	0,56	
2019.07.05, 07:49-16:12	34,99	22,6	26,5	19,0	14,9	20,8	15,4	15,1	16,4	16,2	12,7	20,5	20,8	11,																							

Продолжение Таблицы Б.1

Метеостанции и расч. временные интервалы их проследования	ω_i и $\omega_{\text{ид}}$, %	Среднесуточное значение температуры наружного воздуха ($t_{\text{mid},y}$), °C, для года (y):																												$t_{\text{ни}}$ и t_{mid} , °C ($p=0,05$)	$\frac{(t_{\text{ни}} \cdot \omega_i)}{100}$ ($p=0,05$)	$t_{\text{ни}}$ и t_{mid} , °C ($p=0,95$)	$\frac{(t_{\text{ни}} \cdot \omega_i)}{100}$ ($p=0,95$)	$t_{\text{mid},y=2019}$	$\frac{(t_{\text{mid},2019} \cdot \omega_i)}{100}$				
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017								
2019.07.08, 00:00-02:42	11,29	23,3	28,2	19,5	19,1	14,9	19,1	18,8	20,2	19,7	12,1	28,5	25,4	16,0	16,4	17,6	21,5	16,2	17,1	12,8	23,6	19,0	27,1	12,0	18,8	17,1	18,3	23,0	12,1	20,2	17,3	11,9		28,1		20,0			
Татарск	4,24																														13,2	0,56	26,0	1,10	20,3	0,86			
2019.07.08, 02:52-14:04	46,66	21,5	24,0	20,1	19,0	16,9	19,8	19,7	22,4	21,3	14,0	27,1	24,5	15,6	15,7	16,2	23,4	15,0	17,8	13,8	24,4	18,0	24,2	11,8	18,3	17,2	18,7	24,5	13,6	22,3	16,1	13,2		26,0		20,3			
Барабинск	5,99																														13,6	0,81	25,0	1,50	19,6	1,17			
2019.07.08, 14:14-00:00	40,67	19,5	22,1	21,9	19,5	17,8	19,8	20,9	21,5	22,3	16,0	25,1	22,6	15,3	16,0	15,2	26,0	15,1	22,6	16,9	23,9	16,9	24,0	13,5	17,1	17,3	18,2	24,1	14,2	22,9	17,0	13,9		25,2		19,8			
2019.07.09, 00:00-06:03	25,24	22,0	22,7	20,8	20,6	15,4	21,2	20,0	21,2	22,2	16,6	24,2	24,3	16,6	15,7	18,3	25,2	16,0	21,0	12,4	20,1	20,6	22,5	13,4	17,9	15,9	17,1	19,4	13,5	21,3	17,2	13,0		24,6		19,3			
Огурцово	5,54																														14,9	0,83	25,5	1,41	21,1	1,17			
2019.07.09, 06:21-20:59	60,95	18,4	21,3	19,8	22,7	16,2	22,1	22,3	20,7	24,5	16,3	23,5	26,2	16,2	18,0	17,0	25,1	16,4	25,0	15,6	24,4	18,0	21,1	15,6	16,2	18,2	15,5	22,9	14,5	21,9	18,2	14,9		25,5		21,1			
Болотное	3,87																														14,1	0,55	24,5	0,95	18,5	0,71			
2019.07.09, 21:05-00:00	12,14	20,8	20,9	19,0	22,6	15,8	22,4	20,9	19,6	23,5	16,2	21,7	25,4	14,1	17,6	17,0	23,4	18,2	24,3	16,6	23,3	17,5	21,1	14,9	14,1	16,8	15,5	21,4	13,2	22,3	17,6	13,5		24,7		20,6			
2019.07.10, 00:00-07:18	30,44	21,7	23,1	21,2	22,0	16,1	23,7	21,1	20,3	23,6	17,6	20,9	25,5	17,6	16,1	18,5	20,8	18,4	21,5	14,9	21,9	20,3	21,0	14,6	15,9	15,6	15,1	20,3	13,6	22,2	17,2	14,3		24,4		17,6			
Кемерово	2,76																														14,9	0,41	24,1	0,66	18,2	0,50			
2019.07.10, 07:25-14:42	30,33	20,3	22,5	20,3	22,9	16,8	23,4	19,7	20,8	24,6	18,4	23,0	22,9	16,3	17,9	18,5	23,1	18,9	24,2	15,7	22,5	19,7	21,4	15,9	16,3	15,3	14,6	22,1	15,7	22,4	17,0	14,9		24,1		18,2			
Тайга	2,84																														13,4	0,38	23,7	0,67	15,9	0,45			
2019.07.10, 14:39-22:09	31,20	21,0	21,8	21,3	22,0	14,9	22,8	19,8	18,5	23,6	17,4	19,6	24,7	14,8	16,0	16,2	19,2	17,3	20,9	15,2	21,1	19,5	19,8	13,7	14,1	13,7	13,3	18,4	13,5	21,2	16,7	13,4		23,7		15,9			
Тисуль	3,87																														15,3	0,59	23,5	0,91	17,7	0,68			
2019.07.10, 22:19-00:00	6,95	21,0	20,8	21,7	24,2	15,7	21,5	20,6	17,7	22,1	18,5	19,8	23,2	16,5	18,9	17,4	22,5	17,4	23,3	15,9	21,6	18,2	20,0	16,4	14,8	13,6	15,3	20,7	15,3	23,3	18,3	14,7		23,7		18,0			
2019.07.11, 00:00-08:33	35,63	22,0	23,6	22,7	20,4	15,8	22,8	18,1	19,1	20,4	20,1	19,2	23,0	17,5	17,1	20,1	15,8	20,7	17,6	16,1	21,3	18,3	19,0	16,3	16,3	15,0	16,8	23,4	15,6	21,0	16,9	15,4		23,4		17,6			
Ачинск, ж.д. ст.	4,03																														13,8	0,56	25,6	1,03	18,0	0,73			
2019.07.11, 08:41-19:20	44,33	22,6	26,0	25,2	20,2	15,4	24,3	22,5	20,6	25,1	19,9	19,9	25,1	17,7	18,2	18,9	17,1	20,9	17,5	13,1	22,0	14,8	21,3	16,6	16,3	16,4	14,9	23,4	14,8	22,2	17,6	13,8		25,6		18,0			
Красноярск, оп.п.	3,10																														14,4	0,45	24,9	0,77	19,1	0,59			
2019.07.11, 19:29-00:00	18,81	21,8	24,0	23,7	21,2	17,0	25,0	22,7	19,4	24,1	20,0	18,9	23,9	16,4	20,0	18,2	20,6	21,4	19,8	13,8	22,0	15,5	20,0	18,7	16,2	15,2	14,7	21,7	14,1	23,1	17,6	14,1		24,6		19,2			
2019.07.12, 00:00-03:40	15,31	20,0	24,8	22,6	20,8	18,3	25,8	23,4	20,9	19,8	24,3	18,0	24,2	16,2	17,0	20,5	13,6	21,7	16,0	15,1	22,4	17,3	21,0	18,6	20,8	18,1	17,0	24,4	16,5	20,4	17,8	14,7		25,2		18,9			
ИТОГО																																		13,1		25,1		18,3	

Приложение В

(справочное).

Пример определения расчетной температуры воздуха внутри кузова крытого вагона с подтверждением достоверности расчетных данных

Имеем:

Расчетная дата: YYYY := 2019 MM := 7 DD := 1

Географическая широта места, где проводились исследования по температуре воздуха в порожних УКВ (Ашхабад):

$$LAT := 37 + \frac{57}{60} = 37.95$$

Расчетная скорость УКВ (на стоянке), км/ч: v := 0

Расчетный угол, определяющий среднее положение боковой стены УКВ относительно меридиана, град:

$$\nu := 90$$

Теплофизические константы:

Расчетные удельные теплоемкости, кДж/(кг·K):

- сталь: c_сталь := 0.45 - фанера: c_фанера := 1.10

- дерево: c_дерево := 1.70 - воздух: c_возд := 1.07

Расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·K):

- сталь: λ_сталь := 58 - дерево: λ_дерево := 0.23 - фанера: λ_фанера := 0.29

Расчетные плотности, кг/м³:

- сталь: ρ_сталь := 7800 - фанера: ρ_фанера := 800

- дерево: ρ_дерево := 700 - воздух: ρ_воздух := 1.2

Расчетные параметры кузова УКВ длиной 13 м (за основу принят УКВ модели 11-270):

Наружные размеры, м:

- длина: L_н := 13.870 - ширина: B_н := 2.790

- высота по боковой стене: H_н := 2.846

- высота по центральной продольной оси: HH_н := 3.457

Площади поверхностей кузова УКВ, м²:

$$\begin{aligned} \text{- крыша: } F_{\text{кр}} := L_{\text{н}} \cdot 2 \cdot \left[\left(\frac{B_{\text{н}}}{2} \right)^x + (HH_{\text{н}} - H_{\text{н}})^x \right]^{\frac{1}{x}} &= 45.487 \quad x \equiv \frac{\ln(2)}{\ln\left(\frac{\pi}{2}\right)} \end{aligned}$$

- боковая стена: $F_{\text{ст}} := L_{\text{н}} \cdot H_{\text{н}} = 39.474$

- пол: $F_{\text{пол}} := L_{\text{н}} \cdot B_{\text{н}} = 38.697$

Толщина слоев ограждающих конструкций кузова расчетного УКВ, м:

- крыша и стены: $\delta_{\text{крст}} := \begin{pmatrix} 0.003 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ - пол: $\delta_{\text{пол}} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.055 \\ 0 \end{pmatrix}$ сталь
дерево
фанера

Коэффициенты теплопроводности слоев ограждающих конструкций кузова УКВ, Вт/(м·К):

- крыша и стены: $\lambda_{\text{крст}} := \begin{pmatrix} \lambda_{\text{сталь}} \\ \lambda_{\text{дерево}} \\ \lambda_{\text{фанера}} \end{pmatrix}$ - пол: $\lambda_{\text{пол}} := \begin{pmatrix} \lambda_{\text{сталь}} \\ \lambda_{\text{дерево}} \\ \lambda_{\text{фанера}} \end{pmatrix}$

Массы частей кузова УКВ, подверженные воздействию излучения, кг:

$$G_z := \begin{bmatrix} [(F_{\text{кр}} + F_{\text{ст}}) \cdot \delta_{\text{крст}0} \dots] \cdot \rho_{\text{сталь}} \\ + F_{\text{пол}} \cdot \delta_{\text{пол}0} \\ [(F_{\text{кр}} + F_{\text{ст}}) \cdot \delta_{\text{крст}1} \dots] \cdot \rho_{\text{дерево}} \\ + F_{\text{пол}} \cdot \delta_{\text{пол}1} \\ [(F_{\text{кр}} + F_{\text{ст}}) \cdot \delta_{\text{крст}2} \dots] \cdot \rho_{\text{фанера}} \\ + F_{\text{пол}} \cdot \delta_{\text{пол}2} \end{bmatrix} \quad G_{\text{ww}} := \sum G_z = 3478$$

Удельные теплоемкости частей кузова УКВ, подверженных воздействию излучения, кДж/(кг·К):

$$C_z := \begin{pmatrix} c_{\text{сталь}} \\ c_{\text{дерево}} \\ c_{\text{фанера}} \end{pmatrix} \quad c_{\text{ww}} := \frac{\sum (G_z \cdot C_z)}{G} = 0.985$$

Полный объем кузова УКВ, м³: $V_{\text{к}} := 122$

Расчетная масса воздуха в кузове УКВ, кг: $G_{\text{возд}} := V_{\text{к}} \cdot c_{\text{возд}} = 131$

Коэффициент поглощения солнечного излучения наружной поверхностью крыши и боковой стены УКВ:

$$a_{\text{s_крст}} := 0.8$$

Коэффициент поглощения длинноволнового излучения от нагретой поверхности железнодорожного полотна наружной поверхностью пола УКВ:

$$a_{\text{s_пол}} := 0.9$$

Коэффициенты длинноволнового излучения с поверхностями кузова УКВ:

- крыша и боковые стены: $\epsilon_{0_{\text{крст}}} := 0.91$

- пол: $\varepsilon_{0_пол} := 0.91$

Коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности кузова к воздуху в УКВ, Вт/(м²·К):

- крыша и боковые стены: $\alpha_{в_крст} := 8$

- пол: $\alpha_{в_пол} := 8$

Расчетные параметры окружающей среды:

Прозрачность атмосферы: $P := 0.85$

Температура наружного воздуха, °С: $t_{н} := 36.6 - \frac{17}{2} = 28.1$

Расчетный коэффициент ослабления интенсивности солнечного излучения вследствие облачности:

$$k_{обл} := 1$$

Определение коэффициента теплоотдачи поверхностей кузова УКВ

Температурный фактор излучения: $\beta := 0.04 \cdot \left(\frac{t_{н} + 273}{100} \right)^3 = 1.092$

Коэффициенты теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К):

- крыши и стен УКВ: $\alpha_{с_крст} := \beta \cdot \varepsilon_{0_крст} \cdot 5.67 = 5.634$

- пола УКВ: $\alpha_{с_пол} := \beta \cdot \varepsilon_{0_пол} \cdot 5.67 = 5.634$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К): $\alpha_{к} := 9 + 3.5 \cdot v^{0.66} = 9.0$

Коэффициент теплоперевода конвекцией и излучением, Вт/(м²·К):

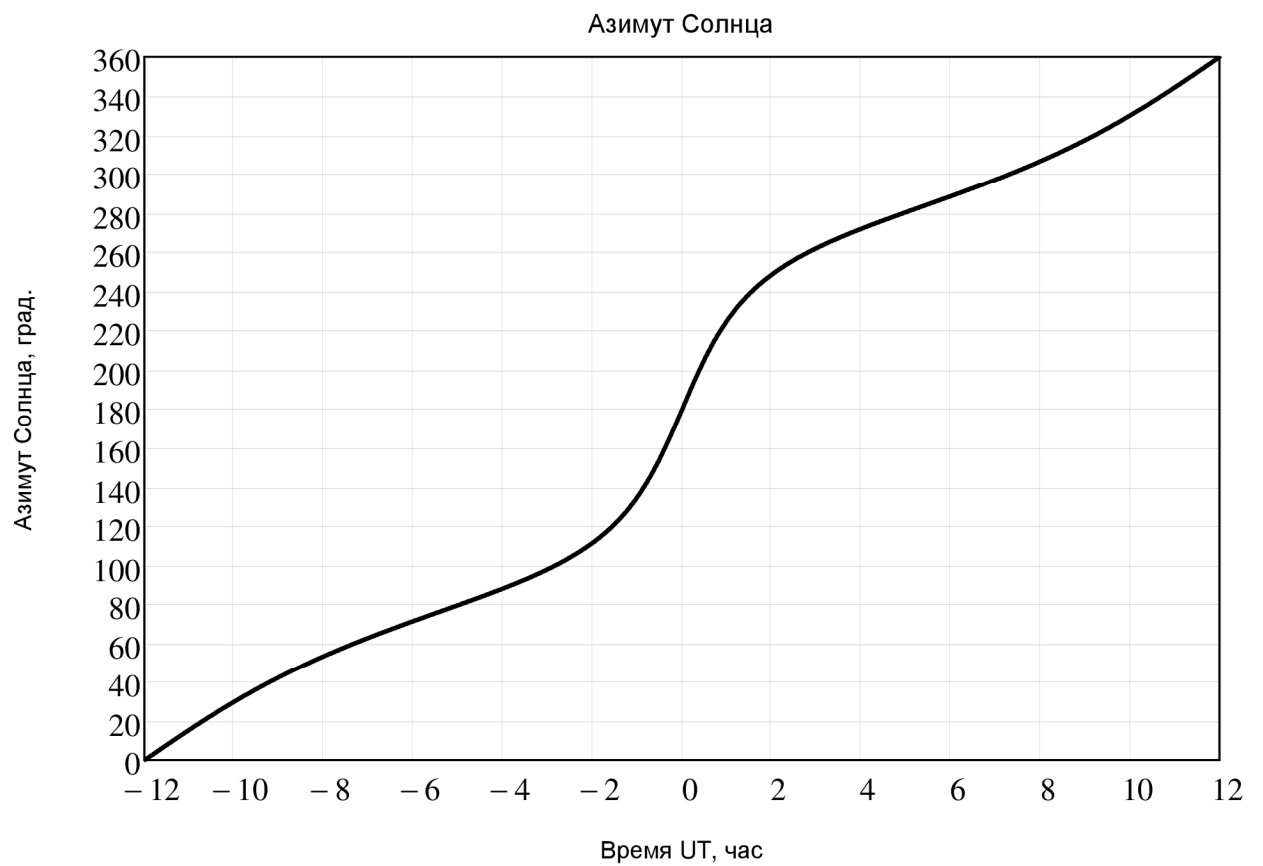
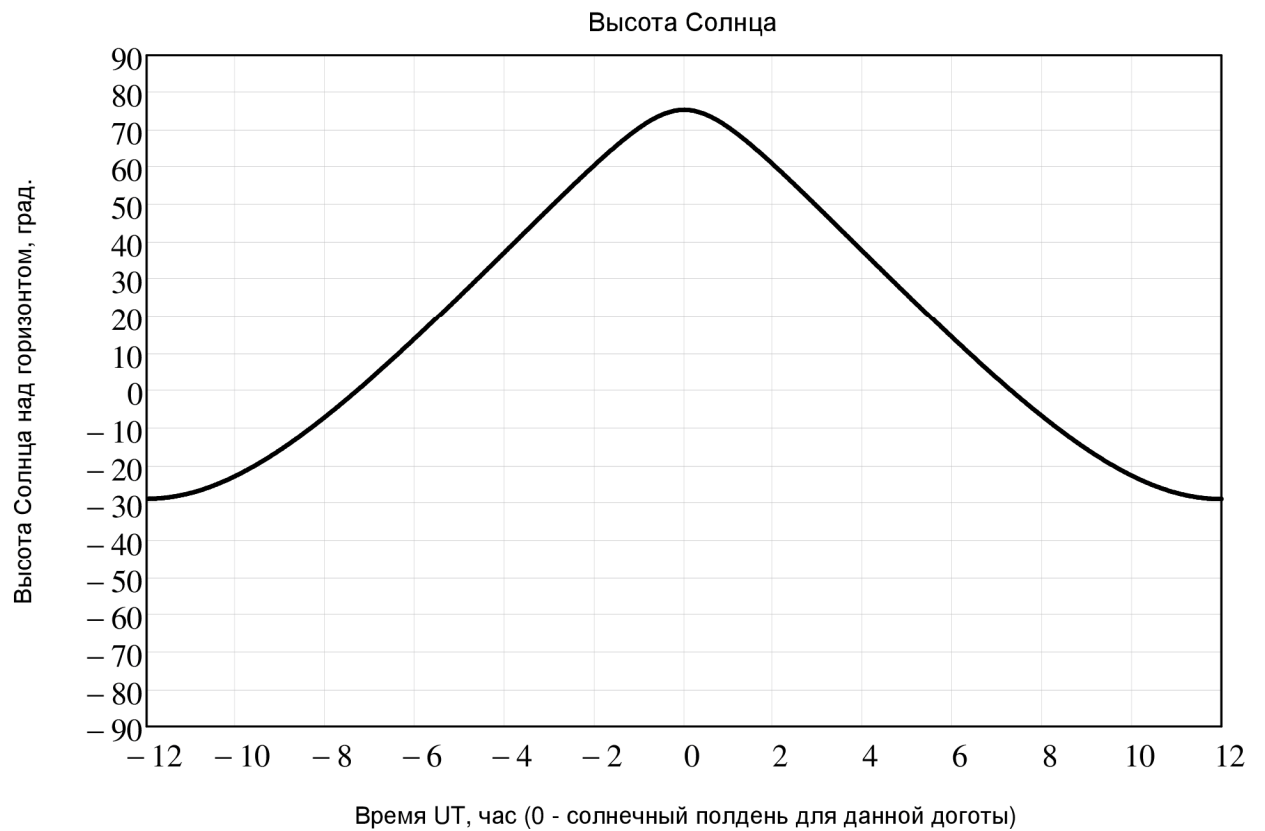
- крыши и стен УКВ: $\alpha_{н_крст} := \alpha_{с_крст} + \alpha_{к} = 14.634$

- пола УКВ: $\alpha_{н_пол} := \alpha_{с_пол} + \alpha_{к} = 14.634$

Определение коэффициента теплопередачи, Вт/(м²·К):

- крыши и стен УКВ: $K_{крст} := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{н_крст}} + \sum \frac{\delta_{крст}}{\lambda_{крст}} + \frac{1}{\alpha_{в_крст}}} = 5.17$

- пола УКВ: $K_{пол} := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{н_пол}} + \sum \frac{\delta_{пол}}{\lambda_{пол}} + \frac{1}{\alpha_{в_пол}}} = 2.31$

Движение Солнца:

Время (в UT) восхода (t_v) и захода (t_z) Солнца:

$$t_v := \text{root}(h(UT), UT, -12, 0) = -7.3 \quad t_z := \text{root}(h(UT), UT, 0, 12) = 7.3$$

Интенсивность излучения

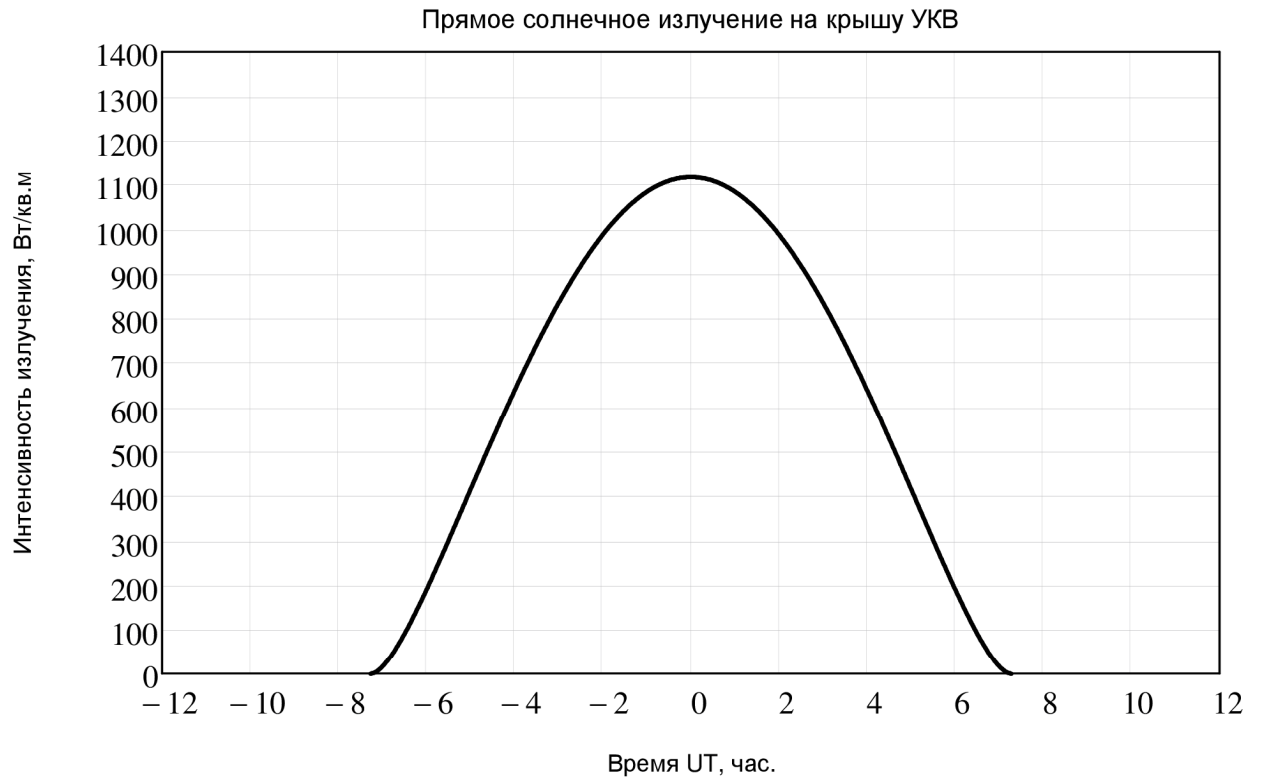
1. Интенсивность солнечного излучения, падающего на перпендикулярную потоку поверхность, Вт/м²:

$$J_{\text{п}}(UT) := 1367 \cdot \frac{P \cdot \sin(h(UT))}{1 - P \cdot (1 - \sin(h(UT)))} \cdot k_{\text{обл}}$$



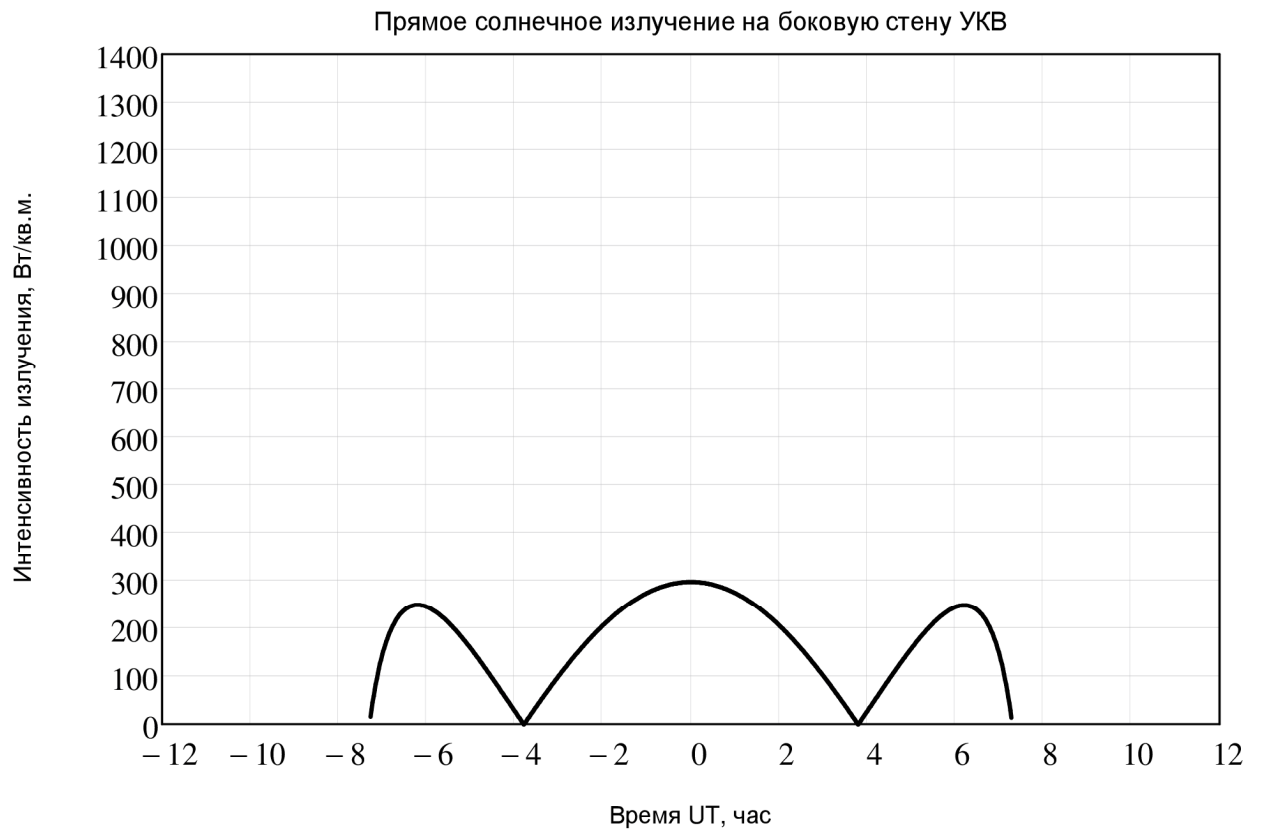
2. Интенсивность солнечного излучения, падающего на крышу УКВ (скруглением крыши пренебрегаем), Вт/м²:

$$J_{\text{кр}}(UT) := J_{\text{п}}(UT) \cdot \sin(h(UT))$$



3. Интенсивность солнечного излучения на боковую стену УКВ, Вт/м²:

$$J_{\text{ст}}(UT) := J_{\text{п}}(UT) \cdot \cos(h(UT)) \cdot \sin\left(A(UT) - \nu \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$



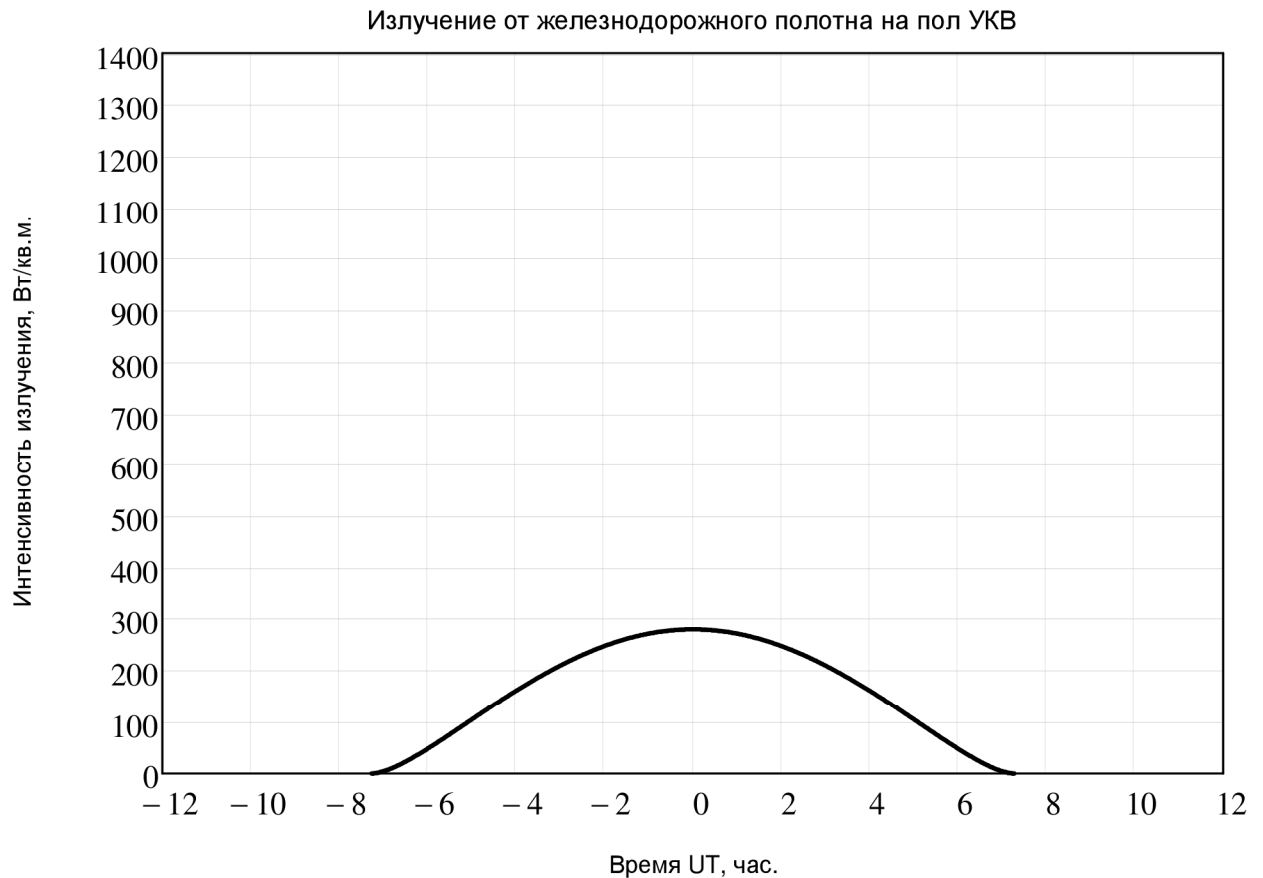
4. Средняя интенсивность солнечного излучения, воздействующего на крышу и боковую стену УКВ в пиковый час $[-0.5; 0.5]$, Вт/кв.м.:

$$J_{\text{крст_ср}} := \begin{cases} 0 & \text{if } h(0) \leq 0 \\ \frac{\int_{-0.5}^{0.5} (J_{\text{кр}}(UT) \cdot F_{\text{кр}} + |J_{\text{ст}}(UT)| \cdot F_{\text{ст}}) dUT}{1 \cdot (F_{\text{кр}} + F_{\text{ст}})} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$J_{\text{крст_ср}} = 733.6$$

5. Средняя интенсивность теплового (длинноволнового) излучения, воздействующего на пол УКВ, Вт/кв.м.:

$$J_{\text{пол_ср}} := 0.25 \cdot \begin{cases} 0 & \text{if } h(0) \leq 0 \\ \frac{\int_{-0.5}^{0.5} J_{\text{кр}}(UT) dUT}{1} & \text{otherwise} \end{cases} \quad J_{\text{пол_ср}} = 278.6$$



Расчетные теплопритоки

1. От солнечного излучения, воздействующего на боковые стены и крышу, Вт:

$$Q_{\text{крст}} := K_{\text{крст}} \cdot (F_{\text{кр}} + F_{\text{ст}}) \cdot J_{\text{крст_ср}} \cdot \frac{a_{\text{s_крст}}}{\alpha_{\text{n_крст}}} = 17618$$

2. От теплового излучения, воздействующего на пол УКВ, Вт:

$$Q_{\text{пол}} := K_{\text{пол}} \cdot F_{\text{пол}} \cdot J_{\text{пол_ср}} \cdot \frac{a_{\text{s_пол}}}{\alpha_{\text{n_пол}}} = 1533$$

Расчетное повышение температуры воздуха в УКВ, °С:

$$\Delta t_{\text{в_ср}} := \frac{(Q_{\text{крст}} + Q_{\text{пол}}) \cdot 3.6}{G \cdot c + G_{\text{возд}} \cdot c_{\text{возд}}} = 19.3$$

Максимальная температура воздуха внутри кузова УКВ, °С:

$$t_{\text{в}} := t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{в_ср}} = 47.4$$

Сравним полученный результат с экспериментальными данными Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта, полученными при исследованиях температуры в порожних УКВ, в том числе с цельнометаллическим кузовом, на участке Чарджоу – Ашхабад. При испытаниях замерялась температура воздуха в различных точках кузова УКВ, наружного воздуха. При проведении эксперимента двери и люки УКВ были закрыты, щели в дверных проемах и люковых отверстиях не уплотнялись. Исследования температуры осуществлялись, в частности, при стоянке вагонов на станциях Чарджоу и Ашхабад, где обеспечивалось непрерывное воздействие солнечного излучения.

При проведении исследований было установлено, что при изменении температуры наружного воздуха в течение суток на 17 °С, температура воздуха внутри цельнометаллического вагона изменялась на 28 °С. При этом максимальная температура воздуха внутри УКВ с цельнометаллическим кузовом достигала плюс 46 °С, что на 10 °С превышало максимальную температуру наружного воздуха. Значение среднесуточной температуры наружного воздуха составило при этом плюс 28,1 °С.

Полученное расчетное значение максимальной температуры воздуха внутри цельнометаллического кузова УКВ (плюс 47,4 °С) соответствует экспериментальным данным (плюс 46 °С); разница может быть обусловлена определенными принятыми в расчете константами (например, степенью прозрачности атмосферы), а также принятыми размерами кузова УКВ. Хорошая сходимость расчетных и экспериментальных значений температуры воздуха внутри кузова УКВ доказывает высокую достоверность получаемых данных, что позволяет определить расчетные повышения температуры воздуха внутри кузова УКВ для широт нахождения различных российских железных дорог (а также отдельных их участков) при нулевой облачности (см. Таблицу В.1).

Таблица В.1 – Результаты определения расчетного повышения температуры воздуха в УКВ (на базе модели 11-280)

Дороги и участки дорог	Средн. широта	Тип данных	Расчетное повышение температуры воздуха внутри кузова УКВ, °С											
			Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Восточно-Сибирская ж.д. (участок Лена-Восточная – Хани)	56,3536	ср. за день	3,9	6,8	9,8	12,0	13,1	13,3	13,1	12,2	10,5	7,8	4,7	3,0
		пик. час	11,6	15,0	17,7	19,1	19,3	19,1	19,0	18,7	17,9	15,8	12,5	10,2
Восточно-Сибирская ж.д. (кроме участка Лена- Восточная – Хани)	53,8388	ср. за день	4,7	7,4	10,3	12,3	13,3	13,5	13,4	12,6	10,9	8,3	5,5	3,8
		пик. час	12,7	15,7	18,1	19,1	19,2	19,0	19,0	18,9	18,2	16,4	13,6	11,5
Горьковская ж.д.	56,6855	ср. за день	3,8	6,6	9,6	11,8	12,8	13,1	12,9	12,0	10,3	7,6	4,6	2,9
		пик. час	11,2	14,7	17,4	18,7	18,9	18,9	18,9	18,5	17,6	15,4	12,2	9,8
Дальневосточная ж.д. (о. Сахалин)	48,6194	ср. за день	6,2	8,7	11,3	13,3	14,1	14,2	14,1	13,3	11,7	9,4	6,8	5,3
		пик. час	14,7	17,2	18,9	19,6	19,3	18,8	18,9	19,0	18,7	17,4	15,2	13,7
Дальневосточная ж.д. (участки Хани – Дипкун, Дипкун – Комсомольск- на-Амуре, Штурм-Алдан)	53,8558	ср. за день	4,7	7,5	10,3	12,4	13,4	13,6	13,4	12,6	10,9	8,4	5,5	3,9
		пик. час	12,8	16,0	18,2	19,2	19,3	19,0	19,0	19,0	18,2	16,4	13,7	11,6
Дальневосточная ж.д. (кроме перечисленных выше участков)	46,8924	ср. за день	6,7	9,1	11,6	13,2	14,1	14,2	14,1	13,4	12,0	9,8	7,3	5,8
		пик. час	15,5	17,6	19,0	19,3	19,0	18,5	18,7	18,9	18,8	17,7	15,8	14,4
Забайкальская ж.д.	51,8267	ср. за день	5,4	8,0	10,7	12,6	13,6	13,7	13,6	12,8	11,2	8,8	6,1	4,5
		пик. час	13,8	16,5	18,4	19,1	19,2	18,7	18,9	18,9	18,4	16,8	14,4	12,6
Западно-Сибирская ж.д.	54,4568	ср. за день	4,5	7,2	10,1	12,1	13,1	13,4	13,3	12,4	10,7	8,1	5,2	3,6
		пик. час	12,3	15,5	17,9	18,9	19,0	18,9	18,9	18,7	17,9	16,0	13,2	11,1
Куйбышевская ж.д.	53,9090	ср. за день	4,6	7,3	10,2	12,2	13,2	13,4	13,2	12,4	10,8	8,2	5,4	3,7
		пик. час	12,5	15,6	17,9	18,9	19,0	18,8	18,8	18,6	17,9	16,2	13,4	11,3
Калининградская ж.д.	54,7346	ср. за день	4,3	7,0	9,9	12,0	13,2	13,4	13,2	12,4	10,6	8,0	5,1	3,4

Продолжение Таблицы В.1

Дороги и участки дорог	Средн. широта	Тип данных	Расчетное повышение температуры воздуха внутри кузова УКВ, °С											
			Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
		пик. час	11,9	15,1	17,6	18,8	19,1	18,9	18,9	18,7	17,9	15,9	13,0	10,7
Красноярская ж.д.	55,5497	ср. за день	4,1	6,9	9,8	12,0	13,1	13,3	13,1	12,3	10,5	7,8	4,9	3,2
		пик. час	11,8	15,1	17,6	18,9	19,1	19,0	19,0	18,8	17,8	15,8	12,8	10,5
Московская ж.д.	54,2305	ср. за день	4,5	7,2	10,1	12,1	13,2	13,4	13,2	12,4	10,7	8,1	5,2	3,6
		пик. час	12,3	15,4	17,8	18,8	19,0	18,9	18,8	18,6	18,0	16,1	13,1	11,1
Октябрьская ж.д. (участки севернее Суоярви I и Петрозаводска)	65,4478	ср. за день	1,0	4,0	7,6	10,4	11,5	11,3	11,5	10,7	8,6	5,3	1,8	0,3
		пик. час	4,9	10,9	15,2	17,7	18,7	18,9	18,7	17,8	15,9	12,5	7,1	2,2
Октябрьская ж.д. (участки южнее Суоярви I и Петрозаводска)	58,7163	ср. за день	3,1	6,0	9,2	11,5	12,6	12,8	12,7	11,8	9,9	7,0	4,0	2,2
		пик. час	10,0	13,9	16,9	18,5	18,9	19,0	18,9	18,4	17,3	14,8	11,3	8,4
Приволжская ж.д.	50,0981	ср. за день	5,7	8,3	10,9	12,7	13,6	13,7	13,6	12,8	11,3	9,0	6,4	4,8
		пик. час	14,0	16,6	18,4	19,0	18,8	18,5	18,5	18,6	18,2	16,9	14,7	13,0
Свердловская ж.д. (участки Нижневартовск – Усть-Юганск – Новый Уренгой, Серов – Приобье, Тавда – Устье- Аха)	62,0353	ср. за день	2,1	5,1	8,5	11,0	12,1	12,2	12,1	11,3	9,3	6,2	3,0	1,2
		пик. час	7,9	12,6	16,2	18,3	18,9	19,0	18,8	18,2	16,7	13,8	9,5	5,9
Свердловская ж.д. (кроме перечисленных выше участков)	57,9400	ср. за день	3,4	6,3	9,3	11,6	12,7	12,9	12,8	11,9	10,1	7,3	4,2	2,5
		пик. час	10,5	14,3	17,1	18,6	19,0	19,0	18,9	18,5	17,4	15,1	11,7	9,0
Северная ж.д. (севернее Вологды)	63,2896	ср. за день	1,7	4,7	8,2	10,7	11,9	12,0	11,9	11,1	9,0	5,9	2,5	0,8
		пик. час	6,9	12,0	15,9	18,0	18,8	18,9	18,8	18,0	16,5	13,3	8,7	4,7
Северная ж.д. (южнее	57,7701	ср. за день	3,4	6,3	9,4	11,6	12,7	13,0	12,8	11,9	10,1	7,3	4,2	2,5

Продолжение Таблицы В.1

Дороги и участки дорог Вологды)	Средн. широта	Тип данных	Расчетное повышение температуры воздуха внутри кузова УКВ, °С											
			Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
		пик. час	10,5	14,3	17,2	18,5	18,9	19,0	18,9	18,5	17,4	15,1	11,7	9,1
Северо-Кавказская ж.д. (участок Махачкала – Самур)	42,4119	ср. за день	7,7	9,9	12,1	13,8	14,4	14,4	14,3	13,7	12,5	10,5	8,2	6,8
		пик. час	16,3	18,1	19,0	19,3	18,6	17,9	18,0	18,6	18,8	18,1	16,7	15,5
Северо-Кавказская ж.д. (кроме участка Махачкала – Самур)	45,6081	ср. за день	6,8	9,2	11,6	13,3	14,0	14,2	14,0	13,4	12,0	9,9	7,5	6,1
		пик. час	15,4	17,5	18,8	19,2	18,7	18,3	18,3	18,7	18,6	17,6	15,9	14,6
Юго-Восточная ж.д.	51,7888	ср. за день	5,2	7,8	10,5	12,5	13,4	13,7	13,4	12,6	11,1	8,7	5,9	4,3
		пик. час	13,4	16,2	18,2	19,0	18,9	18,7	18,6	18,6	18,2	16,6	14,1	12,2
Южно-Уральская ж.д.	53,5930	ср. за день	4,7	7,4	10,2	12,2	13,3	13,5	13,3	12,5	10,8	8,3	5,5	3,9
		пик. час	12,7	15,8	18,0	18,9	19,1	18,8	18,8	18,7	18,0	16,3	13,5	11,5
ОАО «АК «Железные Дороги Якутии»	59,3482	ср. за день	3,0	6,0	9,2	11,6	12,6	12,8	12,6	11,8	9,9	7,0	3,8	2,1
		пик. час	9,9	14,0	17,1	18,8	19,1	19,1	18,9	18,5	17,4	14,9	11,1	8,2
ФГУП «Крымская Железная Дорога»	45,3005	ср. за день	6,9	9,2	11,7	13,3	14,2	14,3	14,1	13,4	12,1	9,9	7,5	6,1
		пик. час	15,4	17,4	18,9	19,2	18,8	18,2	18,4	18,7	18,7	17,7	15,9	14,5
Примечания														
1 В таблице использованы следующие условные обозначения:														
«ср. за день» – среднее повышение температуры внутри УКВ за световой день (от восхода солнца до захода);														
«пик. час» – то же, за пиковый час (полчаса до и полчаса после солнечного полудня)														
2 Расчетный угол между осью УКВ и меридианом 0 град. (для пикового часа – 90 град.)														
3 Облачность отсутствует														

Приложение Г (справочное).

Пример определения расчетной температуры воздуха внутри крытого вагона для заданного направления перевозки и даты приема груза к перевозке и оценки соответствия расчетных температурных условий перевозки груза заданным

Имеем скоропортящийся груз с заданными температурными условиями хранения и перевозки от плюс 10 °С до 30 °С. Указанный груз предъявляется к перевозке в УКВ модели 11-280 на направлении со станции Орехово-Зуево (код ЕСП: 23000) на станцию Базаиха (код ЕСП: 89210). Нормативный срок доставки на данном направлении составляет 11 суток. Необходимо для трех дат предъявления груза к перевозке (01.01.2019, 01.05.2019 и 01.07.2019) определить расчетную температуру воздуха внутри кузова УКВ на заданном направлении, а также произвести оценку соответствия расчетных температурных условий перевозки груза заданным в соответствии с алгоритмом, приведенным в параграфе 2.4.

Схематическое изображение заданного маршрута перевозки груза с датами и временем расчетного проследования привязанных метеостанций (ось абсцисс, время московское) с указанием расчетных температур воздуха внутри кузова УКВ, рассчитанных для обеспеченности $p_d = 0,05$ и $p_r = 0,95$ приведено на Рисунках Г.1, Г.2 и Г.3 (в зависимости от даты предъявления груза к перевозке). На данных рисунках над каждой полочкой указана расчетная температура воздуха внутри кузова УКВ, под полочкой – расчетная дата проследования фрагмента маршрута перевозки по истинному солнечному времени; точками обозначены выбранные значения среднесуточной температуры наружного воздуха за период с 1988 по 2017 гг.; жирными прямыми ограничены заданные температурные условия хранения и перевозки груза, относительно которых серой заливкой показаны расчетные несоответствия температурных условий перевозки груза заданным. В Таблицах Г.1, Г.2 и Г.3 в зависимости от даты предъявления груза к перевозке произведена количественная оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза заданным.

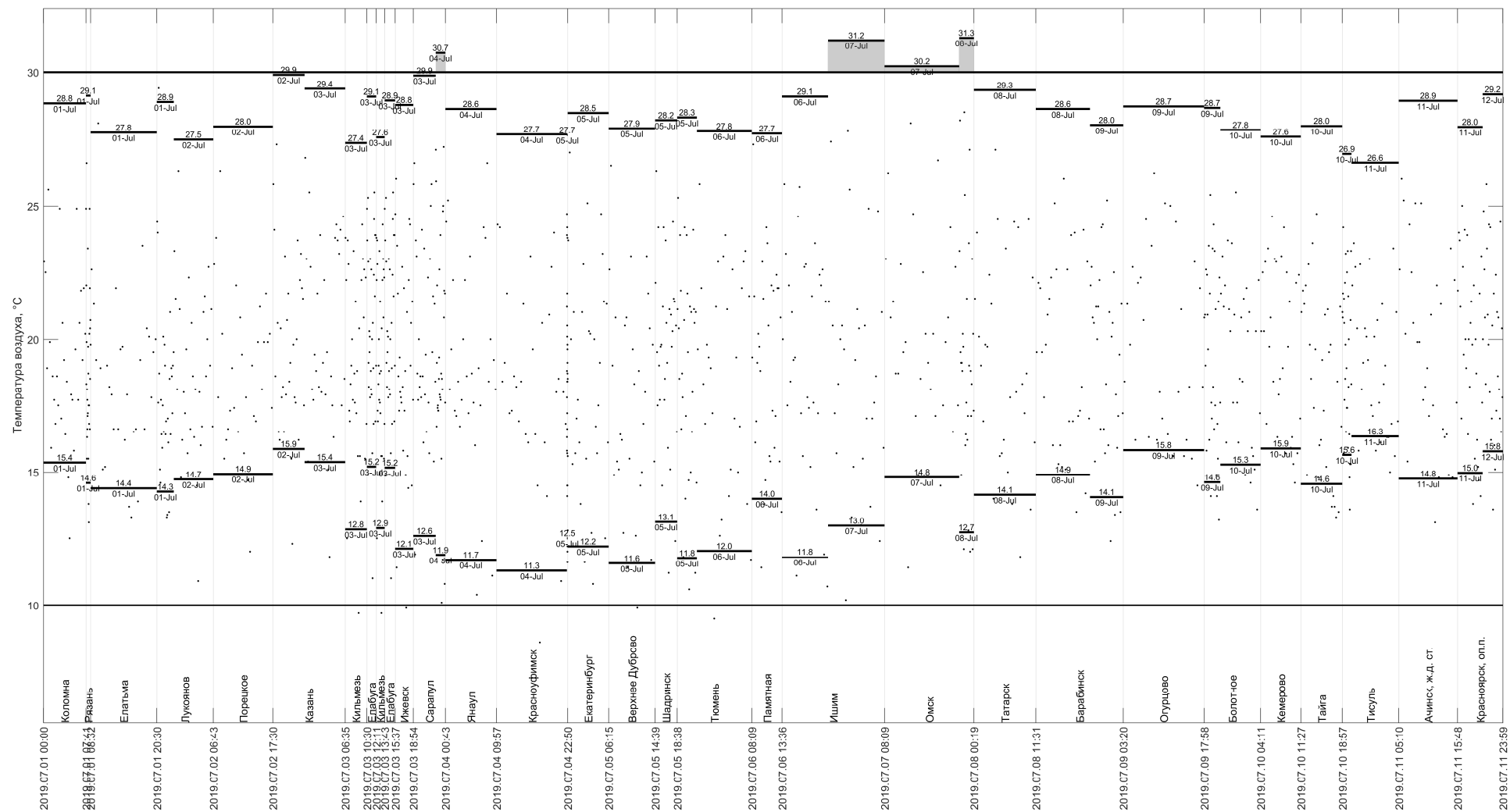


Рисунок Г.1 – Расчетная температура воздуха внутри кузова УКВ для даты приема груза к перевозке 01.07.2019

Таблица Г.1 – Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ заданным для даты приема груза к перевозке 01.07.2019

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	$t_{n_{id}}$ при p		$\Delta t_{n_{id}}$ при p		$t_{b_{id}}$ при p		$t_{b_{id}} - t_{тр}, p:$		$\Delta t_{\tau_{id}}$ при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
27625	Коломна	01.07.19 00:00	01.07.19 07:41	0,0292	14,6	25,2	0,8	3,6	15,4	28,8	0,0	0,0	0,00	0,00
27730	Рязань	01.07.19 07:41	01.07.19 08:32	0,0032	13,8	25,7	0,8	3,4	14,6	29,1	0,0	0,0	0,00	0,00
27648	Елатьма	01.07.19 08:32	01.07.19 20:30	0,0453	13,6	24,3	0,8	3,4	14,4	27,8	0,0	0,0	0,00	0,00
27665	Лукоянов	01.07.19 20:30	01.07.19 23:35	0,0117	13,4	25,4	0,9	3,5	14,3	28,9	0,0	0,0	0,00	0,00
		01.07.19 23:35	02.07.19 06:43	0,0270	13,9	24,0	0,9	3,4	14,7	27,5	0,0	0,0	0,00	0,00
27675	Порецкое	02.07.19 06:43	02.07.19 17:30	0,0408	14,1	24,5	0,9	3,5	14,9	28,0	0,0	0,0	0,00	0,00
27595	Казань	02.07.19 17:30	02.07.19 23:14	0,0217	15,0	26,3	0,9	3,6	15,9	29,9	0,0	0,0	0,00	0,00
		02.07.19 23:14	03.07.19 06:35	0,0278	14,5	25,8	0,9	3,6	15,4	29,4	0,0	0,0	0,00	0,00
28402	Кильмезь	03.07.19 06:35	03.07.19 10:30	0,0148	12,0	24,1	0,9	3,3	12,8	27,4	0,0	0,0	0,00	0,00
28506	Елабуга	03.07.19 10:30	03.07.19 12:11	0,0064	14,3	25,4	0,9	3,7	15,2	29,1	0,0	0,0	0,00	0,00
28402	Кильмезь	03.07.19 12:11	03.07.19 13:43	0,0058	12,0	24,1	0,9	3,5	12,9	27,6	0,0	0,0	0,00	0,00
28506	Елабуга	03.07.19 13:43	03.07.19 15:37	0,0072	14,3	25,4	0,9	3,5	15,2	28,9	0,0	0,0	0,00	0,00
28411	Ижевск	03.07.19 15:37	03.07.19 18:54	0,0125	11,2	25,4	0,9	3,4	12,1	28,8	0,0	0,0	0,00	0,00
28418	Сарапул	03.07.19 18:54	03.07.19 22:58	0,0154	11,6	26,2	1,0	3,6	12,6	29,9	0,0	0,0	0,00	0,00
		03.07.19 22:58	04.07.19 00:43	0,0066	10,8	26,8	1,1	3,9	11,9	30,7	0,0	0,7	0,00	0,05
28419	Янаул	04.07.19 00:43	04.07.19 09:57	0,0350	10,9	25,3	0,8	3,4	11,7	28,6	0,0	0,0	0,00	0,00
28434	Красноуфимск	04.07.19 09:57	04.07.19 22:41	0,0483	10,6	24,2	0,7	3,5	11,3	27,7	0,0	0,0	0,00	0,00
		04.07.19 22:41	04.07.19 22:50	0,0005	11,8	24,3	0,7	3,4	12,5	27,7	0,0	0,0	0,00	0,00
28440	Екатеринбург	04.07.19 22:50	05.07.19 06:15	0,0281	11,4	25,4	0,8	3,1	12,2	28,5	0,0	0,0	0,00	0,00
28445	Верх. Дуброво	05.07.19 06:15	05.07.19 14:39	0,0318	10,8	24,6	0,7	3,3	11,6	27,9	0,0	0,0	0,00	0,00
28552	Шадринск	05.07.19 14:39	05.07.19 18:38	0,0151	12,2	24,9	0,9	3,3	13,1	28,2	0,0	0,0	0,00	0,00
28367	Тюмень	05.07.19 18:38	05.07.19 22:12	0,0135	10,9	25,0	0,9	3,3	11,8	28,3	0,0	0,0	0,00	0,00
		05.07.19 22:12	06.07.19 08:09	0,0376	11,1	24,4	0,9	3,4	12,0	27,8	0,0	0,0	0,00	0,00
28561	Памятная	06.07.19 08:09	06.07.19 13:36	0,0207	13,1	24,6	0,9	3,1	14,0	27,7	0,0	0,0	0,00	0,00
28573	Ишим	06.07.19 13:36	06.07.19 21:56	0,0315	10,9	25,6	0,9	3,5	11,8	29,1	0,0	0,0	0,00	0,00
		06.07.19 21:56	07.07.19 08:09	0,0387	12,1	27,6	0,9	3,6	13,0	31,2	0,0	1,2	0,00	0,51

Продолжение Таблицы Г.1

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	$t_{ниd}$ при p		$\Delta t_{ниd}$ при p		$t_{виd}$ при p		$t_{виd} - t_{тр}, p:$		$\Delta \tau_{id}$ при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
28698	Омск	07.07.19 08:09	07.07.19 21:39	0,0512	14,0	26,8	0,9	3,5	14,8	30,2	0,0	0,2	0,00	0,13
		07.07.19 21:39	08.07.19 00:19	0,0101	11,9	28,1	0,8	3,2	12,7	31,3	0,0	1,3	0,00	0,14
29605	Татарск	08.07.19 00:19	08.07.19 11:31	0,0424	13,2	26,0	0,9	3,4	14,1	29,3	0,0	0,0	0,00	0,00
29612	Барабинск	08.07.19 11:31	08.07.19 21:19	0,0371	13,9	25,2	1,0	3,4	14,9	28,6	0,0	0,0	0,00	0,00
		08.07.19 21:19	09.07.19 03:20	0,0228	13,0	24,6	1,0	3,4	14,1	28,0	0,0	0,0	0,00	0,00
29638	Огурцово	09.07.19 03:20	09.07.19 17:58	0,0554	14,9	25,5	0,9	3,3	15,8	28,7	0,0	0,0	0,00	0,00
29539	Болотное	09.07.19 17:58	09.07.19 20:54	0,0111	13,5	24,7	1,1	4,0	14,6	28,7	0,0	0,0	0,00	0,00
		09.07.19 20:54	10.07.19 04:11	0,0276	14,3	24,4	1,0	3,4	15,3	27,8	0,0	0,0	0,00	0,00
29645	Кемерово	10.07.19 04:11	10.07.19 11:27	0,0276	14,9	24,1	1,0	3,5	15,9	27,6	0,0	0,0	0,00	0,00
29541	Тайга	10.07.19 11:27	10.07.19 18:57	0,0284	13,4	23,7	1,2	4,3	14,6	28,0	0,0	0,0	0,00	0,00
29557	Тисуль	10.07.19 18:57	10.07.19 20:38	0,0064	14,7	23,7	0,9	3,2	15,6	26,9	0,0	0,0	0,00	0,00
		10.07.19 20:38	11.07.19 05:10	0,0323	15,4	23,4	0,9	3,2	16,3	26,6	0,0	0,0	0,00	0,00
29467	Ачинск, ж.д. ст.	11.07.19 05:10	11.07.19 15:48	0,0403	13,8	25,6	0,9	3,3	14,8	28,9	0,0	0,0	0,00	0,00
29570	Красноярск	11.07.19 15:48	11.07.19 20:21	0,0172	14,1	24,6	0,9	3,4	15,0	28,0	0,0	0,0	0,00	0,00
		11.07.19 20:21	11.07.19 23:59	0,0138	14,7	25,2	1,0	4,0	15,8	29,2	0,0	0,0	0,00	0,00
ВСЕГО				1,0000									0,00	0,84

$$\varpi_{\downarrow} = 0,0 \%; \varpi_{\uparrow} = 10,7 \%;$$

$$\overline{\Delta t_{\downarrow}} = 0,0 \text{ }^{\circ}\text{C}; \overline{\Delta t_{\uparrow}} = 0,84 \cdot 1 / (0,107 \cdot 11) = 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

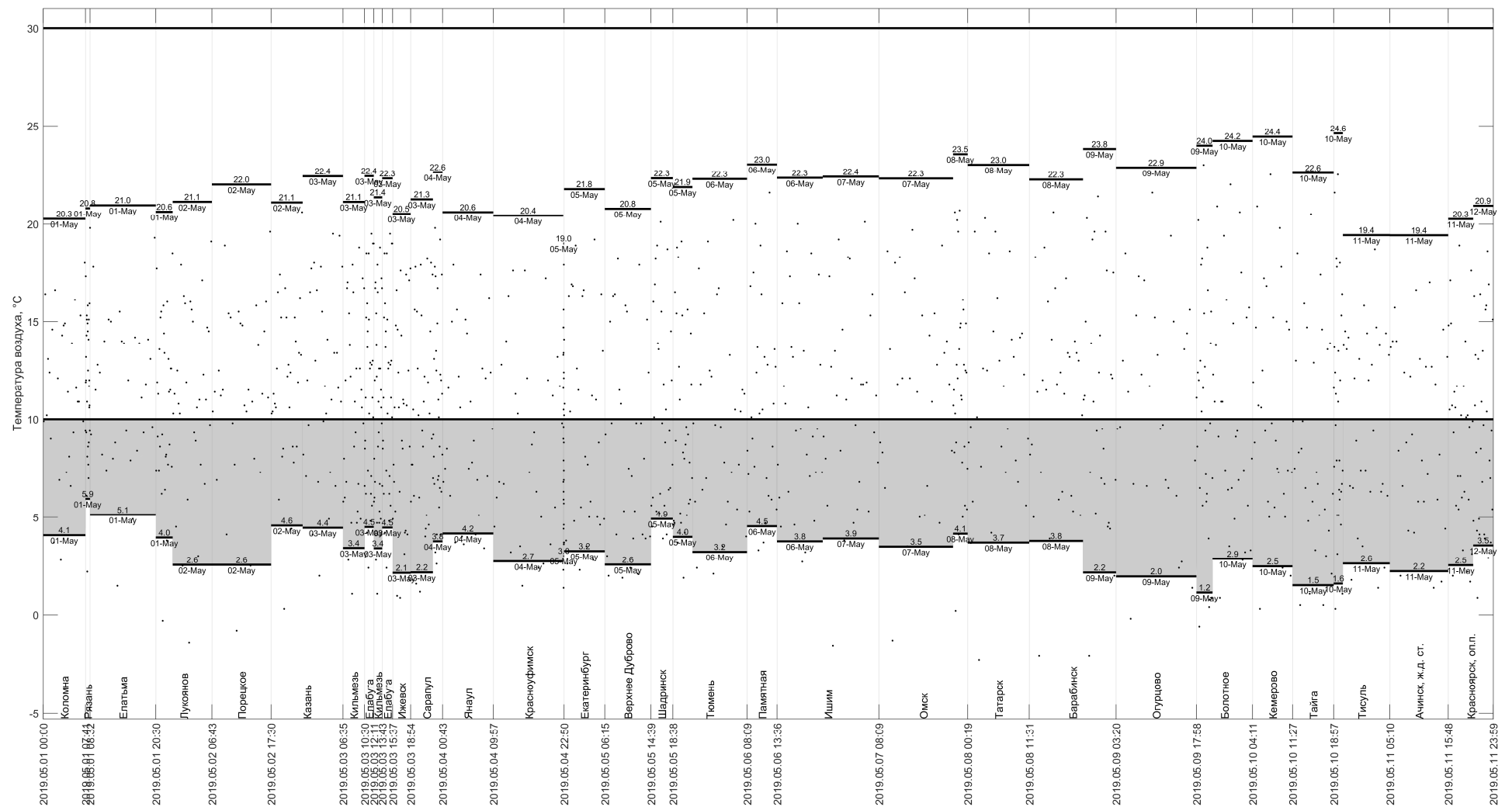


Рисунок Г.2 – Расчетная температура воздуха внутри кузова УКВ для даты приема груза к перевозке 01.05.2019

Таблица Г.2 – Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ заданным для даты приема груза к перевозке 01.05.2019

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	$t_{n_{id}}$ при p		$\Delta t_{n_{id}}$ при p		$t_{в_{id}}$ при p		$t_{в_{id}} - t_{тр}, p:$		$\Delta t_{\tau_{id}}$ при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
27625	Коломна	01.05.19 00:00	01.05.19 07:41	0,0292	3,4	17,2	0,7	3,0	4,1	20,3	5,9	0,0	1,90	0,00
27730	Рязань	01.05.19 07:41	01.05.19 08:32	0,0032	5,3	18,0	0,7	2,9	5,9	20,8	4,1	0,0	0,14	0,00
27648	Елатьма	01.05.19 08:32	01.05.19 20:30	0,0453	4,4	18,3	0,7	2,7	5,1	21,0	4,9	0,0	2,43	0,00
27665	Лукоянов	01.05.19 20:30	01.05.19 23:35	0,0117	3,2	17,7	0,8	2,9	4,0	20,6	6,0	0,0	0,78	0,00
		01.05.19 23:35	02.05.19 06:43	0,0270	1,8	18,2	0,8	2,9	2,6	21,1	7,4	0,0	2,22	0,00
27675	Порецкое	02.05.19 06:43	02.05.19 17:30	0,0408	1,9	19,1	0,7	2,9	2,6	22,0	7,4	0,0	3,35	0,00
27595	Казань	02.05.19 17:30	02.05.19 23:14	0,0217	3,8	18,0	0,8	3,1	4,6	21,1	5,4	0,0	1,30	0,00
		02.05.19 23:14	03.05.19 06:35	0,0278	3,6	19,3	0,8	3,1	4,4	22,4	5,6	0,0	1,70	0,00
28402	Кильмезь	03.05.19 06:35	03.05.19 10:30	0,0148	2,6	18,2	0,8	2,9	3,4	21,1	6,6	0,0	1,08	0,00
28506	Елабуга	03.05.19 10:30	03.05.19 12:11	0,0064	3,7	19,2	0,8	3,2	4,5	22,4	5,5	0,0	0,39	0,00
28402	Кильмезь	03.05.19 12:11	03.05.19 13:43	0,0058	2,6	18,2	0,8	3,2	3,4	21,4	6,6	0,0	0,42	0,00
28506	Елабуга	03.05.19 13:43	03.05.19 15:37	0,0072	3,7	19,2	0,7	3,1	4,5	22,3	5,5	0,0	0,44	0,00
28411	Ижевск	03.05.19 15:37	03.05.19 18:54	0,0125	1,4	17,5	0,7	3,0	2,1	20,5	7,9	0,0	1,08	0,00
28418	Сарапул	03.05.19 18:54	03.05.19 22:58	0,0154	1,4	18,1	0,8	3,1	2,2	21,3	7,8	0,0	1,32	0,00
		03.05.19 22:58	04.05.19 00:43	0,0066	2,9	19,2	0,8	3,4	3,8	22,6	6,2	0,0	0,46	0,00
28419	Янаул	04.05.19 00:43	04.05.19 09:57	0,0350	3,5	17,6	0,7	3,0	4,2	20,6	5,8	0,0	2,25	0,00
28434	Красноуфимск	04.05.19 09:57	04.05.19 22:41	0,0483	2,0	17,4	0,7	3,0	2,7	20,4	7,3	0,0	3,86	0,00
		04.05.19 22:41	04.05.19 22:50	0,0005	2,3	16,0	0,7	3,1	3,0	19,0	7,0	0,0	0,04	0,00
28440	Екатеринбург	04.05.19 22:50	05.05.19 06:15	0,0281	2,6	18,7	0,6	3,1	3,2	21,8	6,8	0,0	2,09	0,00
28445	Верх. Дуброво	05.05.19 06:15	05.05.19 14:39	0,0318	2,0	17,8	0,6	3,0	2,6	20,8	7,4	0,0	2,60	0,00
28552	Шадринск	05.05.19 14:39	05.05.19 18:38	0,0151	4,1	19,2	0,8	3,1	4,9	22,3	5,1	0,0	0,85	0,00
28367	Тюмень	05.05.19 18:38	05.05.19 22:12	0,0135	3,2	18,9	0,8	3,0	4,0	21,9	6,0	0,0	0,90	0,00
		05.05.19 22:12	06.05.19 08:09	0,0376	2,4	19,2	0,8	3,1	3,2	22,3	6,8	0,0	2,81	0,00
28561	Памятная	06.05.19 08:09	06.05.19 13:36	0,0207	3,7	20,3	0,8	2,8	4,5	23,0	5,5	0,0	1,24	0,00
28573	Ишим	06.05.19 13:36	06.05.19 21:56	0,0315	2,9	19,2	0,8	3,2	3,8	22,3	6,2	0,0	2,17	0,00
		06.05.19 21:56	07.05.19 08:09	0,0387	3,0	19,2	0,9	3,2	3,9	22,4	6,1	0,0	2,60	0,00

Продолжение Таблицы Г.2

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	t_{ni_d} при p		Δt_{ni_d} при p		t_{vi_d} при p		$t_{vi_d} - t_{тр}, p:$		$\Delta t\tau_{id}$ при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
28698	Омск	07.05.19 08:09	07.05.19 21:39	0,0512	2,6	19,1	0,9	3,2	3,5	22,3	6,5	0,0	3,67	0,00
		07.05.19 21:39	08.05.19 00:19	0,0101	3,3	20,4	0,9	3,2	4,1	23,5	5,9	0,0	0,65	0,00
29605	Татарск	08.05.19 00:19	08.05.19 11:31	0,0424	2,8	20,0	0,9	3,1	3,7	23,0	6,3	0,0	2,94	0,00
29612	Барабинск	08.05.19 11:31	08.05.19 21:19	0,0371	2,9	19,3	0,9	3,0	3,8	22,3	6,2	0,0	2,54	0,00
		08.05.19 21:19	09.05.19 03:20	0,0228	1,3	20,7	0,9	3,1	2,2	23,8	7,8	0,0	1,97	0,00
29638	Огурцово	09.05.19 03:20	09.05.19 17:58	0,0554	1,2	19,9	0,7	3,0	2,0	22,9	8,0	0,0	4,90	0,00
29539	Болотное	09.05.19 17:58	09.05.19 20:54	0,0111	0,3	20,5	0,8	3,4	1,2	24,0	8,8	0,0	1,08	0,00
		09.05.19 20:54	10.05.19 04:11	0,0276	2,1	21,2	0,8	3,0	2,9	24,2	7,1	0,0	2,17	0,00
29645	Кемерово	10.05.19 04:11	10.05.19 11:27	0,0276	1,7	21,3	0,7	3,2	2,5	24,4	7,5	0,0	2,28	0,00
29541	Тайга	10.05.19 11:27	10.05.19 18:57	0,0284	0,6	18,9	0,9	3,7	1,5	22,6	8,5	0,0	2,64	0,00
29557	Тисуль	10.05.19 18:57	10.05.19 20:38	0,0064	0,9	21,7	0,7	2,9	1,6	24,6	8,4	0,0	0,59	0,00
		10.05.19 20:38	11.05.19 05:10	0,0323	1,9	16,5	0,7	3,0	2,6	19,4	7,4	0,0	2,63	0,00
29467	Ачинск, ж.д. ст.	11.05.19 05:10	11.05.19 15:48	0,0403	1,6	16,6	0,6	2,8	2,2	19,4	7,8	0,0	3,44	0,00
29570	Красноярск	11.05.19 15:48	11.05.19 20:21	0,0172	1,8	17,8	0,8	2,5	2,5	20,3	7,5	0,0	1,42	0,00
		11.05.19 20:21	11.05.19 23:59	0,0138	2,6	17,3	0,9	3,7	3,5	20,9	6,5	0,0	0,98	0,00
ВСЕГО					1,0000									74,29

$$\varpi_{\downarrow} = 100,0 \%; \varpi_{\uparrow} = 0,0 \%;$$

$$\overline{\Delta t_{\downarrow}} = 74,29 \cdot 1 / (100 \cdot 11) = 6,8 \text{ }^{\circ}\text{C}; \overline{\Delta t_{\uparrow}} = 0,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

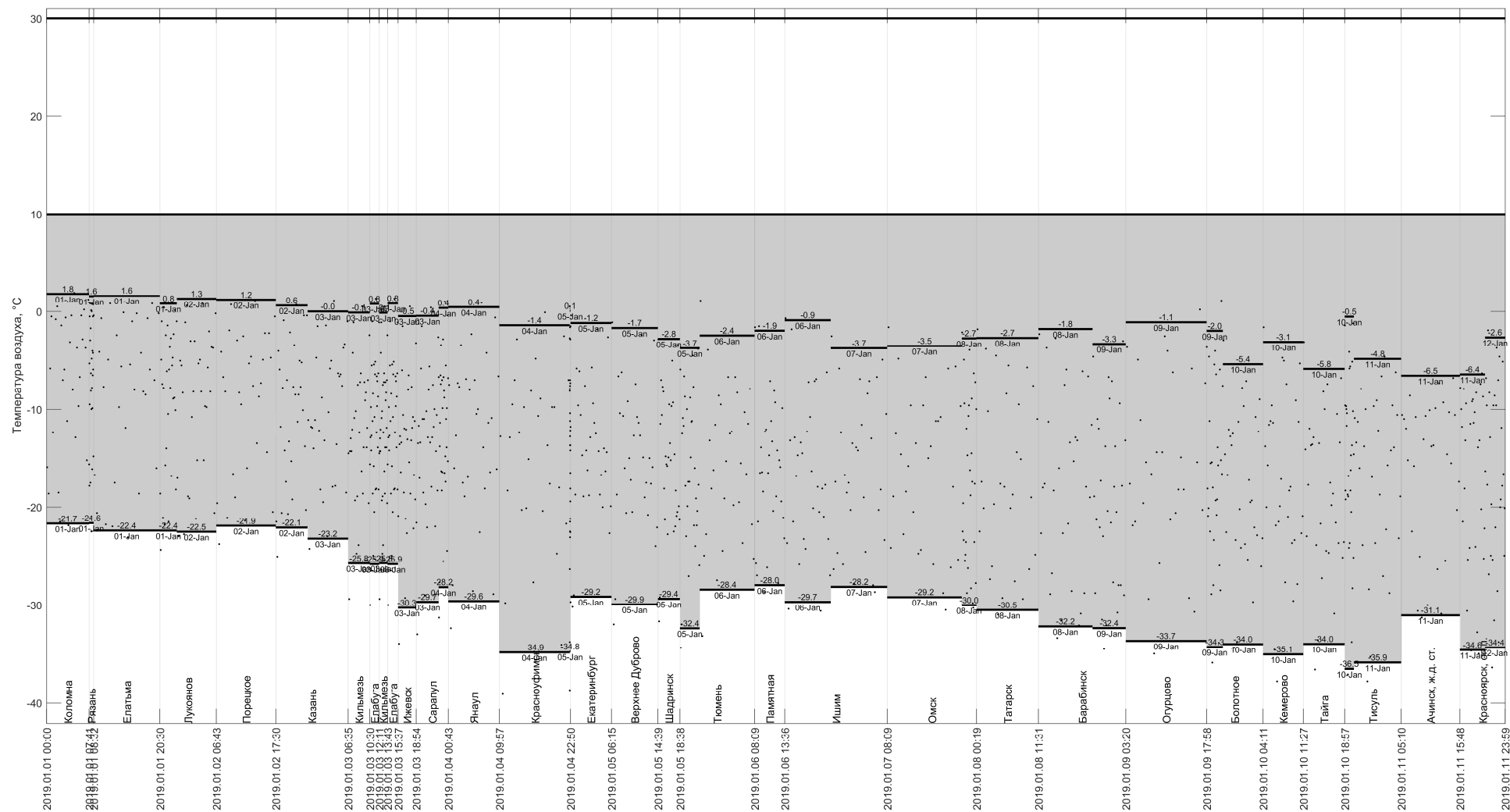


Рисунок Г.3 – Расчетная температура воздуха внутри кузова УКВ для даты приема груза к перевозке 01.01.2019

Таблица Г.3 – Оценка соответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ заданным для даты приема груза к перевозке 01.01.2019

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	$t_{n_{id}}$ при p		$\Delta t_{n_{id}}$ при p		$t_{v_{id}}$ при p		$t_{v_{id}} - t_{тр}, p:$		$\Delta t \tau_{id}$ при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
27625	Коломна	01.01.19 00:00	01.01.19 07:41	0,0292	-21,7	1,2	0,0	0,6	-21,7	1,8	31,7	0,0	10,17	0,00
27730	Рязань	01.01.19 07:41	01.01.19 08:32	0,0032	-21,7	0,9	0,0	0,7	-21,6	1,6	31,6	0,0	1,11	0,00
27648	Елатьма	01.01.19 08:32	01.01.19 20:30	0,0453	-22,5	0,9	0,0	0,7	-22,4	1,6	32,4	0,0	16,16	0,00
27665	Лукоянов	01.01.19 20:30	01.01.19 23:35	0,0117	-22,5	0,1	0,0	0,7	-22,4	0,8	32,4	0,0	4,16	0,00
		01.01.19 23:35	02.01.19 06:43	0,0270	-22,6	0,6	0,0	0,7	-22,5	1,3	32,5	0,0	9,68	0,00
27675	Порецкое	02.01.19 06:43	02.01.19 17:30	0,0408	-22,0	0,6	0,0	0,6	-21,9	1,2	31,9	0,0	14,34	0,00
27595	Казань	02.01.19 17:30	02.01.19 23:14	0,0217	-22,1	0,0	0,0	0,7	-22,1	0,6	32,1	0,0	7,68	0,00
		02.01.19 23:14	03.01.19 06:35	0,0278	-23,3	-0,6	0,0	0,6	-23,2	0,0	33,2	0,0	10,18	0,00
28402	Кильмезь	03.01.19 06:35	03.01.19 10:30	0,0148	-25,8	-0,7	0,0	0,6	-25,8	-0,1	35,8	0,0	5,84	0,00
28506	Елабуга	03.01.19 10:30	03.01.19 12:11	0,0064	-25,9	0,1	0,0	0,6	-25,9	0,8	35,9	0,0	2,51	0,00
28402	Кильмезь	03.01.19 12:11	03.01.19 13:43	0,0058	-25,8	-0,7	0,0	0,6	-25,8	-0,1	35,8	0,0	2,30	0,00
28506	Елабуга	03.01.19 13:43	03.01.19 15:37	0,0072	-25,9	0,1	0,0	0,7	-25,9	0,8	35,9	0,0	2,82	0,00
28411	Ижевск	03.01.19 15:37	03.01.19 18:54	0,0125	-30,3	-1,1	0,0	0,7	-30,3	-0,5	40,3	0,0	5,52	0,00
28418	Сарапул	03.01.19 18:54	03.01.19 22:58	0,0154	-29,7	-1,1	0,0	0,7	-29,7	-0,4	39,7	0,0	6,71	0,00
		03.01.19 22:58	04.01.19 00:43	0,0066	-28,2	-0,2	0,0	0,6	-28,2	0,4	38,2	0,0	2,78	0,00
28419	Янаул	04.01.19 00:43	04.01.19 09:57	0,0350	-29,6	-0,2	0,0	0,7	-29,6	0,4	39,6	0,0	15,25	0,00
28434	Красноуфимск	04.01.19 09:57	04.01.19 22:41	0,0483	-34,9	-2,1	0,0	0,7	-34,9	-1,4	44,9	0,0	23,81	0,00
		04.01.19 22:41	04.01.19 22:50	0,0005	-34,8	-0,6	0,0	0,7	-34,8	0,1	44,8	0,0	0,26	0,00
28440	Екатеринбург	04.01.19 22:50	05.01.19 06:15	0,0281	-29,2	-1,7	0,0	0,6	-29,2	-1,2	39,2	0,0	12,11	0,00
28445	Верх. Дуброво	05.01.19 06:15	05.01.19 14:39	0,0318	-30,0	-2,2	0,0	0,6	-29,9	-1,7	39,9	0,0	13,98	0,00
28552	Шадринск	05.01.19 14:39	05.01.19 18:38	0,0151	-29,5	-3,4	0,1	0,6	-29,4	-2,8	39,4	0,0	6,55	0,00
28367	Тюмень	05.01.19 18:38	05.01.19 22:12	0,0135	-32,5	-4,4	0,0	0,7	-32,4	-3,7	42,4	0,0	6,31	0,00
		05.01.19 22:12	06.01.19 08:09	0,0376	-28,5	-3,1	0,0	0,7	-28,4	-2,4	38,4	0,0	15,92	0,00
28561	Памятная	06.01.19 08:09	06.01.19 13:36	0,0207	-28,1	-2,7	0,1	0,7	-28,0	-1,9	38,0	0,0	8,64	0,00
28573	Ишим	06.01.19 13:36	06.01.19 21:56	0,0315	-29,8	-1,7	0,1	0,8	-29,7	-0,9	39,7	0,0	13,78	0,00
		06.01.19 21:56	07.01.19 08:09	0,0387	-28,2	-4,6	0,1	0,8	-28,2	-3,7	38,2	0,0	16,25	0,00

Продолжение Таблицы Г.3

Индекс ВМО	Наименование метеостанции	Дата и время (МСК)		ω_{id}	$t_{n_{id}}$ при p		$\Delta t_{n_{id}}$ при p		$t_{b_{id}}$ при p		$t_{b_{id}} - t_{тр}, p:$		Δt_{id} при p	
		Входа на уч-к	Выхода с уч-ка		0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95	0,05	0,95
28698	Омск	07.01.19 08:09	07.01.19 21:39	0,0512	-29,3	-4,4	0,1	0,9	-29,2	-3,5	39,2	0,0	22,07	0,00
		07.01.19 21:39	08.01.19 00:19	0,0101	-30,1	-3,6	0,1	0,9	-30,0	-2,7	40,0	0,0	4,44	0,00
29605	Татарск	08.01.19 00:19	08.01.19 11:31	0,0424	-30,6	-3,6	0,1	1,0	-30,5	-2,7	40,5	0,0	18,91	0,00
29612	Барабинск	08.01.19 11:31	08.01.19 21:19	0,0371	-32,3	-2,7	0,1	0,9	-32,2	-1,8	42,2	0,0	17,23	0,00
		08.01.19 21:19	09.01.19 03:20	0,0228	-32,5	-4,2	0,1	0,9	-32,4	-3,3	42,4	0,0	10,63	0,00
29638	Огурцово	09.01.19 03:20	09.01.19 17:58	0,0554	-33,8	-2,1	0,1	1,0	-33,7	-1,1	43,7	0,0	26,63	0,00
29539	Болотное	09.01.19 17:58	09.01.19 20:54	0,0111	-34,4	-2,7	0,0	0,7	-34,3	-2,0	44,3	0,0	5,43	0,00
		09.01.19 20:54	10.01.19 04:11	0,0276	-34,1	-6,3	0,1	0,9	-34,0	-5,4	44,0	0,0	13,36	0,00
29645	Кемерово	10.01.19 04:11	10.01.19 11:27	0,0276	-35,1	-4,0	0,1	0,9	-35,1	-3,1	45,1	0,0	13,67	0,00
29541	Тайга	10.01.19 11:27	10.01.19 18:57	0,0284	-34,0	-6,3	0,0	0,4	-34,0	-5,8	44,0	0,0	13,73	0,00
29557	Тисуль	10.01.19 18:57	10.01.19 20:38	0,0064	-36,6	-1,4	0,1	0,9	-36,5	-0,5	46,5	0,0	3,26	0,00
		10.01.19 20:38	11.01.19 05:10	0,0323	-36,0	-5,7	0,1	0,9	-35,9	-4,8	45,9	0,0	16,33	0,00
29467	Ачинск, ж.д. ст.	11.01.19 05:10	11.01.19 15:48	0,0403	-31,1	-7,4	0,0	0,9	-31,1	-6,5	41,1	0,0	18,20	0,00
29570	Красноярск	11.01.19 15:48	11.01.19 20:21	0,0172	-34,7	-7,3	0,1	0,9	-34,6	-6,4	44,6	0,0	8,46	0,00
		11.01.19 20:21	11.01.19 23:59	0,0138	-34,5	-3,2	0,1	0,6	-34,4	-2,6	44,4	0,0	6,73	0,00
ВСЕГО					1,0000									433,88

$$\varpi_{\downarrow} = 100,0 \%; \varpi_{\uparrow} = 0,0 \%;$$

$$\overline{\Delta t_{\downarrow}} = 433,88 \cdot 1 / (100 \cdot 11) = 39,4 \text{ }^{\circ}\text{C}; \overline{\Delta t_{\uparrow}} = 0,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Приложение Д
(справочное).

Расчетные теплофизические параметры основных скоропортящихся грузов

Таблица Д.1 – Расчетные теплофизические параметры скоропортящихся грузов, допускающих перевозку в режиме «термос»

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\bar{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\bar{t}_н > t_{трmax}$	$\bar{t}_н < t_{трmin}$
56101 56102 56103 56105 56109	Баранина Говядина в блоках Говядина мороженная Конина Мясо домашних животных во всяком виде, кроме консервов	ГОСТ Р 54315-2011 ГОСТ 31777-2012 ГОСТ 32225-2013 ГОСТ 32227-2013 ГОСТ 31797-2012 ГОСТ Р 54520-2011 ГОСТ Р 54367-2011 ГОСТ 32226-2013 ГОСТ 32243-2013 ГОСТ Р 54704-2011 ГОСТ 4814-57	не выше минус 8	65,0	4,702	3,191	-
56111 56112	Свинина в блоках Свинина мороженная	ГОСТ 31476-2012 ГОСТ 31778-2012 ГОСТ Р 54704-2011 ГОСТ 4814-57	не выше минус 8	25,0	2,837	2,256	-
56110	Мясо птицы домашней	ГОСТ 31990-2012 ГОСТ 31962-2013 ГОСТ Р 55337-2012 ГОСТ 33816-2016	не выше минус 12	42,0	3,352	2,855	-

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\overline{t}_н > t_{трmax}$	$\overline{t}_н < t_{трmin}$
		ГОСТ 31473-2012					
56114	Субпродукты мясные, н.п.	ГОСТ Р 54366-2011 ГОСТ 32244-2013 ГОСТ 31936-2012	не выше минус 12	45,2	3,154	2,726	-
56305	Сало свиное соленое и копченое (шпик)	ГОСТ Р 55485-2013	не выше минус 8	1,0	1,694	1,694	-
56303	Жиры животные пищевые: бараний, говяжий, свиной и др.	ГОСТ 25292-2017	не выше минус 12	0,2	1,675	1,675	NaN
57208 57213	Рыба свежемороженая Филе рыбное	ГОСТ 32366-2013 ГОСТ 32910-2014 ГОСТ 32744-2014 ГОСТ 32342-2013 ГОСТ 1168-86 ГОСТ 17660-97 ГОСТ Р 56417-2015 ГОСТ 33282-2015 ГОСТ Р 51493-99 ГОСТ Р 51494-99 ГОСТ 32006-2012 ГОСТ 17661-2013 ГОСТ 21311-75 ГОСТ 32342-2013 ГОСТ 30314-2006 ГОСТ 32005-2012 ГОСТ 20414-2011 ГОСТ Р 51495-99	не выше минус 18	64,0	2,623	2,346	3,004
57308 57311	Рыба соленая, кроме сельди Сельдь соленая	ГОСТ 815-2004 ГОСТ 16079-2002	от 0 до минус 8	49,0	2,770	2,770	2,770

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\overline{t}_н > t_{трmax}$	$\overline{t}_н < t_{трmin}$
		ГОСТ 16080-2002					
55301	Масло животное, н.п.	ГОСТ 32261-2013 ГОСТ 32899-2014 ГОСТ 33633-2015	от минус 18 до минус 3	16,1	6,471	2,621	2,073
55303	Масло топленое	ГОСТ 32262-2013	от минус 18 до плюс 5	0,2	1,675	1,675	1,675
55304	Сыр	ГОСТ Р 52686-2006 ГОСТ 32260-2013 ГОСТ 27568-87 ГОСТ Р 54663-2011 ГОСТ Р 53512-2009	от минус 4 до плюс 6	36,6	2,515	2,515	2,515
55404 55405	Маргарин Продукция маргариновая, н.п.	ГОСТ 32188-2013	от минус 20 до плюс 15	15,8	3,864	2,194	2,060
55401 55402 55403	Жиры для хлебопекарной промышленности Жиры кондитерские Жиры кулинарные	ГОСТ 28414-89	от минус 20 до плюс 15	0,3	1,678	1,678	1,678
58116 58131	Майонез Соусы всякие	ГОСТ 31761-2012 ГОСТ 31755-2012	от 0 до плюс 18	21,5	2,190	2,190	2,190
58111	Консервы рыбные	ГОСТ Р 57191-2016 ГОСТ 13865-2000 ГОСТ 16676-71 ГОСТ 20919-75 ГОСТ 29275-92 ГОСТ 19341-73 ГОСТ 10119-2007 ГОСТ 12028-2014 ГОСТ Р 51490-99 ГОСТ 6065-2012	от 0 до плюс 20	48,0	2,632	2,632	2,632

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\bar{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\bar{t}_н > t_{трmax}$	$\bar{t}_н < t_{трmin}$
		ГОСТ 10531-2013 ГОСТ 12161-2006 ГОСТ 25856-97 ГОСТ 12292-2000 ГОСТ 18423-2012 ГОСТ 280-2009 ГОСТ 33430-2015 ГОСТ 32801-2014 ГОСТ 7452-2014 ГОСТ 7455-2013 ГОСТ 7457-2007 ГОСТ 7144-2006 ГОСТ 7403-2015 ГОСТ Р 51488-99 ГОСТ 32156-2013 ГОСТ Р 56418-2015					
58135	Консервы мясные и мясорастительные	ГОСТ Р 55572-2013 ГОСТ 31499-2012 ГОСТ 53644-2009 ГОСТ Р 55759-2013 ГОСТ 32125-2013 ГОСТ 31478-2012 ГОСТ Р 55333-2012 ГОСТ Р 55762-2013 ГОСТ Р 55336-2012	от 0 до плюс 25	12,0	1,949	1,949	1,949
58110 58102 58117	Консервы овощные Горошек зеленый консервированный Маслины (оливки) консервированные	ГОСТ 33317-2015 ГОСТ 18077-2013 ГОСТ 7694-2015	от 0 до плюс 25	53,4	2,914	2,914	2,914

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\overline{t}_н > t_{трmax}$	$\overline{t}_н < t_{трmin}$
28123 28128 58129 58112	Паста и пюре томатные Пюре из овощей Пюре плодовые и ягодные Консервы фруктовые	ГОСТ Р 52477-2005 ГОСТ 34126 2017 ГОСТ 34112 2017 ГОСТ 34114-2017 ГОСТ 33315-2015 ГОСТ Р 54677-2011 ГОСТ 28649-90 ГОСТ 32684-2014 ГОСТ 32742-2014					
58109 58119	Консервы молочные Молоко сгущенное, в том числе с какао и кофе	ГОСТ 33921-2016 ГОСТ 33923-2016 ГОСТ Р 54666-2011 ГОСТ 31688-2012 ГОСТ 34254-2017	от 0 до плюс 20	26,0	2,197	2,197	2,197
55101 55102 55207 55208	Молоко всякое, н.п. Молоко обезжиренное (обрат) Сливки свежие Сливки, н.п	ГОСТ Р 53952-2010 ГОСТ 33478-2015 ГОСТ 31450-2013 ГОСТ 32259-2013 ГОСТ 31451-2013	от плюс 2 до плюс 25	53,0	2,992	2,992	2,992
55202 55203 55206 55209 55211	Кефир Кумыс Простокваша Сметана Продукты молочные, н.п.	ГОСТ Р 54340-2011	от плюс 2 до плюс 25	68,0	3,333	3,333	3,333
58402 58403 58404 58406	Сок виноградный, н.п. Сок томатный Сок яблочный Соки овощные, н.п.	ГОСТ 32100-2013 ГОСТ 32101-2013 ГОСТ 32103-2013 ГОСТ 32104-2013	от 0 до плюс 25	84,0	3,744	3,744	3,744

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\overline{t}_н > t_{трmax}$	$\overline{t}_н < t_{трmin}$
58407 58408 59503 59505 59506	Соки, н.п. Соки фруктовые и ягодные, н.п. Морсы фруктовые и ягодные всякие Напитки плодово-ягодные, н.п. Напитки, н.п.	ГОСТ 32105-2013					
58401	Сок виноградный сгущенный (бекмес)	ГОСТ 32102-2013	от 0 до плюс 25	30,0	2,250	2,250	2,250
58405	Соки спиртованные	ГОСТ 28539-90	от 0 до плюс 20	69,3	3,575	3,575	3,575
59202	Пиво всякое	ГОСТ 31711-2012 ГОСТ Р 55292-2012	от плюс 5 до плюс 25	83,7	3,804	3,804	3,804
59501	Воды минеральные, натуральные и искусственные	ГОСТ Р 54316-2011 ГОСТ 13085-79	от плюс 5 до плюс 20	98,5	4,137	4,137	4,137
60201	Вода обыкновенная	ГОСТ 32220-2013	от плюс 2 до плюс 20	100,0	4,187	4,187	4,187
59504	Напитки газированные фруктовые и ягодные	ГОСТ 28188-2014	от 0 до плюс 18	89,6	3,897	3,897	3,897
59502 59105 59507	Квас фруктовый, хлебный и ягодный в жидком виде Напитки ферментированные Сидры	ГОСТ Р 52844-2007 ГОСТ Р 52700-2006 ГОСТ Р 52845-2007	от 0 до плюс 25	82,6	3,773	3,773	3,773
59101 59102 59104	Вина виноградные Вина фруктовые и ягодные Виноматериалы, содержащие менее 24 % спирта по объему	ГОСТ Р 52335-2005	от плюс 5 до плюс 20	79,8	3,806	3,806	3,806
59301 59302	Водка Изделия водочные, н.п.	ГОСТ 12712-2013	от минус 15 до плюс 30	49,8	3,291	3,291	3,291
59304	Коньяки	ГОСТ 32098-2013	от плюс 10	27,7	2,520	2,520	2,520

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c_{гр}}$	$c_{грн}$ при	
						$\bar{t}_н > t_{трmax}$	$\bar{t}_н < t_{трmin}$
59305 59306 59307 59308 59309 59310	Ликеры Наливки Настойки Ром Саке Пунши	ГОСТ 7190-2013	до плюс 25				
55501 55502	Яйца птицы Яйца, н.п.	ГОСТ Р 52121-2003 ГОСТ 31654-2012	от 0 до плюс 20	66,4	3,308	3,308	3,308
58118	Меланж яичный	ГОСТ 30363-2013	не выше минус 12	56,9	2,221	2,108	-
56401	Альбумин	ГОСТ 33956-2016	не выше минус 10	70,0	3,384	3,384	-
51507	Лактоза (сахар молочный)	ГОСТ 33567-2015	не выше плюс 20	0,7	1,181	1,181	-
46406	Казеин пищевой и технический	ГОСТ 31689-2012	не выше плюс 25	6,0	1,693	1,693	-
Примечания 1 Расчетное количество влаги, а также обобщенные температурные условия хранения определены исходя из сведений, содержащихся в перечисленных действующих стандартах на продукцию 2 Значение удельной теплоемкости (c_0) при температурах выше криоскопической (t_k) определено как средневзвешенная (по массе) величина теплоемкостей основных компонентов продукта. При этом удельная теплоемкость воды принята равной 4,187 кДж/(кг·К), сухих веществ (жиры, белки, углеводы и др.) – 1,420-1,670 кДж/(кг·К) 3 Для замороженных грузов расчетная удельная теплоемкость $c_{грн}$ при $\bar{t}_н > t_{трmax}$ определена для температуры минус 18 °С, соответствующей режиму их хранения в специальных морозильных складах, кроме рыбы свежемороженой и филе рыбного мороженого, для которых $c_{грн}$ определена для температуры минус 25 °С. Расчетная удельная теплоемкость $\overline{c_{гр}}$ определена по формуле: $\overline{c_{гр}} = \int_{t_{грн}}^{t_{грп}} c_{пр}(t) dt \cdot 1/ t_{грп} - t_{грн} ,$ где							

Продолжение Таблицы Д.1

Код ЕТСНГ	Наименование по ЕТСНГ	Перечень стандартов	Обобщенные температурные условия хранения, °С	Расчетное кол-во влаги (ω_0), %	Расчетная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)		
					$\overline{c}_{гр}$	$c_{грн}$ при	
						$\overline{t}_н > t_{грmax}$	$\overline{t}_н < t_{грmin}$
$c_{пр}(t) = c_0 - 2,12 \cdot \omega_0 \cdot \left(1 - \frac{t_k}{t}\right) + \frac{t_k}{(t \cdot (t - 1))} \cdot \omega_0 \cdot (335 + 2,12 \cdot t).$							

Приложение Е

(справочное).

Пример оценки предельно допустимого значения общего
коэффициента теплопередачи кузова вагона-термоса при перевозке
тарно-штучного скоропортящегося груза в режиме «термос»

Имеем:

1) Тарно-штучный скоропортящийся груз - масло топленое (код ЕТСНГ: 553036) - со следующими параметрами:

- масса груза, кг: $G_{гр} := 60000$

- температурные условия перевозки и хранения по ГОСТ 32262-2013, режим III - режим I:

$$t_{трmin} := -18 \quad t_{трmax} := 5$$

- значение удельной теплоемкости груза, кДж/(кгК), в соответствии с табл. Д.1:

- при температуре предъявления к перевозке: $c_{грн} := 1.675$

- среднее за груженный рейс: $c_{гр_ср} := 1.675$

2) Направление перевозки: со станции Орехово-Зуево (код ЕСП: 23000) на станцию Базаиха (код ЕСП: 89210) - характеризуется следующими параметрами:

- срок доставки, сут: $\tau_{дост} := 11$

- дата предъявления к перевозке: 01.07.2019

3) Транспортное средство: вагон-термос производства з-да Дессау модели ТН-4-201 (ВТ) со следующими расчетными параметрами:

- средняя площадь ограждений грузового помещения, m^2 , в соотв. с табл. 2.1:

$$F := 255$$

В соответствии с методикой, приведенной в разделе 2.2, определим:

- расчетную температуру наружного воздуха (среднюю за груженный рейс), °С:

$$t_{н_ср} := 25.0$$

- расчетную температуру наружного воздуха при предъявлении груза к перевозке, °С:

$$t_{н0} := 25.3$$

Осуществим проверку на необходимость ограничений:

$$t_{н_ср} > t_{трmax} \vee t_{н_ср} < t_{трmin} = 1 \quad \Rightarrow \text{необходимо установ. ограничение}$$

Определим температуру груза при предъявлении к перевозке:

$$t_{грн} := \begin{cases} t_{трmax} & \text{if } t_{н_ср} < t_{трmin} \\ t_{трmin} & \text{otherwise} \end{cases} = -18$$

Определим предельно допустимую температуру груза в конце перевозки:

$$t_{грп} := \begin{cases} t_{трmin} & \text{if } t_{н_ср} < t_{трmin} \\ t_{трmax} & \text{otherwise} \end{cases} = 5$$

Определим среднюю температуру воздуха в транспортном средстве после окончания погрузки как функцию от значения коэффициента K , °C:

$$t_0(K) := t_{н0} - \left(1 - e^{-\frac{c_{грн} \cdot G_{гр}}{3.6 \cdot 450 \cdot K \cdot F}} \right) \cdot (t_{н0} - t_{грн})$$

Определим эмпирический коэффициент a_p как функцию от значения коэффициента K :

$$a_p(K) := \begin{cases} 0.803 \cdot (t_0(K) - t_{грн}) & \text{if } t_{грн} < t_{н0} \\ 0.710 \cdot (t_0(K) - t_{грн}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Определим температуру воздуха в транспортном средстве при достижении грузом предельно допустимой температуры в конце перевозки как функцию от значения коэффициента K , °C:

$$t_{пред}(K) := t_0(K) - [a_p(K) + 0.855 \cdot (t_{грн} - t_{грп})]$$

Определим предельный срок перевозки груза в режиме "термос" как функцию от значения коэффициента K , сут:

$$\tau_{терм}(K) := \frac{\ln\left(\frac{t_{н_ср} - t_{грн}}{t_{н_ср} - t_{пред}(K)}\right)}{24 \cdot 3.6 \cdot \frac{K \cdot F}{c_{гр_ср} \cdot G_{гр}}}$$

Определим максимально допустимое значение коэффициента K кузова ВТ, Вт/(м²K):

$K := 0.4$ *) зададим начальное приближение параметра

Given $\tau_{терм}(K) = \tau_{дост}$

$K := \text{Find}(K) = 0.33$

Приложение Ж
(справочное).

Пример оценки предельно допустимого значения общего
коэффициента теплопередачи кузова изотермического вагона-цистерны при
перевозке неупакованного наливом скоропортящегося груза в режиме

Имеем:

1) Неупакованный наливом скоропортящийся груз - виноматериалы, содержащие менее 24 % спирта по объему (код ЕТСНГ: 591042) - со следующими параметрами:

- масса груза, кг: $G_{гр} := 55000$
- температурные условия перевозки и хранения по ГОСТ 32030-2013, ГОСТ 32061-2013: $t_{трmin} := 5$ $t_{трmax} := 20$
- значение удельной теплоемкости груза, кДж/(кгК), в соответствии с табл. Д.1:
 - при температуре предъявления к перевозке: $c_{грн} := 3.806$
 - среднее за груженный рейс: $c_{гр_ср} := 3.806$

2) Направление перевозки: со станции Орехово-Зуево (код ЕСП: 23000) на станцию Базаиха (код ЕСП: 89210) со следующими параметрами:

- срок доставки, сут: $\tau_{дост} := 11$
- дата предъявления груза к перевозке: 01.12.2019

3) Транспортное средство: изотермический вагон-цистерна модели 15-1542 со следующими расчетными параметрами котла (в соответствии с табл. 2.3):

- средняя площадь котла, м²: $F := 97.9$
- полный объем котла, м³: $V := 54.8$
- расчетное теплоусвоение котла, кДж/К: $W_к := 10791$

В соответствии с методикой, приведенной в разделе 2.2, определим:

- расчетную температуру наружного воздуха (среднюю за груженный рейс), °С: $t_{н_ср} := -25.2$
- расчетную температуру наружного воздуха при предъявлении груза к перевозке, °С: $t_{н0} := -20.6$

Осуществим проверку на необходимость ограничений:

$$t_{н_ср} > t_{трmax} \vee t_{н_ср} < t_{трmin} = 1 \quad \Rightarrow \text{необходимо установ. ограничение}$$

Определим температуру груза при предъявлении к перевозке:

$$t_{грн} := \begin{cases} t_{трmax} & \text{if } t_{н_ср} < t_{трmin} \\ t_{трmin} & \text{otherwise} \end{cases} = 20$$

Определим предельно допустимую температуру груза в конце перевозки:

$$t_{грп} := \begin{cases} t_{трmin} & \text{if } t_{н_ср} < t_{трmin} \\ t_{трmax} & \text{otherwise} \end{cases} = 5$$

Определим максимально допустимое значение коэффициента К кузова грузового вагона модели 15-1542, сут:

$$K := \frac{c_{гр_ср} \cdot G_{гр} \cdot \ln \left[\frac{1}{t_{н_ср} - t_{грп}} \cdot \left[t_{н_ср} - t_{грн} + \frac{(W_{к} + 1.251 \cdot V) \cdot \frac{t_{н0} - t_{грн}}{2}}{-c_{грн} \cdot G_{гр}} \right] \right]}{86.4 \cdot F \cdot \tau_{дост}} = 0.85$$

Приложение И

(справочное).

Пример оценки минимального запаса топлива при перевозке скоропортящегося груза с поддержанием температурного режима без постоянного сопровождения в рефрижераторном контейнере на сцепе (распечатка документа Mathcad)

Имеем:

1) Сцеп с четырьмя рефрижераторными контейнерами (КРК) со следующими параметрами (здесь и далее порядковый номер значения соответствует номеру КРК в сцепе):

- средняя площадь кузова, м²: $F := (123 \ 123 \ 123 \ 123)^T$
- коэффициент К, Вт/(м²К): $K := (0.40 \ 0.40 \ 0.40 \ 0.40)^T$
- тепловой экв-т вентиляторов-циркуляторов, Вт: $Q_{\text{ц}} := (150 \ 150 \ 200 \ 200)^T$
- мощность постоянно работающих блоков, Вт: $P0_{\text{то}} := (250 \ 250 \ 300 \ 300)^T$

КРК имеют термическое оборудование, работающее в циклическом режиме, одной из двух моделей со следующими параметрами:

- холодопроизводительность (первый столбец - поддерживаемая температура воздуха внутри кузова, °С, второй - холодопроизводительность, Вт):

$$N_{\text{TK511224M}} := \begin{pmatrix} -35 & 3514 \\ -28.9 & 4217 \\ -17.8 & 6237 \\ 1.7 & 10542 \\ 21.1 & 13470 \end{pmatrix} \quad N_{\text{TK508924M}} := \begin{pmatrix} -28.9 & 3200 \\ -17.8 & 4755 \\ 1.7 & 8070 \\ 21.1 & 10930 \end{pmatrix}$$

- холодопроизводительность КРК на сцепе:

$$N0 := (N_{\text{TK511224M}} \ N_{\text{TK511224M}} \ N_{\text{TK508924M}} \ N_{\text{TK508924M}})^T$$

- энергопотребление (первый столбец - поддерживаемая температура воздуха внутри кузова, °С, второй - энергопотребление, Вт):

$$W_{\text{TK511224M}} := \begin{pmatrix} -35 & 5000 \\ -28.9 & 5400 \\ -17.8 & 6200 \\ 1.7 & 8700 \\ 21.1 & 9200 \end{pmatrix} \quad W_{\text{TK508924M}} := \begin{pmatrix} -35 & 5000 \\ -28.9 & 5400 \\ -17.8 & 6200 \\ 1.7 & 8700 \\ 21.1 & 9200 \end{pmatrix}$$

- энергопотребление КРК на сцепе:

$$W_0 := (W_TK511224M \quad W_TK511224M \quad W_TK508924M \quad W_TK508924M)^T$$

2) В КРК перевозятся следующие тарно-штучные скоропортящиеся грузы:

КРК 1: рыба свежемороженая (код ЕТСНГ: 572080);

КРК 2: рыба свежемороженая (код ЕТСНГ: 572080);

КРК 3: масло топленое (код ЕТСНГ: 553036);

КРК 4: малина свежая (код ЕТСНГ: 051182).

Расчетные параметры грузов:

- масса груза в КРК на сцепе, кг: $G_гр := (27000 \quad 27000 \quad 27000 \quad 18500)^T$

- температурные условия перевозки и хранения скоропортящихся грузов в КРК на сцепе, °C:

$$t_трmin := \begin{pmatrix} -\infty \\ -\infty \\ -18 \\ NaN \end{pmatrix} \begin{matrix} *) \\ [ТР ЕАЭС 040/2016] \\ [ТР ЕАЭС 040/2016] \\ [ГОСТ 32262-2013, режим III - режим I] \\ [ГОСТ 33915-2016] \end{matrix}$$

$$t_трmax := \begin{pmatrix} -18 \\ -18 \\ 5 \\ NaN \end{pmatrix} \begin{matrix} *) \\ [ТР ЕАЭС 040/2016] \\ [ТР ЕАЭС 040/2016] \\ [ГОСТ 32262-2013, режим III - режим I] \\ [ГОСТ 33915-2016] \end{matrix}$$

- температурные режимы перевозки грузов в КРК на сцепе, °C:

$$t_т_p_min := \begin{pmatrix} -20 \\ -20 \\ -9 \\ 2 \end{pmatrix} \quad t_т_p_max := \begin{pmatrix} -18 \\ -18 \\ -6 \\ 5 \end{pmatrix}$$

- значения удельной теплоемкости грузов средней за время остаточного груженого рейса (от момента отключения термического оборудования до достижения грузом предельной температуры) по отдельным КРК на сцепе, кДж/(кг*К), в соответствии с табл. Д.1:

$$C_ГР_CP' := (2.623 \quad 2.623 \quad 1.675 \quad 3.914)^T$$

- значения тепловыделения перевозимых продуктов (первый столбец - температура груза, °С, второй - величина тепловыделения, кДж/кг-час):

$$q_{д_051182} := \begin{pmatrix} 0 & 0.265 \\ 10 & 0.810 \\ 20 & 2.093 \end{pmatrix} \quad q_{д_NONE} := \begin{pmatrix} -\infty & 0 \\ \infty & 0 \end{pmatrix}$$

- значения тепловыделения грузов по отдельным КРК на сцепе:

$$q_{д0} := (q_{д_NONE} \quad q_{д_NONE} \quad q_{д_NONE} \quad q_{д_051182})^T$$

- необходимость вентилирования грузов по отдельным КРК на сцепе:

$$FLG := ("нет" \quad "нет" \quad "нет" \quad "да")^T$$

3) Снабжение электроэнергией всех КРК на сцепе осуществляется от общего источника энергоснабжения со следующими расчетными параметрами:

- номинальная мощность источника энергоснабжения, Вт: $W_{н} := 60000$

- расход топлива на собственные нужды, л/ч: $R0_{э} := 1.5$

- общий (максимальный) запас топлива, л: $V_{т_max} := 2000$

- удельный расход топлива источником энергоснабжения (первый столбец - мощность, Вт, второй - удельный расход топлива, л/Вт-час):

$$r0 := \begin{pmatrix} 0 & 0.000387 \\ 30000 & 0.000387 \\ 45000 & 0.000367 \\ 60000 & 0.000362 \\ 66000 & 0.000362 \end{pmatrix} \quad r := \max(r0^{\langle 1 \rangle}) = 0.000387$$

4) Направление перевозки: со станции Орехово-Зуево (код ЕСП: 23000) на станцию Базаиха (код ЕСП: 89210) со следующими параметрами:

- срок доставки, сут: $\tau_{дост} := 11$

- дата предъявления к перевозке: 01.07.2019

В соответствии с методикой, приведенной в разделе 2.2, определим:

- расчетную температуру наружного воздуха (среднюю за груженный рейс), °С:

$$t_{н_cp} := 25.0$$

5) Определим расчетные холодопроизводительности рассматриваемого термического оборудования КРК на сцене, Вт:

$$N := \left| \begin{array}{l} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad N_j \leftarrow \text{linterp} \left[(N0_j)^{\langle 0 \rangle}, (N0_j)^{\langle 1 \rangle}, \frac{t_{\tau_p_minj} + t_{\tau_p_maxj}}{2} \right] \\ \text{return } N \end{array} \right. \quad N = \begin{pmatrix} 6019 \\ 6019 \\ 6506 \\ 8335 \end{pmatrix}$$

6) Определим расчетные энергопотребления рассматриваемого термического оборудования КРК на сцене, Вт:

$$W := \left| \begin{array}{l} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad W_j \leftarrow \text{linterp} \left[(W0_j)^{\langle 0 \rangle}, (W0_j)^{\langle 1 \rangle}, \frac{t_{\tau_p_minj} + t_{\tau_p_maxj}}{2} \right] \\ \text{return } W \end{array} \right. \quad W = \begin{pmatrix} 6114 \\ 6114 \\ 7521 \\ 8746 \end{pmatrix}$$

7) Определим расчетные величины теплообмена (теплопритока) рассматриваемых КРК на сцене, Вт:

$$Q := \left| \begin{array}{l} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad Q_j \leftarrow \left[K_j \cdot F_j \cdot \left(t_{н_ср} - \frac{t_{\tau_p_minj} + t_{\tau_p_maxj}}{2} \right) \dots \right. \\ \quad \quad \left. \text{linterp} \left[(q_д0_j)^{\langle 0 \rangle}, (q_д0_j)^{\langle 1 \rangle}, \frac{t_{\tau_p_minj} + t_{\tau_p_maxj}}{2} \right] \right. \\ \quad \quad \left. + \frac{\dots}{3.6} \cdot G_грj \dots \right. \\ \quad \quad \left. + Q_цj \right] \\ \text{return } Q \end{array} \right.$$

$$Q = \begin{pmatrix} 2315 \\ 2315 \\ 1799 \\ 3600 \end{pmatrix}$$

8) Произведем проверку достаточности производительности термического оборудования КРК:

$$Q < N = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \textbf{Проверка пройдена}$$

9) Произведем проверку достаточности мощности устройства энергоснабжения:

$$\left(\sum W < W_{\text{н}} \right) = 1 \quad \underline{\text{Проверка пройдена}}$$

10) Определим вероятности включенного (p) и выключенного (q) состояний термического оборудования КРК:

$$p := \frac{Q}{N} = \begin{pmatrix} 0.385 \\ 0.385 \\ 0.277 \\ 0.432 \end{pmatrix} \quad q := 1 - p = \begin{pmatrix} 0.615 \\ 0.615 \\ 0.723 \\ 0.568 \end{pmatrix}$$

11) Определим расчетные параметры энергоснабжения КРК на сцене:

11.1) Рассмотрим все возможные варианты энергетического состояния КРК на сцене, где 1 - термическое оборудование КРК включено, 0 - выключено:

$$X := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

11.2) Определим вероятности наступления каждого варианта:

```

Px := | for x ∈ 0 .. rows(X) - 1
      | | Px ← 1
      | | for j ∈ 0 .. cols(X) - 1
      | | | Px ← Px · pj if Xx,j = 1
      | | | Px ← Px · qj otherwise
      | return P

```

$$P_x = \begin{pmatrix} 0.156 \\ 0.097 \\ 0.097 \\ 0.059 \\ 0.118 \\ 0.061 \\ 0.037 \\ 0.074 \\ 0.037 \\ 0.074 \\ 0.045 \\ 0.023 \\ 0.028 \\ 0.046 \\ 0.028 \\ 0.018 \end{pmatrix}$$

$$\sum P_x = 1$$

11.3) Определим суммарные потребляемые КРК мощности по каждому варианту, Вт:

```

Wx := | for x ∈ 0 .. rows(X) - 1
      | | Wx_x ← 0
      | | for j ∈ 0 .. cols(X) - 1
      | | | Wx_x ← Wx_x + Wj if Xx,j = 1
      | return Wx

```

$$W_x = \begin{pmatrix} 0 \\ 6114 \\ 6114 \\ 7521 \\ 8746 \\ 12227 \\ 13634 \\ 14860 \\ 13634 \\ 14860 \\ 16267 \\ 19748 \\ 22380 \\ 20973 \\ 22380 \\ 28494 \end{pmatrix}$$

12) Определим расчетные температуры грузов в КРК на сцепе в момент отключения термического оборудования по причине выработки топлива устройством энергоснабжения, °C:

$$t_{\text{гpx}} := \begin{cases} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad t_{\text{гpx}} \leftarrow \begin{cases} t_{\text{т_p_max}}_j & \text{if } t_{\text{н_cp}} > t_{\text{тpmax}}_j \\ t_{\text{т_p_min}}_j & \text{if } t_{\text{н_cp}} < t_{\text{тpmin}}_j \\ \text{NaN} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{return } t_{\text{гpx}} \end{cases} \quad t_{\text{гpx}} = \begin{pmatrix} -18 \\ -18 \\ -6 \\ \text{NaN} \end{pmatrix}$$

13) Определим предельно допустимые температуры грузов в КРК на сцепе в конце перевозки, °C:

$$t_{\text{гpn}} := \begin{cases} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad t_{\text{гpn}} \leftarrow \begin{cases} t_{\text{тpmax}}_j & \text{if } t_{\text{н_cp}} > t_{\text{тpmax}}_j \\ t_{\text{тpmin}}_j & \text{if } t_{\text{н_cp}} < t_{\text{тpmin}}_j \\ \text{NaN} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{return } t_{\text{гpn}} \end{cases} \quad t_{\text{гpn}} = \begin{pmatrix} -18 \\ -18 \\ 5 \\ \text{NaN} \end{pmatrix}$$

14) Рассчитаем остаточные предельные сроки перевозки грузов в КРК на сцепе, сут:

$$\tau_{\text{терм}}' := \begin{cases} \text{for } j \in 0 \dots \text{rows}(K) - 1 \\ \quad \tau_{\text{терм_ост}} \leftarrow \begin{cases} 0 & \text{if } (C_{\text{ГР_CP}}'_j = 0) \vee (FLG_j = \text{"да"}) \\ \frac{C_{\text{ГР_CP}}'_j \cdot G_{\text{гpx}}}{86.4 \cdot K_j \cdot F_j} \cdot \ln \left(\left| \frac{t_{\text{гpx}}_j - t_{\text{н_cp}}}{t_{\text{гpn}}_j - t_{\text{н_cp}}} \right| \right) & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{return } \tau_{\text{терм_ост}} \end{cases}$$

$$\tau_{\text{терм}}' = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{Остаточный предельный срок перевозки грузов на} \\ \text{сцепе, сут:} \\ \tau_{\text{терм_ост}} := \min(\tau_{\text{терм}}') = 0 \end{array}$$

15) Определим минимально необходимый начальный запас топлива в устройстве энергоснабжения КРК, л:

$$V_{\text{т}} := (\tau_{\text{дост}} - \tau_{\text{терм_ост}}) \cdot 24 \cdot \left[R0_{\text{э}} + r \cdot \left[\sum P0_{\text{то}} + \sum \overrightarrow{(P_x \cdot W_x)} \right] \right] = 1587$$

16) Осуществим проверку на достаточную емкость топливного бака устройства энергоснабжения, л:

$$(V_{\text{т}} < V_{\text{т_max}}) = 1 \quad \textbf{Проверка пройдена}$$

Приложение К
(обязательное)

Акты внедрения результатов диссертационного исследования



**Ассоциация Организаций
Продуктового Сектора**

115114 г.Москва, Железнодорожный пр-д д.11
ИНН 7713557301 КПП 772501001 ОКПО 77511047,
ОКВЭД 94.11, 22.25, 63.21, 60.10, 72.19.9, 72.60
ОКАТО 45277559000
www.asorps.ru

26.04.2021 № 291/1

Акт внедрения

Результаты диссертационного исследования Давыдова Дениса Олеговича на тему «Комплексная методика установления технологии и контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок, а именно разработанные автором алгоритмы выбора в условиях конкретной перевозки параметров специального транспортного средства, обеспечивающих соблюдение требуемых температурных условий при перевозке скоропортящегося груза в течение всего грузевого рейса, использованы операторами специализированных вагонов и контейнеров, являющихся членами Ассоциации. Также рассматривается перспектива использования указанных алгоритмов при страховании скоропортящихся грузов.

Предложенная методика и алгоритмы рассмотрены на Совете АСОПРС (протокол от 31.08.2020 № 6) и приняты к внедрению рядом членов Ассоциации.

Президент Ассоциации



М.Ю. Синев



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РЕФСЕРВИС»
(АО «Рефсервис»)**

Нижняя Красносельская ул., 40/12,
корпус 20, этаж 10, г. Москва, 105066
тел.: (499) 262-0574, 262-9988

secretary@refservice.ru

www.refservice.ru

ОКПО 93490190, ОГРН 1067746290435
ИНН/КПП 7708590286 / 770101001

Акт внедрения

Результаты диссертационного исследования Давыдова Дениса Олеговича на тему «Комплексная методика установления технологии и контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок, а именно положения разработанной автором комплексной методики в части установления предельных сроков перевозки скоропортящихся грузов в режиме «термос» и с поддержанием температурного режима, в том числе в крупнотоннажных рефрижераторных контейнерах (КРК) на сцепе платформ, использованы АО «Рефсервис» при организации указанных перевозок на сети российских железных дорог.

Указанные положения комплексной методики внедрены путем включения их в особые условия перевозок скоропортящихся грузов, утвержденных распоряжениями ОАО «РЖД» от 12.12.2014 № 2959р, от 20.10.2015 № 2490р.

Заместитель генерального директора
по внешним связям — управляющий делами



22.04.2021

О.А. Богомолов



ОАО «РЖД»
ДЕПАРТАМЕНТ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ
И МЕЖДУНАРОДНОГО
СОТРУДНИЧЕСТВА

Новая Басманная ул. 2, г. Москва, 107174,
Тел.: (499) 262-16-28, факс: (499) 262-28-80,
E-mail: rzd@rzd.ru, www.rzd.ru

«26» 04 2021 г. № 46-12-184

На № _____ от _____

Акт внедрения

Результаты диссертационного исследования Давыдова Дениса Олеговича на тему: «Комплексная методика установления технологии и контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок, а именно – положения разработанной автором методики определения значения общего коэффициента теплопередачи кузова (коэффициента К) специальных транспортных средств (СТС) на основе результатов проведения испытаний СТС в ангаре с учетом требований «Соглашения о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок» (СПС) в части расчета коэффициента К с учетом полученного разброса его значений при проведении измерений, использованы Департаментом зарубежных проектов и международного сотрудничества ОАО «РЖД» в рамках согласованной с Минтранс России деятельности в Рабочей группе по перевозкам скоропортящихся пищевых продуктов (WP.11) КВТ ЕЭК ООН.

Предложенные положения методики одобрены КВТ ЕЭК ООН на 74-й сессии WP.11, включены в 2018 году в Справочник СПС и приняты к внедрению.

Заместитель начальника
департамента



Л.А. Ренне

26.04.2021 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РУССКИЕ РЕФРИЖЕРАТОРЫ»



109012, г. Москва,
ул. Ильинка д. 4, офис 311
Тел.: +7 495 134-22-61
E-MAIL: INFO@RUSREF.SU

ОКПО 76075414; ОГРН 1057746153442; ИНН 7710572855; КПП 771001001

Акт внедрения

Результаты диссертационного исследования Давыдова Дениса Олеговича на тему «Комплексная методика установления технологии и контроля перевозки скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок, а именно разработанная автором методика определения значения общего коэффициента теплопередачи кузова специальных транспортных средств (СТС) на основе результатов проведения испытаний СТС в ангаре с учетом требований «Соглашения о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок» (СПС), использована ООО «Русские Рефрижераторы» при проведении теплотехнических испытаний опытного образца автономного рефрижераторного вагона (АРВ) модели 16-5213.

Предложенная методика успешно апробирована при указанных испытаниях опытного образца АРВ, состоявшихся в марте 2020 года на территории АО «Уралвагонзавод», результаты которых впоследствии были рассмотрены и приняты приемочной комиссией (акт приемочной комиссии от 14 июля 2020 г.). Методика принята к внедрению.

Генеральный директор

ООО «Русские Рефрижераторы»

А.Н. Мельников

20.04.2021 г.

Приложение Л
(обязательное)

Оценка соответствия технологии выполненных ОАО «РЖД» перевозок тарно-штучных скоропортящихся грузов в июне 2020 года требуемым температурным условиям с применением комплексной методики

С применением разработанной комплексной методики проведена оценка соответствия технологии выполненных ОАО «РЖД» перевозок тарно-штучных скоропортящихся грузов в июне 2020 года требуемым температурным условиям (Таблица Л.1 – в рефрижераторных вагонах, Таблица Л.2 – в вагонах-термосах, Таблица Л.3 – в крытых вагонах) – всего перевезено 234 796 т скоропортящихся грузов.

В связи со сложностью анализа совместных перевозок в одном вагоне нескольких скоропортящихся грузов, имеющих различные требования по температурным условиям, указанные перевозки были исключены из рассмотрения. Итого оставлены данные по перевозкам 179 261 т скоропортящихся грузов.

Рассматриваемые скоропортящиеся грузы были перевезены по 622 направлениям, заданным станциями отправления и назначения. Указанные направления перевозок были разбиты на элементарные отрезки с последующей их привязкой к метеостанциям в соответствии с алгоритмом, приведенным в параграфе 2.2. Расчетная температура наружного воздуха на указанных направлениях перевозок определялась в соответствии с фактическими значениями среднесуточных температур наружного воздуха за анализируемые даты перевозок. По некоторым из направлений перевозок не удалось определить температуру наружного воздуха по причине отсутствия или неполного характера метеоданных. Такие перевозки также были исключены из рассмотрения. Таким образом, для окончательного рассмотрения оставлены данные по $Z = 2758$ перевозкам 171 578 т грузов, что составляет 73 % от первоначального объема рассматриваемых перевозок (в тоннах).

Таблица Л.1 – Объем перевозок скоропортящихся грузов в рефрижераторных вагонах всех типов за июнь 2020 года (все грузы, включая совместно перевезенные в одном вагоне, а также на направлениях, по которым не установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона						ИТОГО, тонн
		5872	5842	840	842	5830	818	
		Объем перевозок грузов, тонн						
57208	РЫБА СВЕЖМОР	3935	2840	1271	641	376	176	9239
04112	ОВОЩИ СВЕЖМОР	936	73	485		2		1496
56207	ПФАБР МЯС ЗАМОР	805	125	420		9		1359
56109	МЯСО ДОМАШ ЖИВ	775	487	92				1354
56110	МЯСО ПТИЦ ДОМАШ	547	137	247		11	77	1019
55204	МОРОЖЕНОЕ	272	153	92		2		519
58116	МАЙОНЕЗ	320		76				396
05138	ЯГОДЫ СВЕЖМ ПР	149		100				249
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН	84	25	64				173
58131	СОУСЫ ВС	45		96				141
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ		115	19				134
59506	НАПИТКИ ПР	43	18	62				123
56205	МЯСОПРОД ПР	36		66				102
55304	СЫР	13	2	82				97
05131	ФРУКТЫ СВЕЖМ ПР	47	4	24		2		77
58407	СОКИ ПР	17	36	17				70
56114	СУБПРОД МЯСН ПР			68				68
51102	ИЗД ХЛЕБОБ ПР	32		31				63
51303	ИЗД КОНДИТ ПР	26	4	28				58
51403	ИЗД САХАРН ПР	30	4	15				49

Продолжение Таблицы Л.1

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона						ИТОГО, тонн
		5872	5842	840	842	5830	818	
		Объем перевозок грузов, тонн						
55101	МОЛОКО ПР	28	4	12				44
04118	МОРКОВЬ СВЕЖ	28		12				40
05130	ФРУКТЫ СВЕЖ ПР	21		15				36
56202	ИЗД КОЛБАСНЫЕ	7	6	17				30
55211	ПРОД МОЛОЧ ПР	10	6	14				30
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ			28				28
55410	СПРЕДЫ РАСТ-ЖИР	15		10				25
04302	КАРТОФЕЛЬ ПОЗДН	14		4				18
04119	ТОМАТЫ СВЕЖ			12				12
57210	РЫБА ПР	1		11				12
55501	ЯЙЦА ПТИЦЫ	7		4				11
51305	ПЕЧЕНЬЕ			10				10
57203	КРЕВЕТКИ		3	3		2		8
04301	КАРТОФЕЛЬ РАН			6				6
04113	ОВОЩИ СВЕЖИЕ ПР		4					4
05202	ЯБЛОКИ СВЕЖ			4				4
55404	МАРГАРИН		2	1				3
57304	ИКРА РЫБ ПИЩ	1		2				3
58126	ПРЕСЕРВЫ РЫБН		2					2
57201	ИЗД КУЛИНАР РЫБ	1						1
55208	СЛИВКИ ПР	1						1
ИТОГО, тонн		8246	4050	3520	641	404	253	17114

Таблица Л.2 – Объем перевозок скоропортящихся грузов в вагонах-термосах всех типов за июнь 2020 года (все грузы, включая совместно перевезенные в одном вагоне, а также на направлениях, по которым не установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона									ИТОГО, тонн
		918	5952	800	801	5918	5800	803	5366	366	
		Объем перевозок грузов, тонн									
59202	ПИВО ВС	15485	34465	17264	12814	1794	240				82062
59506	НАПИТКИ ПР	6826	5604	235	2028	769	180				15642
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ	13072	265	53	159	1407				60	15016
57208	РЫБА СВЕЖМОР	96	126	8029	126		1206	174	204	68	10029
58407	СОКИ ПР	5419	472	184	286	483					6844
58408	СОКИ ФРУКТ ПР	4030	315		264	701	6				5316
55101	МОЛОКО ПР	2419	680	114	823	223	391				4650
59501	ВОДЫ МИНЕР ИСК	2203	851		173	713	228				4168
56110	МЯСО ПТИЦ ДОМАШ	679		2103			635	717			4134
58111	КОНСЕРВЫ РЫБН	766	1365		732	359					3222
59505	НАПИТКИ ПЛОД ПР	1913	54		155	33					2155
58131	СОУСЫ ВС	825	173		161	731	45				1935
59502	КВАС ФРУКТ ХЛЕБ	1230		234	52	295					1811
56109	МЯСО ДОМАШ ЖИВ	57	126	825			650			67	1725
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН	491		4	50	381					926
56114	СУБПРОД МЯСН ПР	104		713			54			42	913
55404	МАРГАРИН	289	352		157	53					851
58109	КОНСЕРВЫ МОЛОЧ	168	244		179	53			134		778
59507	СИДРЫ		354		305	9					668
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ	60	429		123						612

Продолжение Таблицы Л.2

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона									ИТОГО, тонн
		918	5952	800	801	5918	5800	803	5366	366	
		Объем перевозок грузов, тонн									
58129	ПЮРЕ ПЛОД ЯГОД	362				125					487
58116	МАЙОНЕЗ	226	68	50	30		100				474
59503	МОРСЫ ФРУКТ ЯГ	199				213					412
58119	МОЛОКО СГУЩЕН	196	104		52						352
51403	ИЗД САХАРН ПР	119		33	115	34	47				348
56207	ПФАБР МЯС ЗАМОР	75		158						8	241
56112	СВИНИНА МОРОЖ	232									232
51405	КОНФЕТЫ ПР	87				54	3				144
55211	ПРОД МОЛОЧ ПР	135				1					136
51418	ШОКОЛАД	67				65					132
58112	КОНСЕРВЫ ФРУКТ	116				6					122
59304	КОНЬЯКИ	57				59					116
55409	ЗАМЕН МОЛОЧ ЖИР					106					106
04112	ОВОЩИ СВЕЖМОР	46		56				3			105
55402	ЖИРЫ КОНДИТ					100					100
59307	НАСТОЙКИ	56				41					97
51102	ИЗД ХЛЕБОБ ПР	48				48					96
60201	ВОДА ОБЫКНОВ	41				43					84
57309	РЫБА СУШ	51									51
51305	ПЕЧЕНЬЕ	32	3		3	2					40
59105	НАПИТКИ ФЕРМЕНТ		33		6						39
56205	МЯСОПРОД ПР	17				22					39
51303	ИЗД КОНДИТ ПР	32				2					34
59101	ВИНА ВИНОГРАД	17				16					33

Продолжение Таблицы Л.2

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона									ИТОГО, тонн
		918	5952	800	801	5918	5800	803	5366	366	
		Объем перевозок грузов, тонн									
55410	СПРЕДЫ РАСТ-ЖИР	13		19							32
04301	КАРТОФЕЛЬ РАН					30					30
56202	ИЗД КОЛБАСНЫЕ	16		10							26
51605	ГОРЧИЦА ПИЩ	15				10	1				26
58123	ПАСТА ПЮРЕ ТОМ	25									25
05130	ФРУКТЫ СВЕЖ ПР	10				12					22
57201	ИЗД КУЛИНАР РЫБ			13			6				19
04125	СВЕКЛА КОР СВЕЖ					19					19
55502	ЯЙЦА ПР	15									15
51307	ПРЯНИКИ КОВРИЖ	12									12
55304	СЫР	12									12
58128	ПЮРЕ ОВОЩ					12					12
58130	СИРОПЫ ВС	7	1								8
59103	ВИНА ШАМПАН ИГР	6									6
05138	ЯГОДЫ СВЕЖМ ПР			6							6
59102	ВИНА ФРУКТ ЯГОД	6									6
04302	КАРТОФЕЛЬ ПОЗДН	2									2
51417	ХАЛВА	2									2
04113	ОВОЩИ СВЕЖИЕ ПР					1					1
59302	ИЗД ВОДОЧ ПР	1									1
ИТОГО, тонн		58485	46084	30103	18793	9025	3792	894	338	245	167759

Таблица Л.3 – Объем перевозок скоропортящихся грузов в крытых вагонах всех типов за июнь 2020 года (все грузы, включая совместно перевезенные в одном вагоне, а также на направлениях, по которым не установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона														ИТОГО, тонн
		211	5206	5211	208	5209	202	5204	382	5205	206	5201	5925	5900		
		Объем перевозок грузов, тонн														
59501	ВОДЫ МИНЕР ИСК	4931	4548	1024	1381	1738	2074	60							15756	
55409	ЗАМЕН МОЛОЧ ЖИР	3953	2067	1538	400	265									8223	
55404	МАРГАРИН	725	1935	196	660	397		67							3980	
55402	ЖИРЫ КОНДИТ	1338	201	670		335									2544	
59202	ПИВО ВС	798	705	309	4	268		172		109			9		2374	
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ	391	409	82	303	274	344	320			62				2185	
55405	ПРОД МАРГАР ПР		1087		408			204		340					2039	
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН	37	900	67	255	17	151	310		61		62	8		1868	
58123	ПАСТА ПЮРЕ ТОМ	364	274	416		218	177								1449	
59506	НАПИТКИ ПР	637	276	223	8	56	4	66		8			18		1296	
58111	КОНСЕРВЫ РЫБН	118	536		117		217	68		68					1124	
55412	ЗАМЕНИТ КАКАО	845	65	195											1105	
60201	ВОДА ОБЫКНОВ	4	1		4				1026		5				1040	
51403	ИЗД САХАРН ПР	491	135	229	49										904	
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ	122	67	67	256	61	66	60							699	
51405	КОНФЕТЫ ПР	107	200	1	2	150					2		5		467	
51417	ХАЛВА	35	310			59									404	
51511	ПАТОКА КРАХМ ГЛ		189		189										378	
55403	ЖИРЫ КУЛИНАР	201													201	
58131	СОУСЫ ВС	15	11		67	10	66	23							192	

Продолжение Таблицы Л.3

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона													ИТОГО, тонн
		211	5206	5211	208	5209	202	5204	382	5205	206	5201	5925	5900	
		Объем перевозок грузов, тонн													
59304	КОНЬЯКИ	159													159
55101	МОЛОКО ПР	96	33	6		21									156
58112	КОНСЕРВЫ ФРУКТ	62	10	80											152
51305	ПЕЧЕНЬЕ	100		45							2				147
51303	ИЗД КОНДИТ ПР	26	52	11	4	28							9	10	140
51410	НАЧИНКА КАРАМЕЛ		134												134
04302	КАРТОФЕЛЬ ПОЗДН					67				67					134
51660	СЫВОРОТ МОЛ СУХ	65		65											130
58407	СОКИ ПР	79	25			10									114
58129	ПЮРЕ ПЛОД ЯГОД						60								60
55211	ПРОД МОЛОЧ ПР	56	2			1									59
58408	СОКИ ФРУКТ ПР	23	2	3	6	4							10		48
58124	ПОВИДЛО ФРУКТ				1		46								47
59507	СИДРЫ		42												42
59505	НАПИТКИ ПЛОД ПР	29													29
51418	ШОКОЛАД	4	9	1		13									27
59102	ВИНА ФРУКТ ЯГОД	15				1									16
58404	СОК ЯБЛОЧ						15								15
59307	НАСТОЙКИ	13				1									14
55210	СЫВОРОТКА МОЛОЧ		12												12
59101	ВИНА ВИНОГРАД	11													11
59311	НАПИТК.СЛАБОАЛК	10													10
51307	ПРЯНИКИ КОВРИЖ	5		1	2	1									9
59308	РОМ	8													8

Продолжение Таблицы Л.3

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона													ИТОГО, тонн
		211	5206	5211	208	5209	202	5204	382	5205	206	5201	5925	5900	
		Объем перевозок грузов, тонн													
51646	ХРЕН СТОЛОВ		5												5
51633	НАПИТКИ ЧАЙН	3													3
51102	ИЗД ХЛЕБОБ ПР	2			1										3
55501	ЯЙЦА ПТИЦЫ			1		2									3
59103	ВИНА ШАМПАН ИГР	2													2
59301	ВОДКА	2													2
55304	СЫР	1													1
58122	ОГУРЦЫ МАРИНОВ		1												1
57309	РЫБА СУШ	1													1
51406	МАРМЕЛАД				1										1
ИТОГО, тонн		15884	14243	5230	4118	3997	3220	1350	1026	653	71	62	59	10	49923

Данные по выполненным перевозкам содержат: код условного типа вагона, код ЕСТНГ груза, дату отправления (приема груза к перевозке) и дату окончания перевозки, коды ЕСП станций отправления и назначения, массу груза в вагоне. Остальные параметры, необходимые для определения правильности установления грузоотправителем технологии перевозки груза, приняты как расчетные величины или экспертным путем.

Так, значения коэффициентов K приняты экспертным путем для вагонов-термосов следующих условных типов:

- 800, 5800 (ВТ модели 16-6894) – $0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 801, 5952 (ИБ-термосы-Кр моделей 11-280-26, 11-1807-31, 16-6935 и 16-6935-01) – $0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 803 (вагоны-термосы модели 16-1807-04) – $0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 918, 5918 (ИБ-термосы) – $0,70 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 366, 5366 (ИБ-термосы из вагонов модели 15Т56) – $0,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Требования к температурным условиям хранения и перевозки грузов приняты по результатам анализа действующей нормативной документации на скоропортящиеся пищевые продукты (технические регламенты и стандарты). Для грузов, допускающих перевозку в режиме «термос», указанные требования приведены в Приложении Д. Влиянием упаковки (потребительской и транспортной) на теплофизические параметры грузов пренебрегаем.

Перевозки скоропортящихся грузов в вагонах с поддержанием температурного режима возможны в настоящее время только в ГРПС, эксплуатация которого осуществляется с постоянным сопровождением проводниками грузоотправителя. Для таких условий в рамках комплексной методики не устанавливаются параметры используемой технологии перевозки, поскольку их установление и соблюдение полностью находятся в зоне ответственности проводников грузоотправителя. В связи с этим принимаем, что все перевозки скоропортящихся грузов в вагонах с поддержанием температурного режима осуществлялись с соблюдением требуемых температурных условий.

Доля в общей продолжительности z -й перевозки ($z \in Z$) суммарного времени

несоответствия расчетных температурных условий перевозки груза требуемым температурным условиям при использовании технологии перевозки груза в режиме «термос» установлена по формуле:

$$\varpi_{\text{терм}_z} = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_{\text{терм}_z}}{\tau_{\text{дост}_z}}, & \tau_{\text{терм}_z} < \tau_{\text{дост}_z}, \\ 0, & \tau_{\text{терм}_z} \geq \tau_{\text{дост}_z} \end{cases}, \quad (\text{Л.1})$$

где

$\tau_{\text{терм}_z}$ – предельный срок перевозки груза в режиме «термос», рассчитанный в соответствии с параграфом 2.5 для z -й перевозки, сут;

$\tau_{\text{дост}_z}$ – фактический срок доставки для рассматриваемой z -й перевозки, сут.

При расчете $\tau_{\text{терм}_z}$ принято, что тепловыми потерями груза на стадии погрузки пренебрегаем. Начальная температура замороженных грузов (кроме рыбы) принята равной минус 18 °С (по верхнему диапазону температур, поддерживаемых в промышленных морозильных складах); начальная температура рыбы мороженой принята равной минус 25 °С, что соответствует нижнему диапазону температур для морозильных складов.

При обнаружении в процессе анализа перевозок в режиме «термос» свежей плодоовощной продукции, требующей вентилирования, такие перевозки помечены как $\varpi_{\text{терм}_z} = 1$. При перевозке указанной продукции в УКВ принято, что вентилирование осуществлялось через боковые люки вагона.

Определение расчетной температуры воздуха внутри УКВ для z -й перевозки (t_{B_z}) произведено в соответствии с параграфом 2.3. При этом значение коэффициента ослабления интенсивности солнечного излучения, падающего на перпендикулярную потоку излучения поверхность, в расчетной точке маршрута перевозки, привязанной к i -й метеостанции (всего I метеостанций), в d -е сутки грузевого рейса (элементарные отрезки, привязанные к i -й метеостанции, груз проследует за D_i суток), вследствие облачности ($k_{\text{обл}_z i_d}$) принято равным 0,5.

Доля в общей продолжительности z -й перевозки суммарного времени

несоответствия расчетных температурных условий перевозки груза в УКВ требуемым температурным условиям определена в соответствии с (2.33) и (2.34) по формуле:

$$\varpi_{\text{УКВ}_Z} = \left\{ \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} \left(\frac{\tau_{zi_d}}{\tau_{\text{дост}_Z}}, (t_{\text{вз}i_d} > t_{\text{трmax}_Z}) \vee (t_{\text{вз}i_d} < t_{\text{трmin}_Z}) \right), \right. \\ \left. 0, t_{\text{трmin}_Z} \leq t_{\text{вз}i_d} \leq t_{\text{трmax}_Z} \right\}, \quad (\text{Л.2})$$

где

τ_{zi_d} – соответственно, расчетная продолжительность проследования грузом элементарных отрезков, привязанных к i -й метеостанции, в d -е сутки для z -й перевозки, сут;

$t_{\text{вз}i_d}$ – расчетная температура воздуха внутри УКВ при проследовании грузом элементарных отрезков, привязанных к i -й метеостанции, в d -е сутки для z -й перевозки, °С;

$t_{\text{трmin}_Z}, t_{\text{трmax}_Z}$ – границы требуемых температурных условий перевозки груза, принятых для z -й перевозки, °С.

Доля в общей продолжительности всех перевозок q -го груза (всего Q грузов, $q \subset Z, Q \subset Z$) в j -м условном типе вагона (всего J условных типов вагонов, $j \subset Z, J \subset Z$) суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым при использовании технологий перевозки груза в режиме «термос» или с защитой от атмосферных осадков определена по формуле:

$$\varpi_{\text{терм|УКВ}_{j,q}} = \frac{\sum_{z=1}^Z \varpi_{\text{терм|УКВ}_Z} \cdot G_{\text{гр}_Z}}{\sum_{z=1}^Z G_{\text{гр}_Z}}, (z \in q) \wedge (z \in j), \quad (\text{Л.3})$$

где

$G_{\text{гр}_Z}$ – масса груза в вагоне для z -й перевозки, кг.

Доля времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок

грузов требуемым в общей продолжительности всех перевозок Q грузов в J условных типах вагонов-термосов или УКВ определена по формуле:

$$\varpi_{\text{терм|УКВ}_Z} = \frac{\sum_{z=1}^Z \varpi_{\text{терм|УКВ}_Z} \cdot G_{\text{гр}_Z}}{\sum_{z=1}^Z G_{\text{гр}_Z}}, (z \in Q) \wedge (z \in J), \quad (\text{Л.4})$$

Средний за время z -й перевозки выход расчетной температуры воздуха внутри кузова УКВ за требуемые границы температурных условий перевозки груза определен в соответствии с (2.35) и (2.36) по формуле:

$$\bar{\Delta t}_z = \begin{cases} \left(\left(\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^{D_i} (\tau_{z i d} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \min \left[\begin{array}{l} |t_{B z i d} - t_{\text{трmax}_z}| \\ |t_{B z i d} - t_{\text{трmin}_z}| \end{array} \right] \right), (t_{B z i d} > t_{\text{трmax}_z}) \vee (t_{B z i d} < t_{\text{трmin}_z}) \right) \times, \quad (\text{Л.5}) \\ \left. \times \frac{1}{\varpi_{\text{УКВ}_Z} \cdot \tau_{\text{дост}_Z}} \right), \varpi_{\text{УКВ}_Z} \neq 0 \\ 0, \varpi_{\text{УКВ}_Z} = 0 \end{cases}$$

Средневзвешенный выход расчетных температур воздуха внутри кузова УКВ за требуемые границы температурных условий для всех перевозок Q грузов в J условных типах крытых вагонов определен по формуле:

$$\bar{\Delta t}_Z = \frac{\sum_{z=1}^Z \bar{\Delta t}_z \cdot G_{\text{гр}_Z}}{\sum_{z=1}^Z G_{\text{гр}_Z}}, (z \in Q) \wedge (z \in J) \wedge (\bar{\Delta t}_z > 0). \quad (\text{Л.6})$$

Параметры $\varpi_{j,q}$ и ϖ_Z для анализируемых перевозок приведены в: Таблице Л.4 – для вагонов-термосов всех типов, Таблице Л.5 – для УКВ всех типов. Параметр $\bar{\Delta t}_Z$ определен и приведен в Таблице Л.6.

Таблица Л.4 – Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям (в вагонах-термосах всех типов в июне 2020 года; учтены только повагонные отправки на направлениях, по которым установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона									ИТОГО, %
		803	5366	366	5800	800	918	801	5952	5918	
		Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям, %									
57208	РЫБА СВЕЖМОР	62,8	76,9	74,8	63,3	63,0	76,5	63,2	64,2		63,5
56110	МЯСО ПТИЦ ДОМАШ	55,5			50,9	57,6	69,6				57,3
56112	СВИНИНА МОРОЖ						35,3				35,3
56109	МЯСО ДОМАШ ЖИВ			26,0	6,5	11,3	50,2		0,0		10,5
51403	ИЗД САХАРН ПР				0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
55101	МОЛОКО ПР				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55211	ПРОД МОЛОЧ ПР						0,0				0,0
55402	ЖИРЫ КОНДИТ									0,0	0,0
55404	МАРГАРИН						0,0	0,0	0,0		0,0
55409	ЗАМЕН МОЛОЧ ЖИР									0,0	0,0
57309	РЫБА СУШ						0,0				0,0
58109	КОНСЕРВЫ МОЛОЧ		0,0				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ						0,0	0,0	0,0		0,0
58111	КОНСЕРВЫ РЫБН						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58116	МАЙОНЕЗ				0,0	0,0	0,0				0,0
58119	МОЛОКО СГУЩЕН						0,0	0,0	0,0		0,0

Продолжение Таблицы Л.4

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона									ИТОГО, %
		803	5366	366	5800	800	918	801	5952	5918	
		Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям, %									
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН							0,0			0,0
58407	СОКИ ПР					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58408	СОКИ ФРУКТ ПР						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59202	ПИВО ВС				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59501	ВОДЫ МИНЕР ИСК				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59502	КВАС ФРУКТ ХЛЕБ					0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ			0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59505	НАПИТКИ ПЛОД ПР						0,0				0,0
59506	НАПИТКИ ПР				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ИТОГО, %		57,0	46,4	35,0	32,8	22,3	0,9	0,7	0,3	0,0	7,2

Таблица Л.5 – Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям (в крытых вагонах всех типов в июне 2020 года; учтены только повагонные отправки на направлениях, по которым установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона										ИТОГО, %
		5205	5201	202	5209	206	208	5204	5206	211	5211	
		Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям, %										
55403	ЖИРЫ КУЛИНАР									99,7		99,7
51417	ХАЛВА				100,0				99,0	100,0		99,2
55402	ЖИРЫ КОНДИТ				88,7				77,2	88,2	92,1	88,4
55405	ПРОД МАРГАР ПР	92,5					79,6	82,2	88,0			86,4
55404	МАРГАРИН				89,2		81,8	98,0	81,5	82,4	88,1	83,1
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ			79,8	81,7	71,6	55,5	85,5	72,6	78,1		75,8
59501	ВОДЫ МИНЕР ИСК			74,2	75,8		72,8	78,1	70,3	68,0	68,7	70,8
58111	КОНСЕРВЫ РЫБН						71,5		62,0	23,1		60,8
58131	СОУСЫ ВС			60,3								60,3
58129	ПЮРЕ ПЛОД ЯГОД			55,6								55,6
04302	КАРТОФЕЛЬ ПОЗДН				53,9							53,9
51405	КОНФЕТЫ ПР				55,2				54,4	38,0		51,0
51403	ИЗД САХАРН ПР								21,8	49,1	43,9	43,2
51660	СЫВОРОТ МОЛ СУХ									34,4	43,5	39,0
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ				32,6		42,6	21,2	45,6	35,8	45,7	39,0
51305	ПЕЧЕНЬЕ									39,8	21,3	34,7

Продолжение Таблицы Л.5

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона										ИТОГО, %
		5205	5201	202	5209	206	208	5204	5206	211	5211	
		Доля в общей продолжительности перевозок суммарного времени несоответствия расчетных температурных условий перевозок грузов требуемым температурным условиям, %										
51303	ИЗД КОНДИТ ПР				24,8							24,8
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН	36,7	83,2				22,8	34,5	7,8		21,8	19,9
59304	КОНЬЯКИ									12,7		12,7
59202	ПИВО ВС				2,9			29,3	7,1	8,3	0,0	10,0
59506	НАПИТКИ ПР							7,2	33,4	0,0	7,3	9,2
55412	ЗАМЕНИТ КАКАО								20,8	10,2	0,0	9,1
55409	ЗАМЕН МОЛОЧ ЖИР				12,2		3,5		5,0	7,7	10,3	7,4
51410	НАЧИНКА КАРАМЕЛ								0,0			0,0
55101	МОЛОКО ПР									0,0		0,0
58407	СОКИ ПР									0,0		0,0
ИТОГО, %		84,0	83,2	74,2	72,0	71,6	60,7	57,9	55,9	46,3	43,4	54,6

Таблица Л.6 – Средневзвешенный выход расчетных температур воздуха внутри кузова УКВ за требуемые границы температурных условий (крытые вагоны всех типов в июне 2020 года; учтены только повагонные отправки на направлениях, по которым установлена расчетная температура наружного воздуха)

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона										ИТОГО, °С
		206	5205	5209	202	208	5206	5204	211	5211	5201	
		Средневзвешенный выход расчетных температур воздуха внутри кузова УКВ за требуемые границы температурных условий, °С										
55403	ЖИРЫ КУЛИНАР								9,6			9,6
51417	ХАЛВА			10,1			7,8		7,4			8,1
55402	ЖИРЫ КОНДИТ			7,1			6,3		5,9	6,1		6,1
55405	ПРОД МАРГАР ПР		5,9			5,5	6,1	6,5				6,0
55404	МАРГАРИН			6,7		5,4	5,2	4,8	5,7	5,0		5,4
59504	НАПИТКИ ГАЗИРОВ	6,2		4,7	4,8	4,9	5,3	5,9	5,1			5,2
59501	ВОДЫ МИНЕР ИСК			4,3	4,7	4,5	4,6	4,2	4,2	4,0		4,4
58111	КОНСЕРВЫ РЫБН					6,0	4,3		1,0			4,4
58110	КОНСЕРВЫ ОВОЩ			2,1		3,9	5,1	2,1	4,1	5,3		3,9
4302	КАРТОФЕЛЬ ПОЗДН			3,6								3,6
51660	СЫВОРОТ МОЛ СУХ								3,6	3,0		3,3
51403	ИЗД САХАРН ПР						1,7		4,0	2,8		3,3
58129	ПЮРЕ ПЛОД ЯГОД				2,6							2,6
58131	СОУСЫ ВС				2,1							2,1
58135	КОНСЕРВЫ МЯСН		1,9			2,0	2,0	2,5		2,1	1,8	2,1
51405	КОНФЕТЫ ПР			1,9			1,7		1,9			1,8
59506	НАПИТКИ ПР						3,5	0,7		0,7		1,6
51303	ИЗД КОНДИТ ПР			1,5								1,5
51305	ПЕЧЕНЬЕ								1,4	1,4		1,4

Продолжение Таблицы Л.6

Код ЕТСНГ	Сокращенное наименование	Код условного типа вагона										ИТОГО, °С
		206	5205	5209	202	208	5206	5204	211	5211	5201	
		Средневзвешенный выход расчетных температур воздуха внутри кузова УКВ за требуемые границы температурных условий, °С										
55412	ЗАМЕНИТ КАКАО						3,2		0,9			1,1
55409	ЗАМЕН МОЛОЧ ЖИР			0,9		1,1	1,0		1,0	1,3		1,1
59202	ПИВО ВС			1,0			1,0	1,8	0,4			1,0
59304	КОНЬЯКИ								0,8			0,8
ИТОГО, °С		6,2	5,3	4,7	4,6	4,6	4,5	4,3	3,8	3,8	1,8	4,2

Выполненный анализ перевозок во внутреннем сообщении тарно-штучных скоропортящихся грузов в вагонах всех типов в июне 2020 года показал:

1) Из 2758 проанализированных перевозок в 787 случаях (**28,5 %**) не были обеспечены требуемые температурные условия.

2) Из 2110 проанализированных перевозок скоропортящихся грузов в режиме «термос» (ТХ2) не были обеспечены требуемые температурные условия в 241 случае (**11,4 %**). При этом из 168 проанализированных перевозок замороженных скоропортящихся грузов (рыбы свежемороженой, код ЕТСНГ 57208; свинины мороженой, код ЕТСНГ 56112) в 166 случаях (**98,8 %**) не были обеспечены требуемые температурные условия. Продолжительность выхода температуры за границы требуемых температурных условий в среднем при перевозке в вагоне-термосе по расчетам составила **7,2 %** от продолжительности всего груженого рейса.

3) Из 648 проанализированных перевозок скоропортящихся грузов с защитой только от атмосферных осадков (ТХ3) не были обеспечены требуемые температурные условия в 546 случаях (**84,3 %**). Продолжительность выхода температуры за границы требуемых температурных условий в среднем при перевозке в УКВ по расчетам составила **54,6 %** от продолжительности всего груженого рейса с выходом расчетной температуры внутри кузова УКВ в среднем от 1,8 °С до 6,2 °С (максимальный выход – 10,6 °С), что соответствует уменьшению от **9 %** до **31 %** срока хранения грузов.

Приложение М

(обязательное).

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения величины
коэффициента К

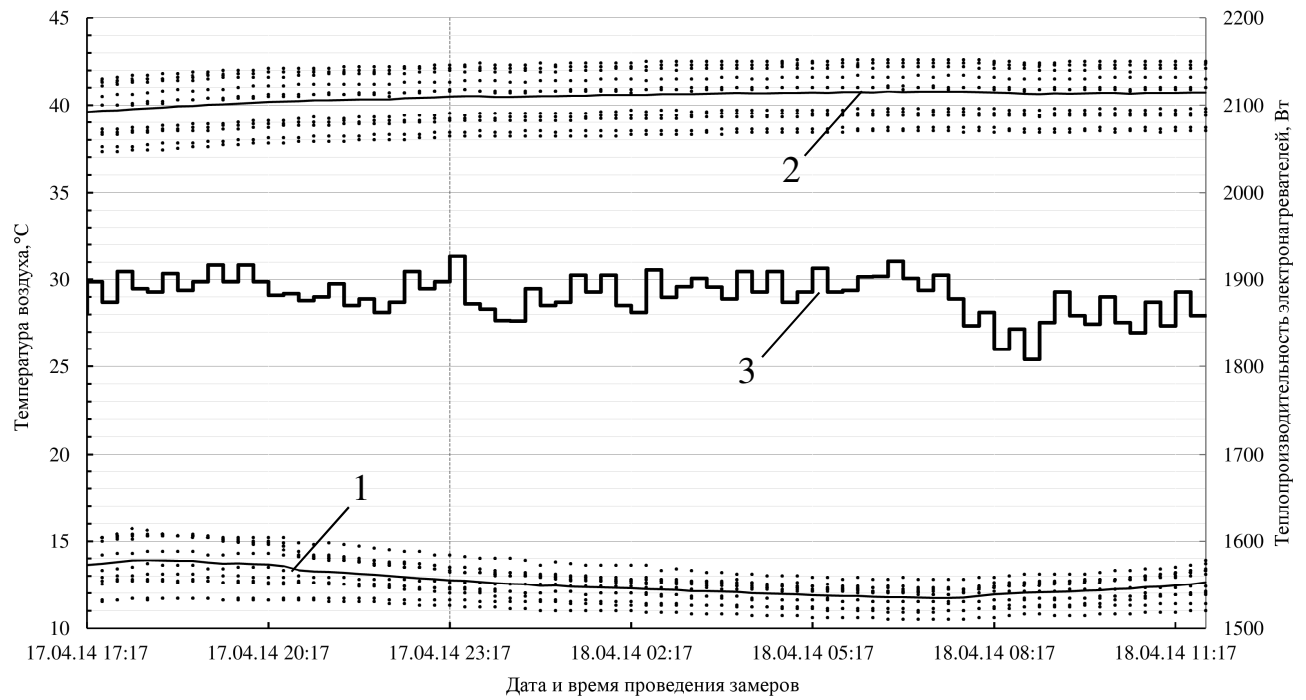


Рисунок М.1 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 1):

· – мгновенные значения температуры воздуха, °C; 1, 2 – изменение средних (в пределах одного замера) значений температуры воздуха, снаружи и внутри кузова соответственно, °C; 3 – теплопроизводительность электронагревательных приборов, Вт

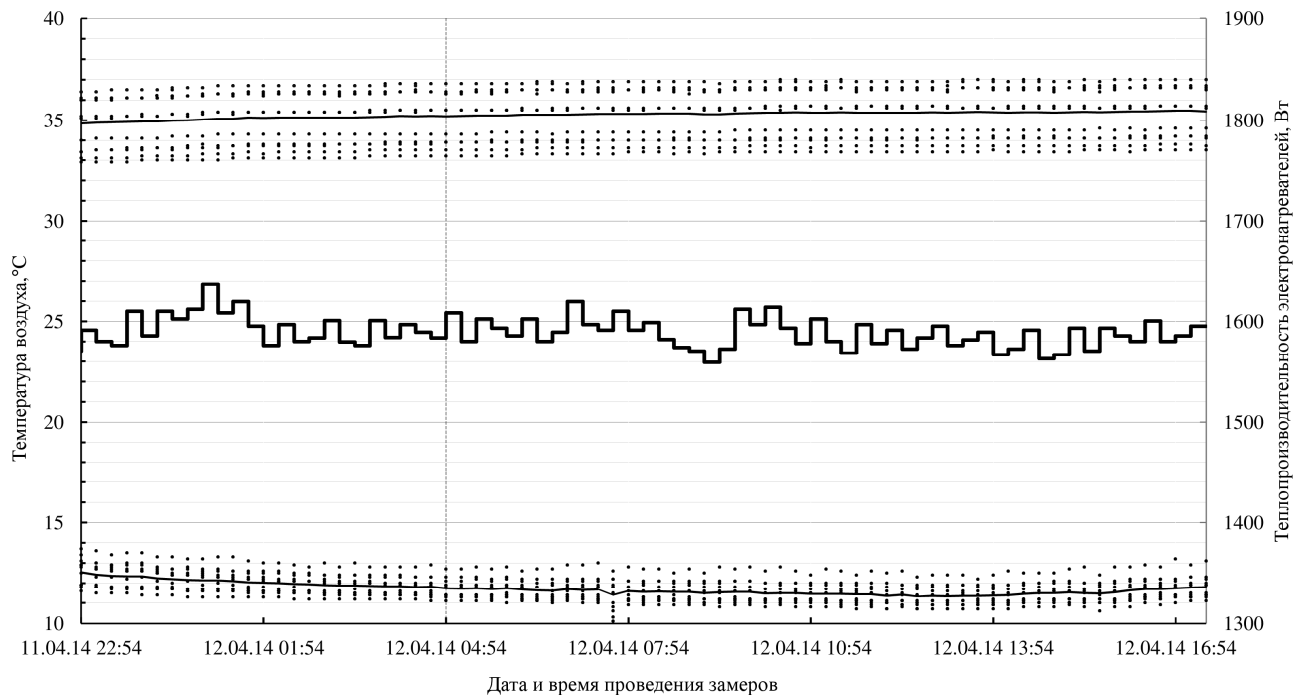


Рисунок М.2 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 2)

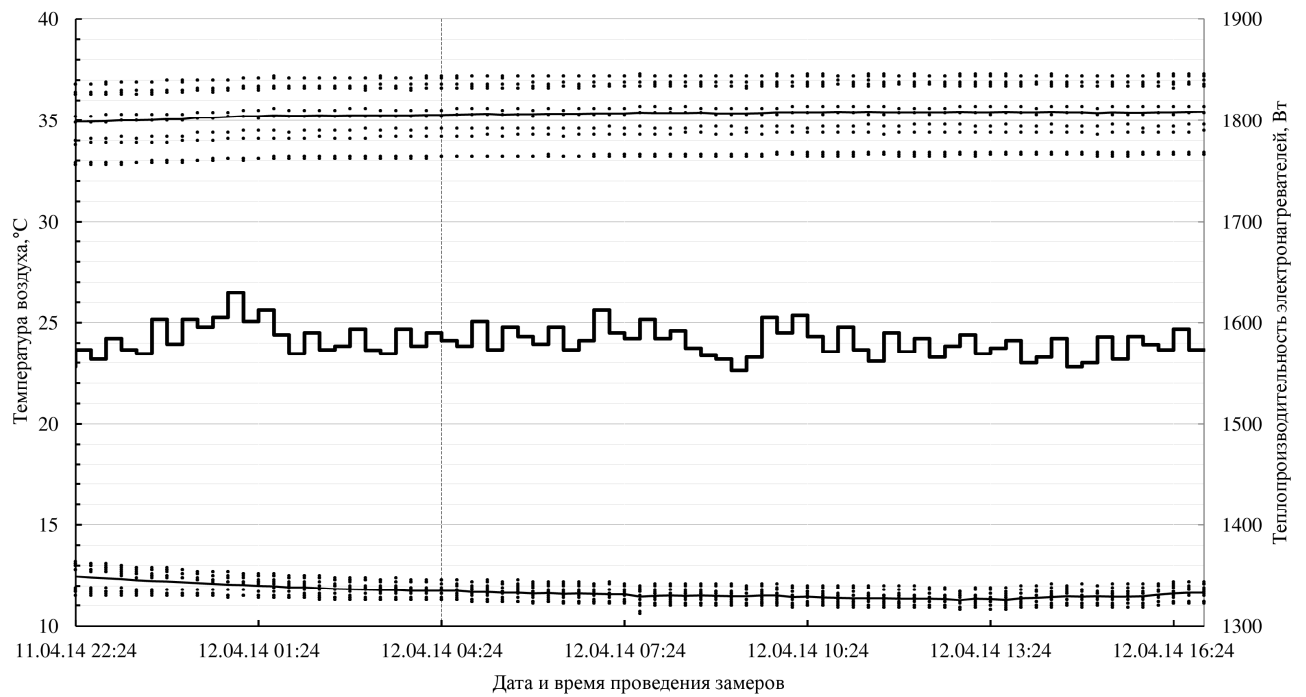


Рисунок М.3 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 3)

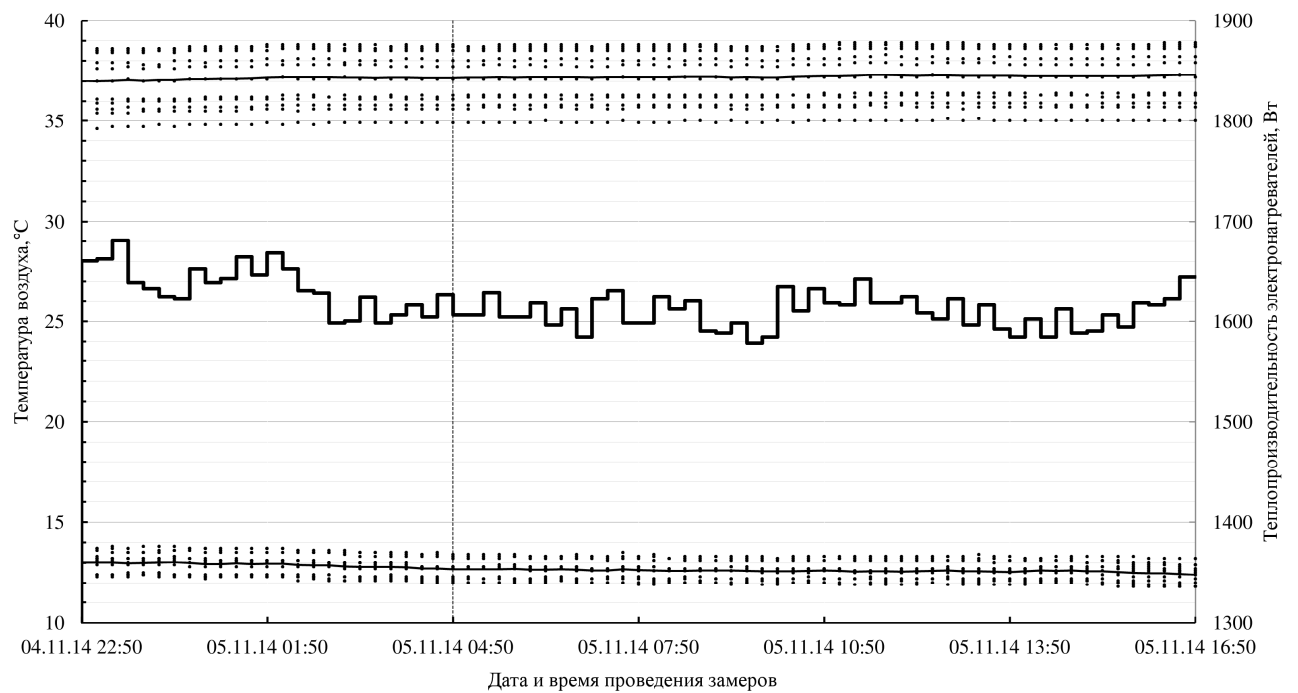


Рисунок М.4 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 4)

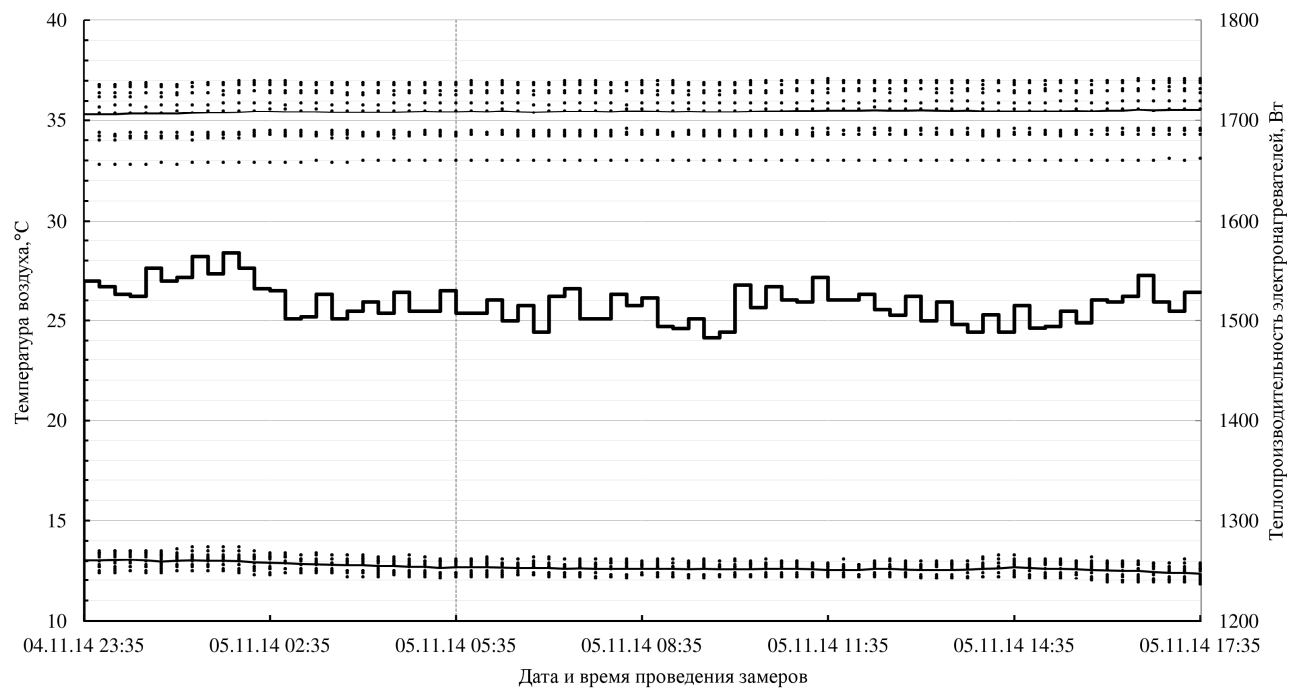


Рисунок М.5 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 5)

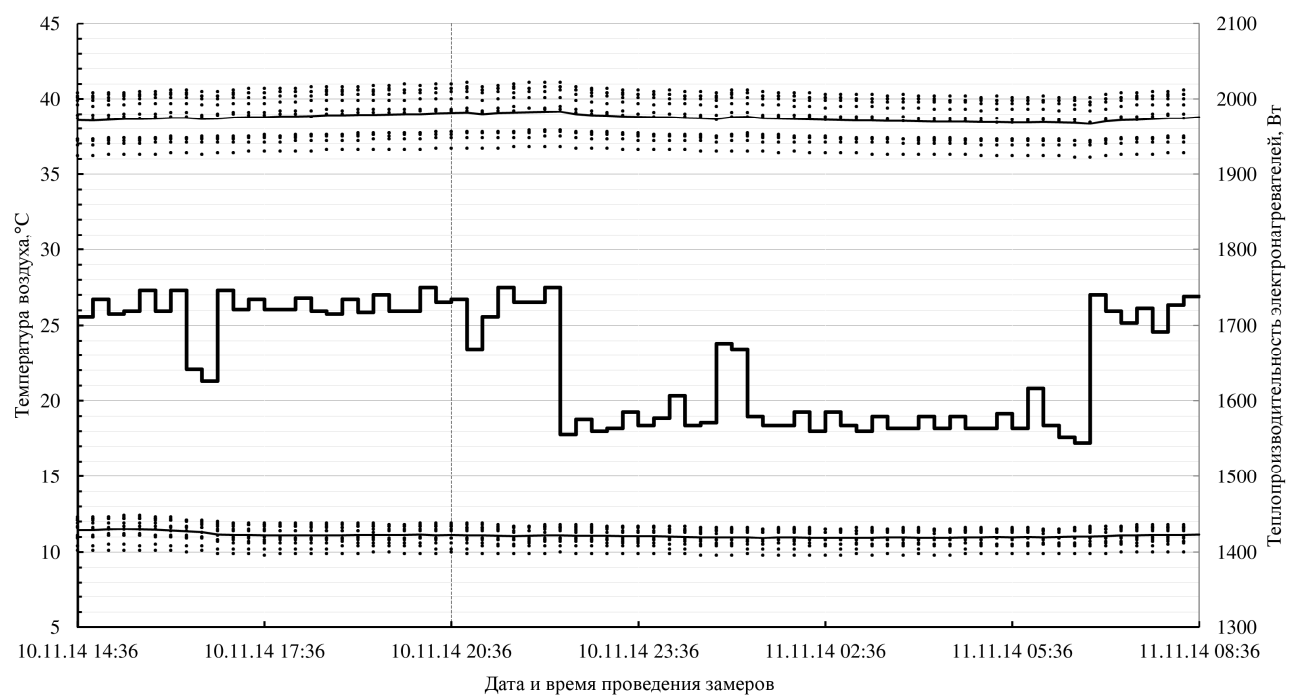


Рисунок М.6 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 6)

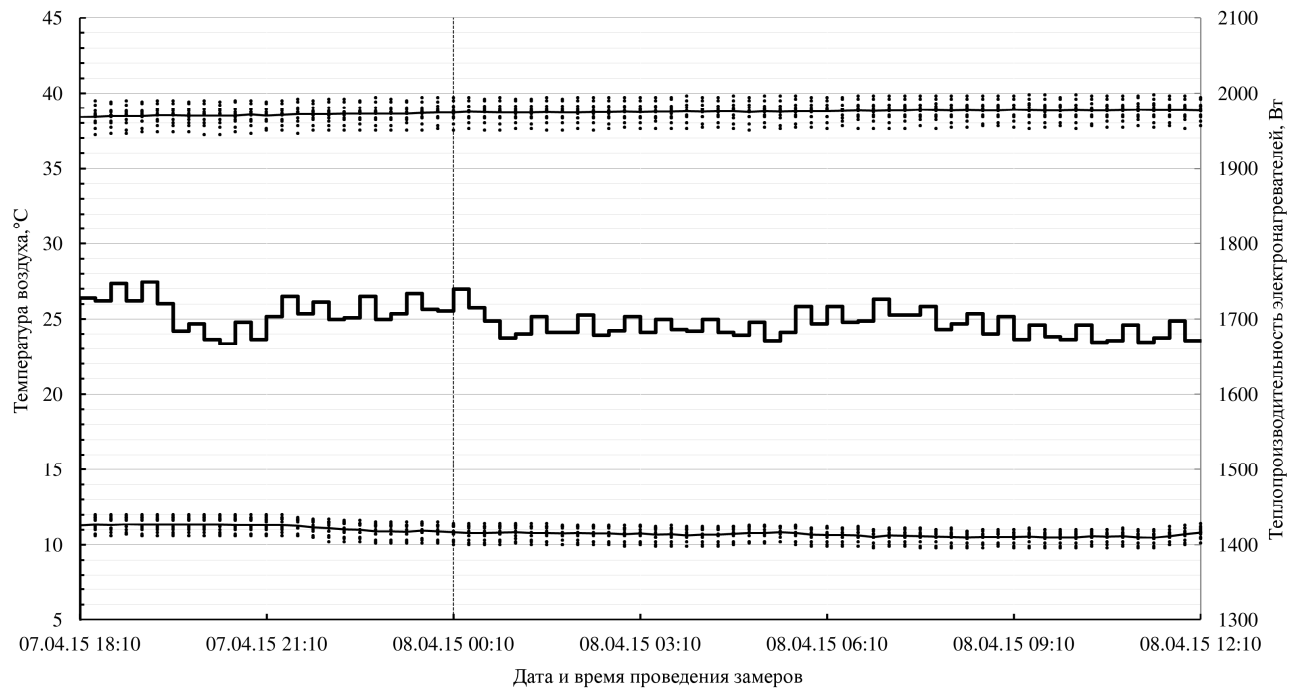


Рисунок М.7 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 7)

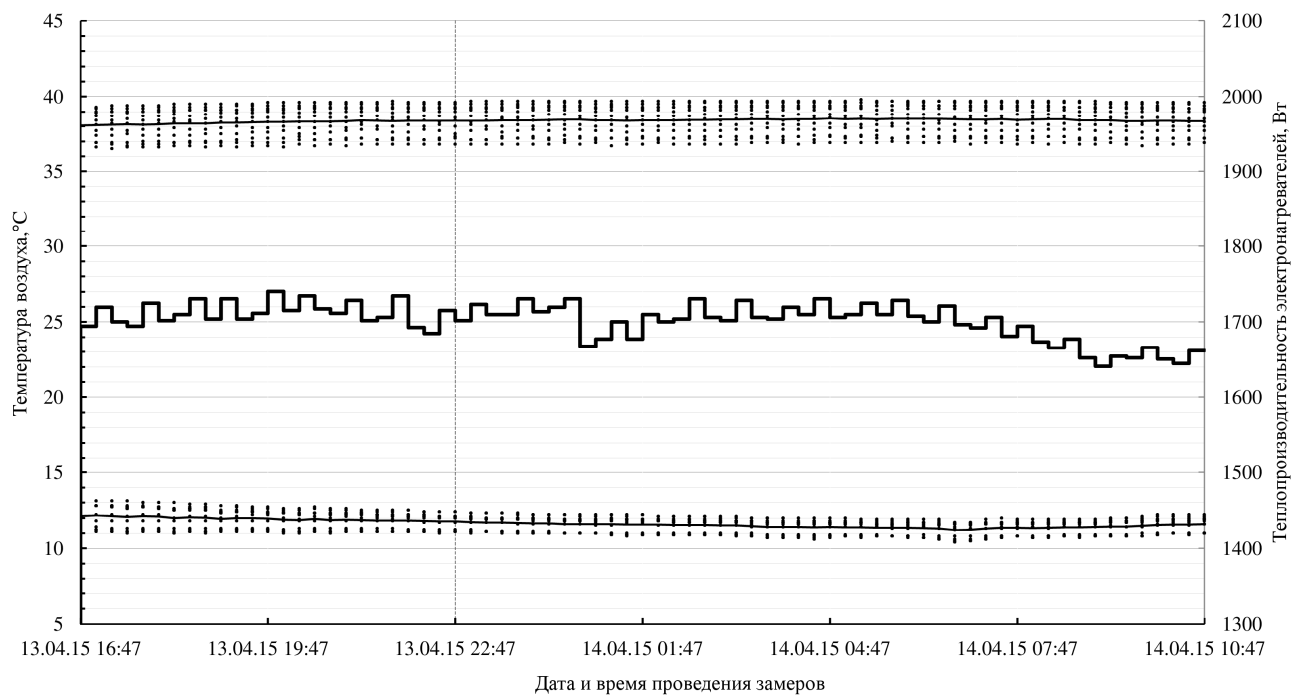


Рисунок М.8 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 8)

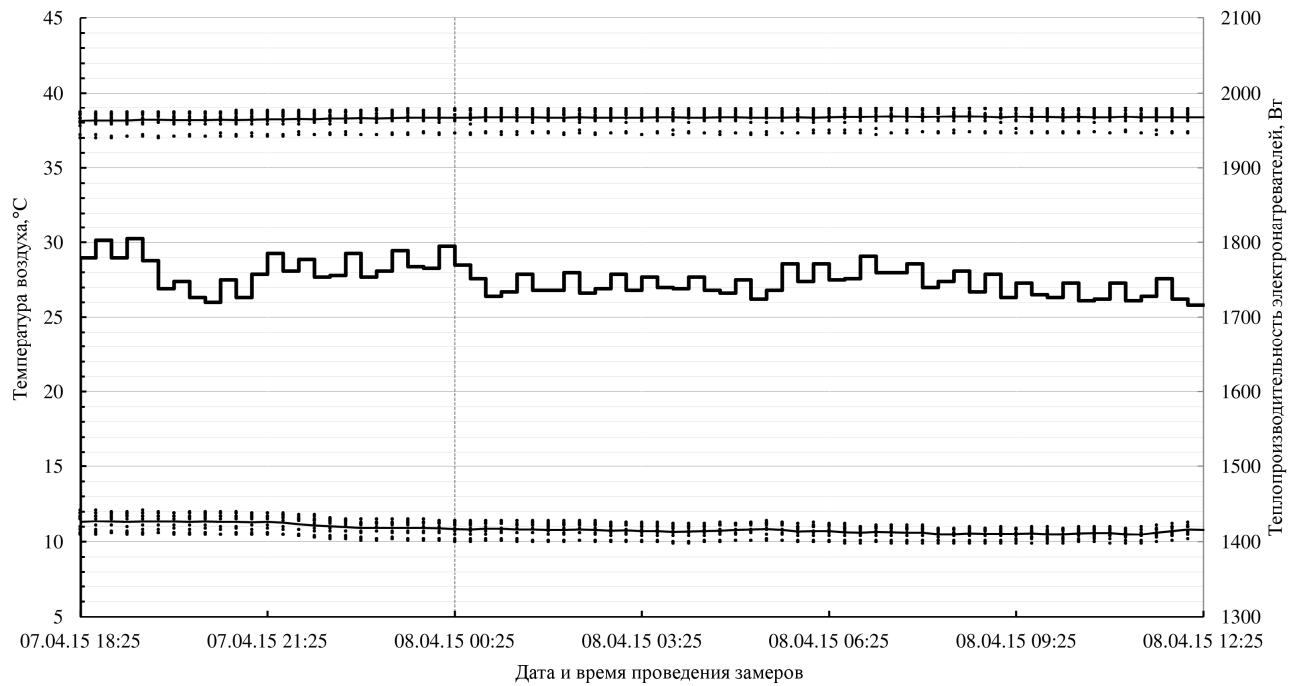


Рисунок М.9 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 9)

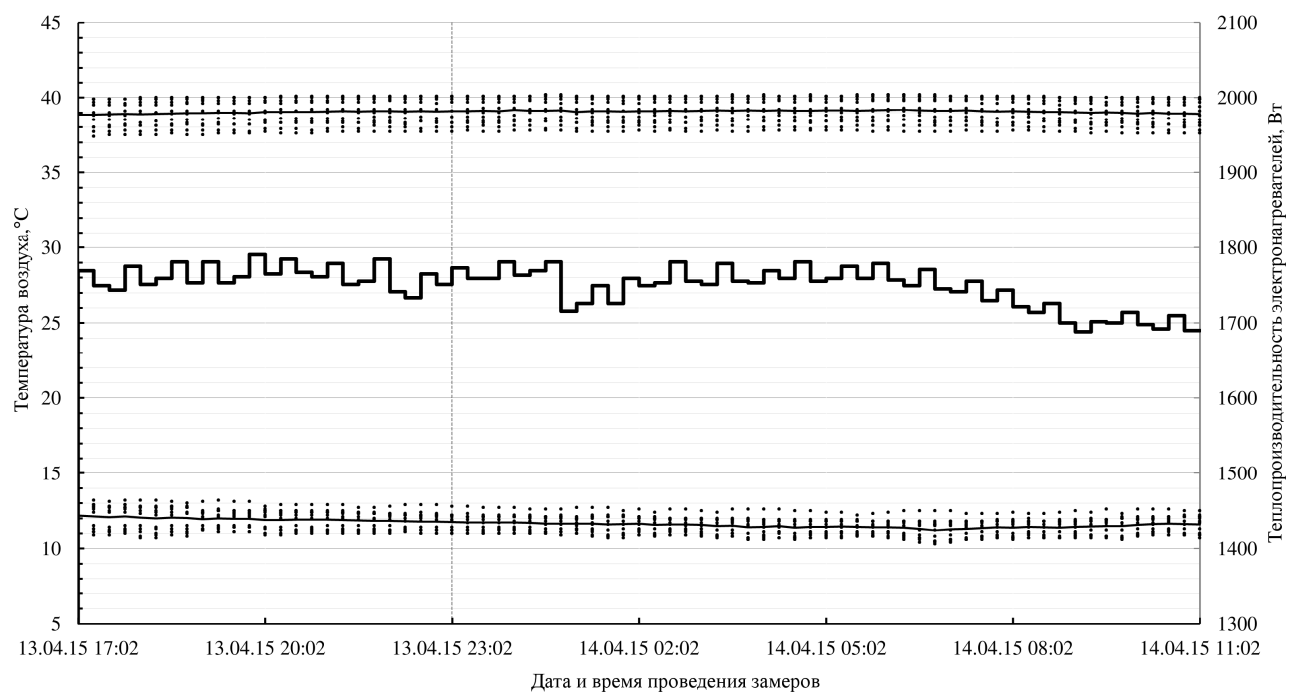


Рисунок М.10 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 10)

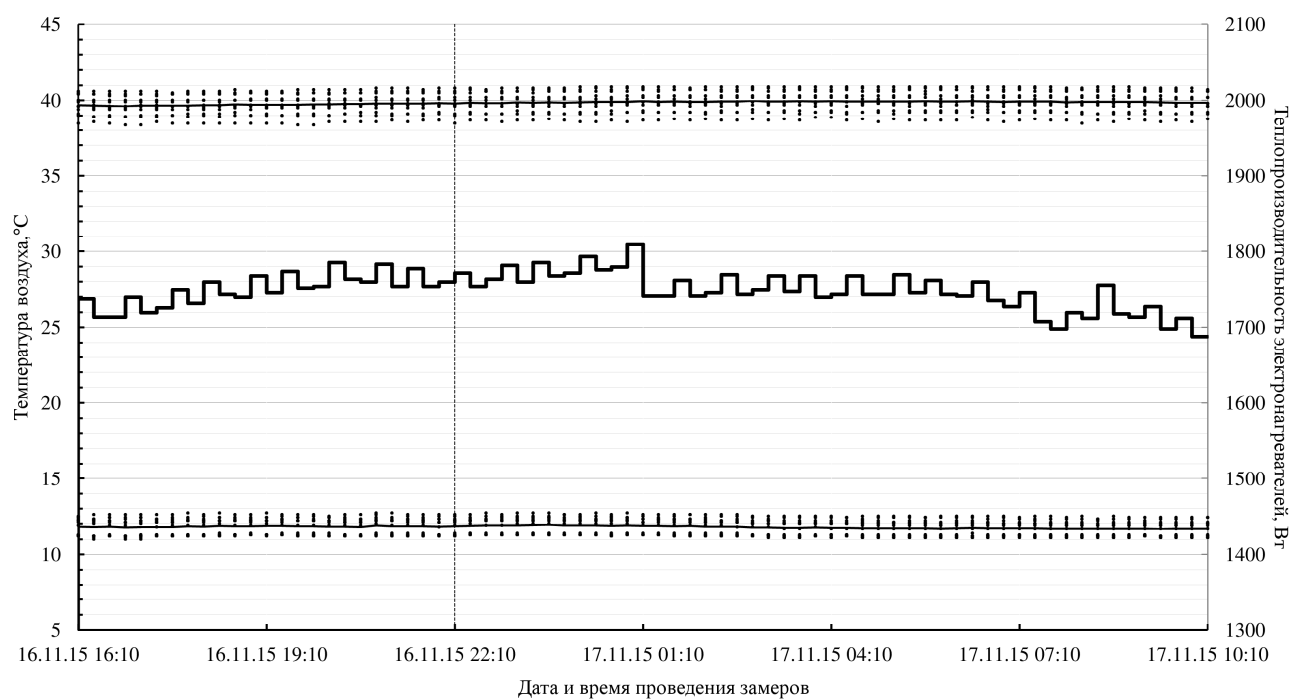


Рисунок М.11 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 11)

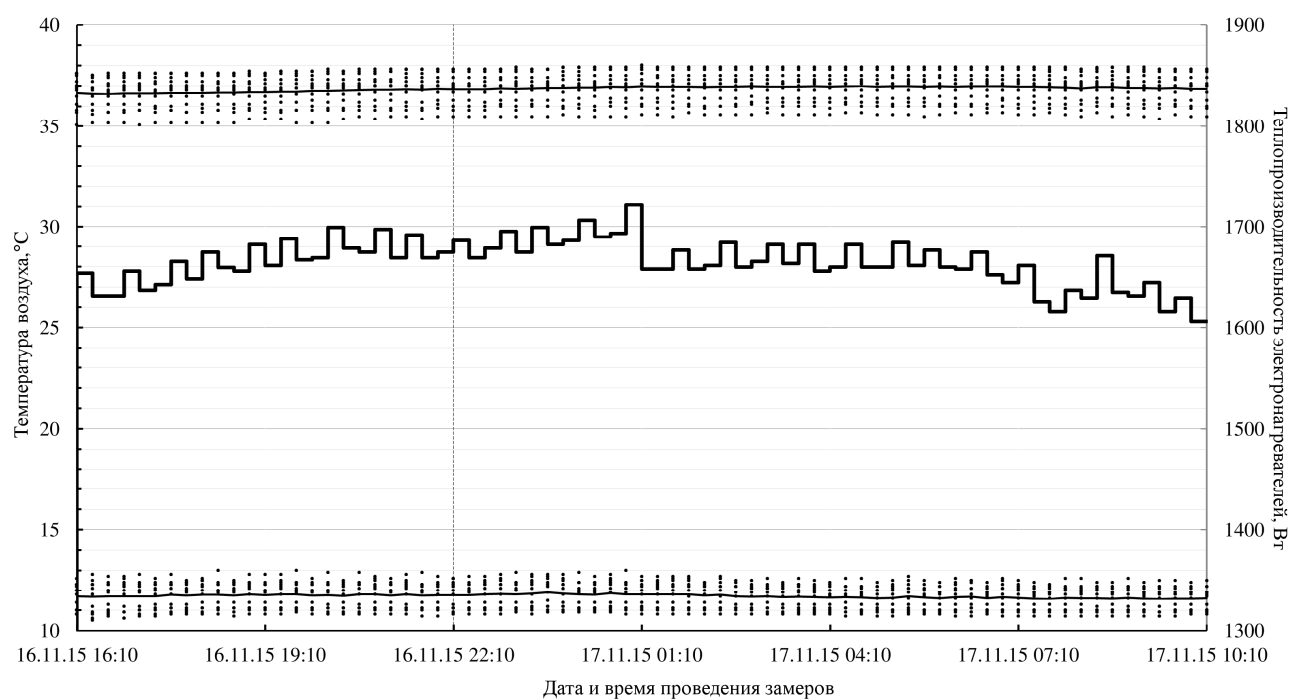


Рисунок М.12 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 12)

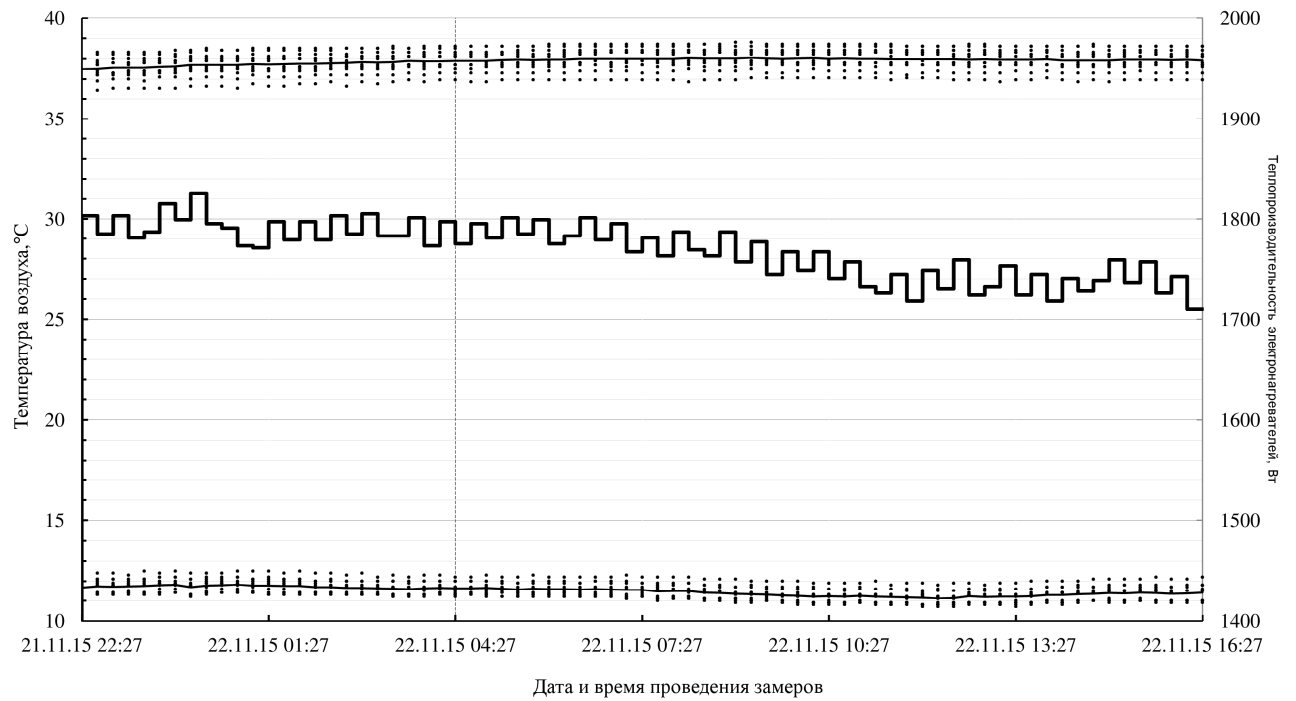


Рисунок М.13 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 13)

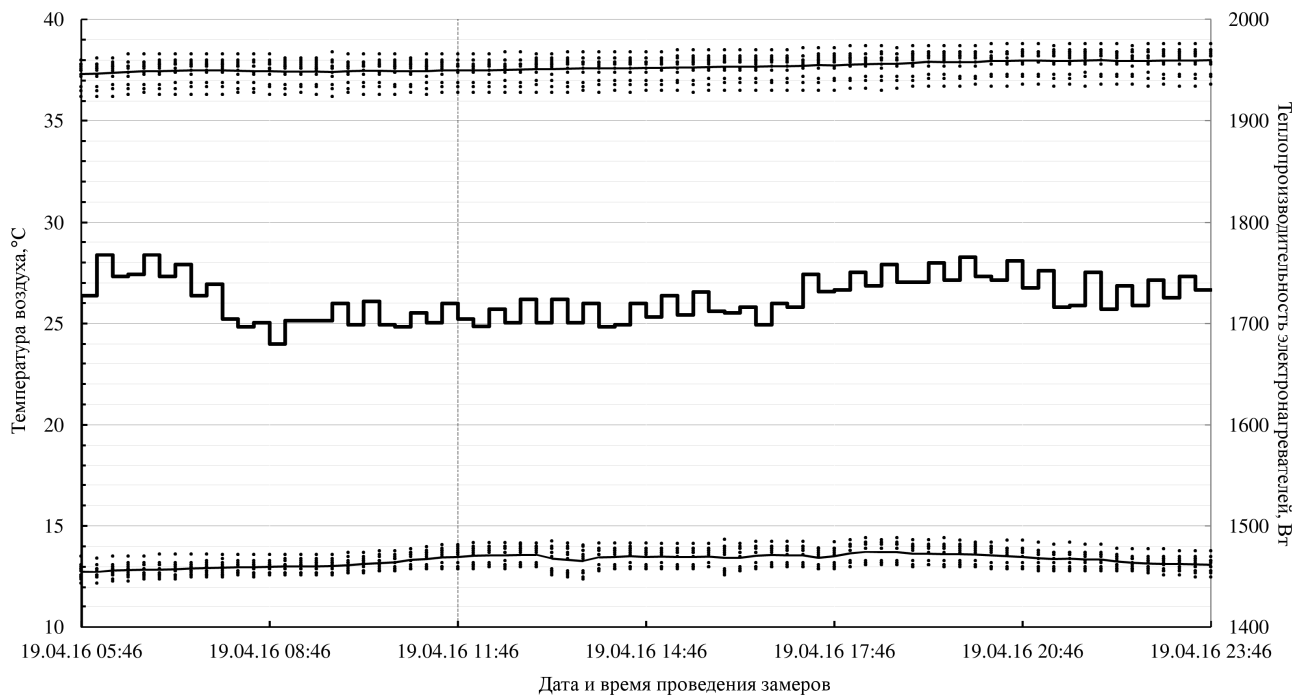


Рисунок М.14 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 14)

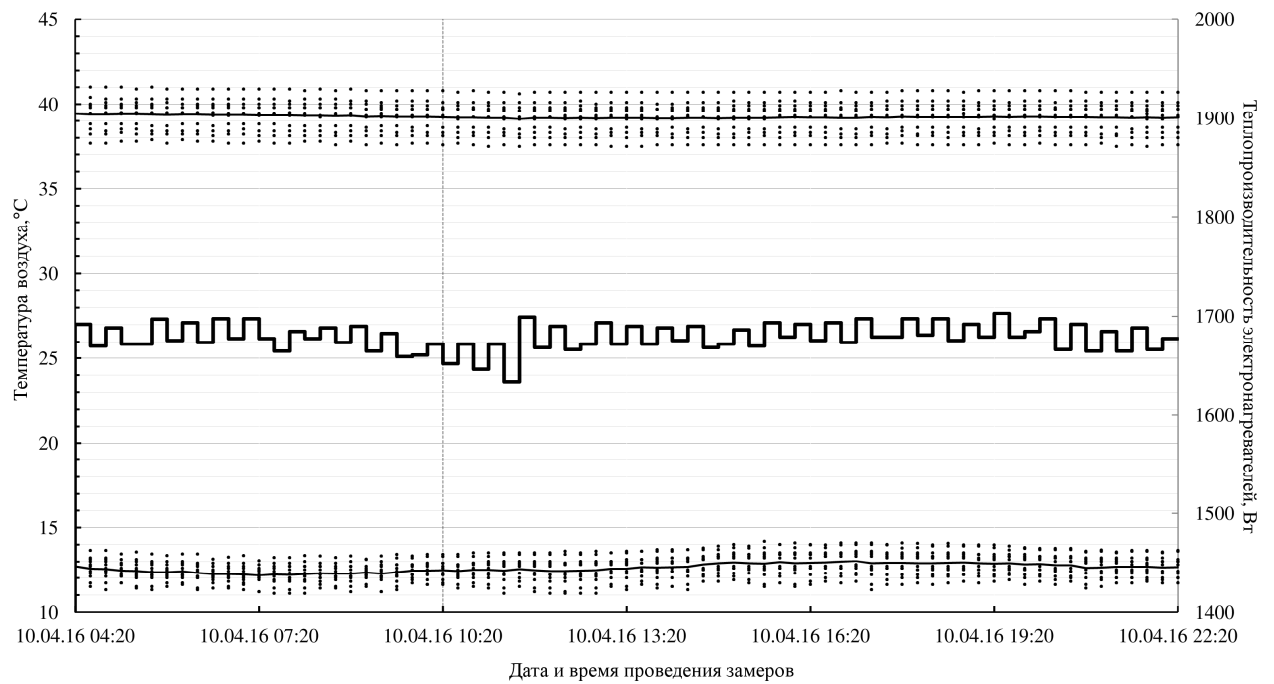


Рисунок М.15 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 15)

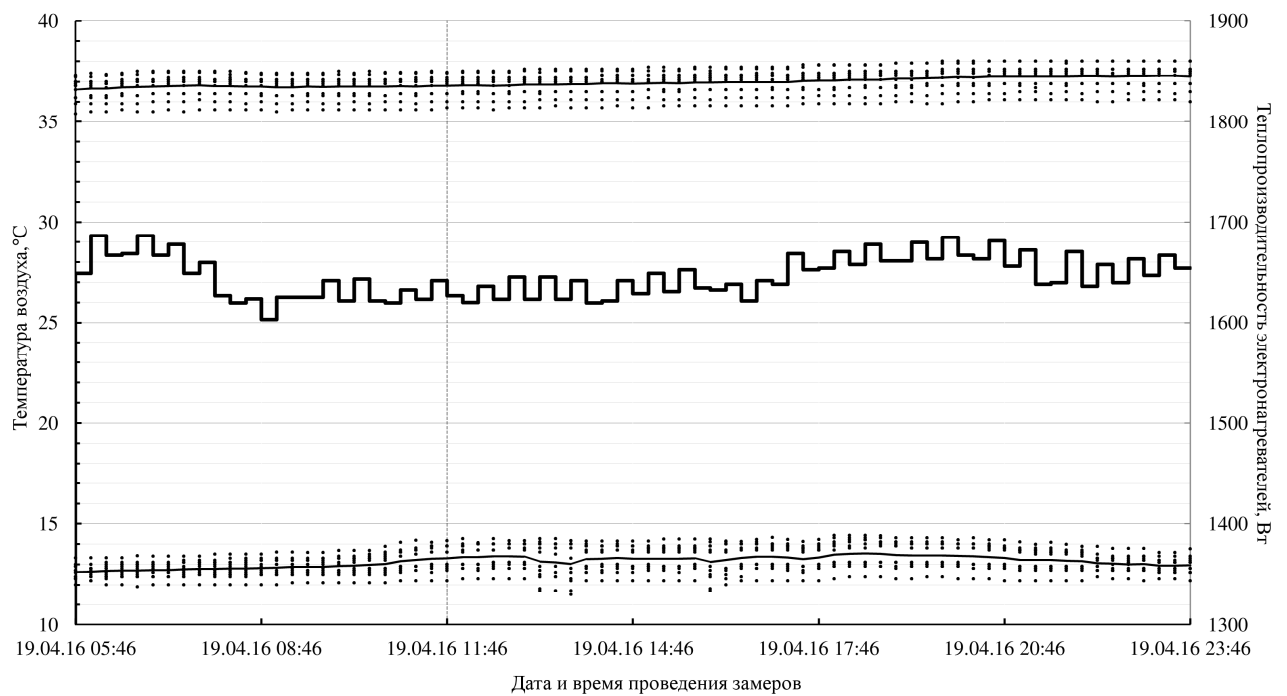


Рисунок М.16 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 16)

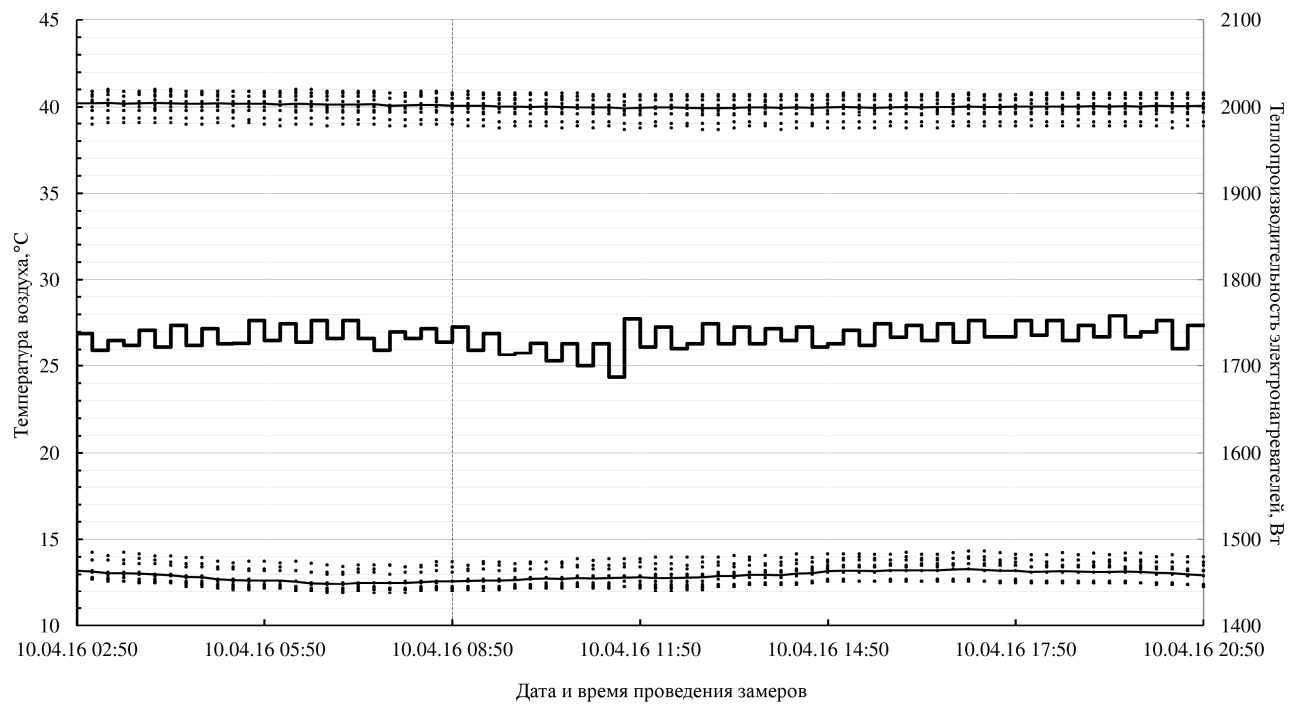


Рисунок М.17 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 17)

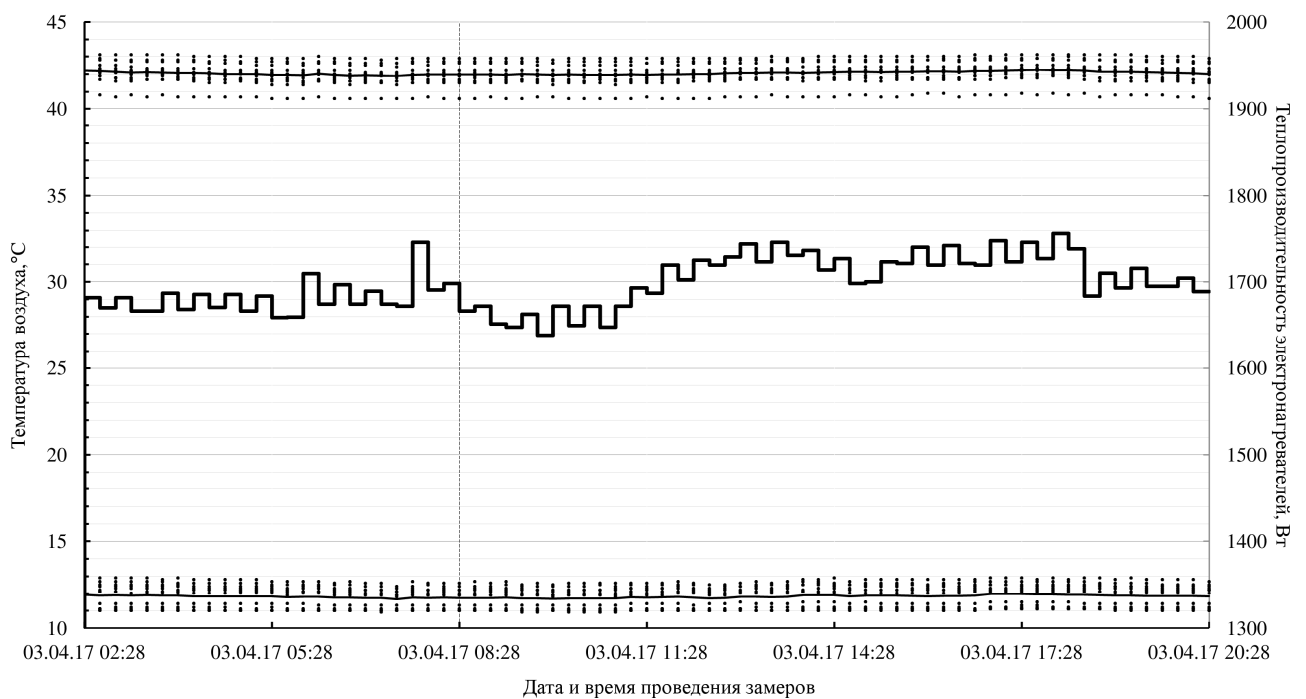


Рисунок М.18 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 18)

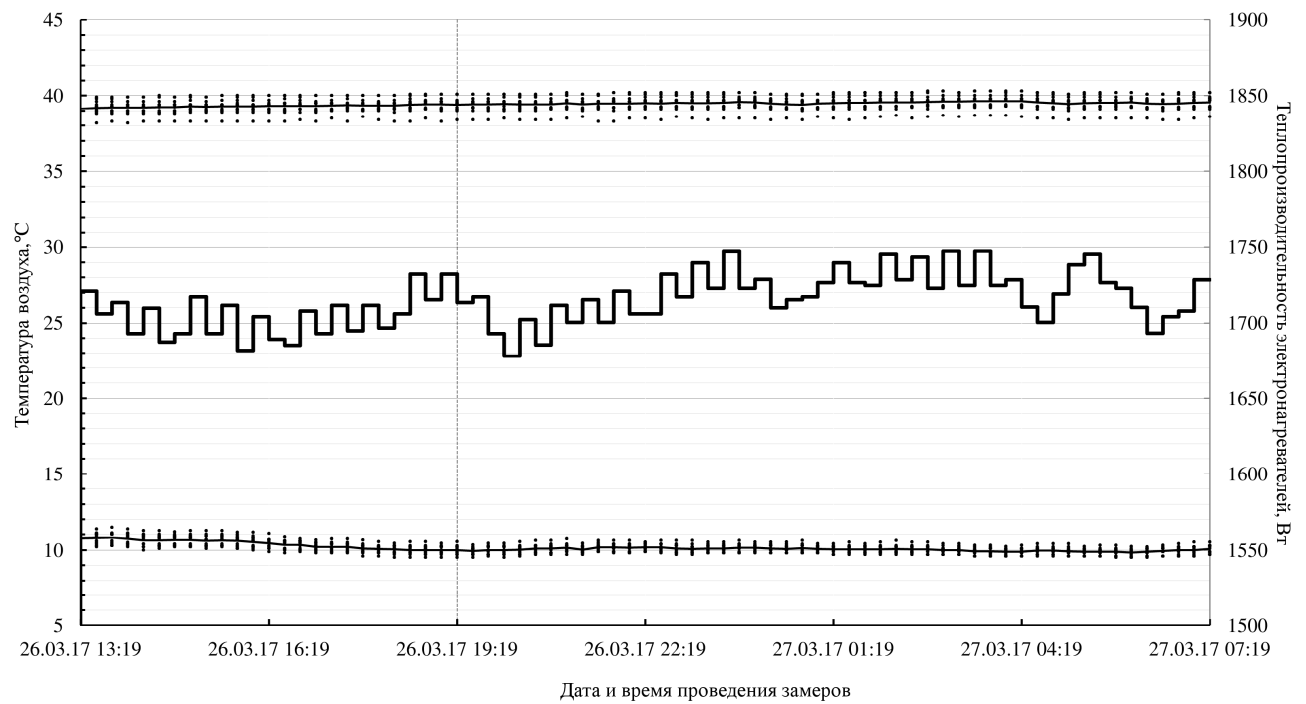


Рисунок М.19 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 19)

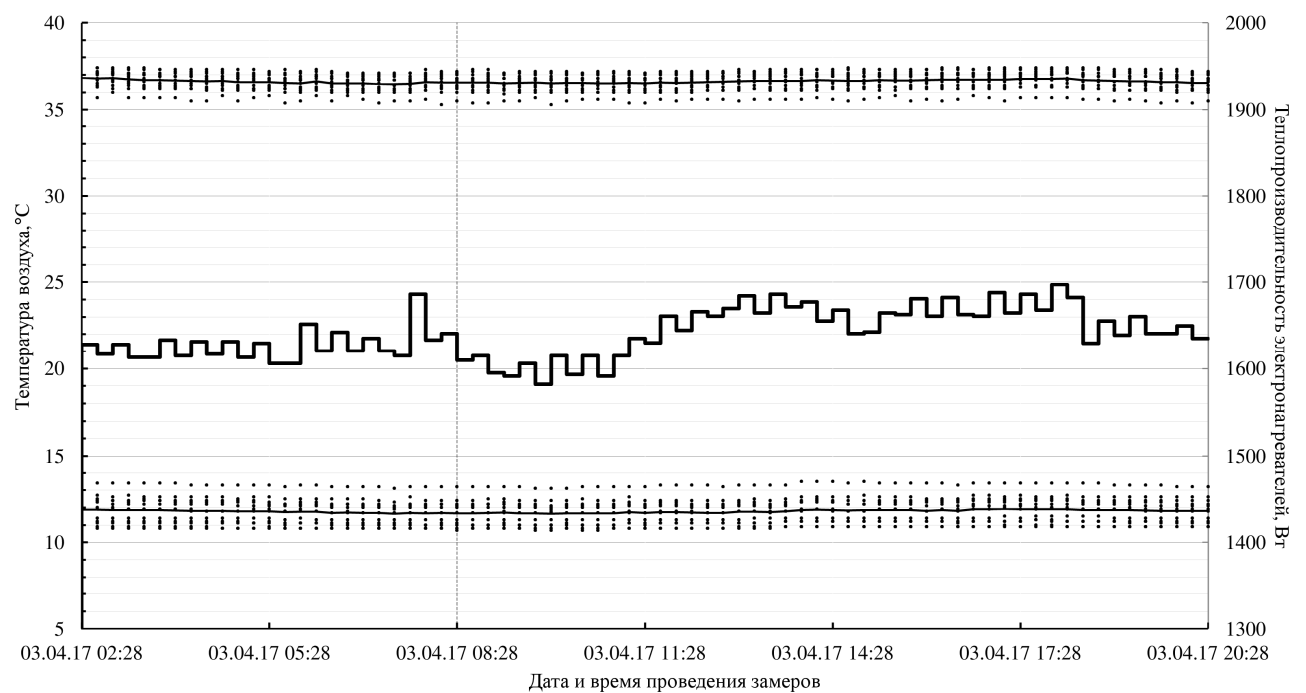


Рисунок М.20 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 20)

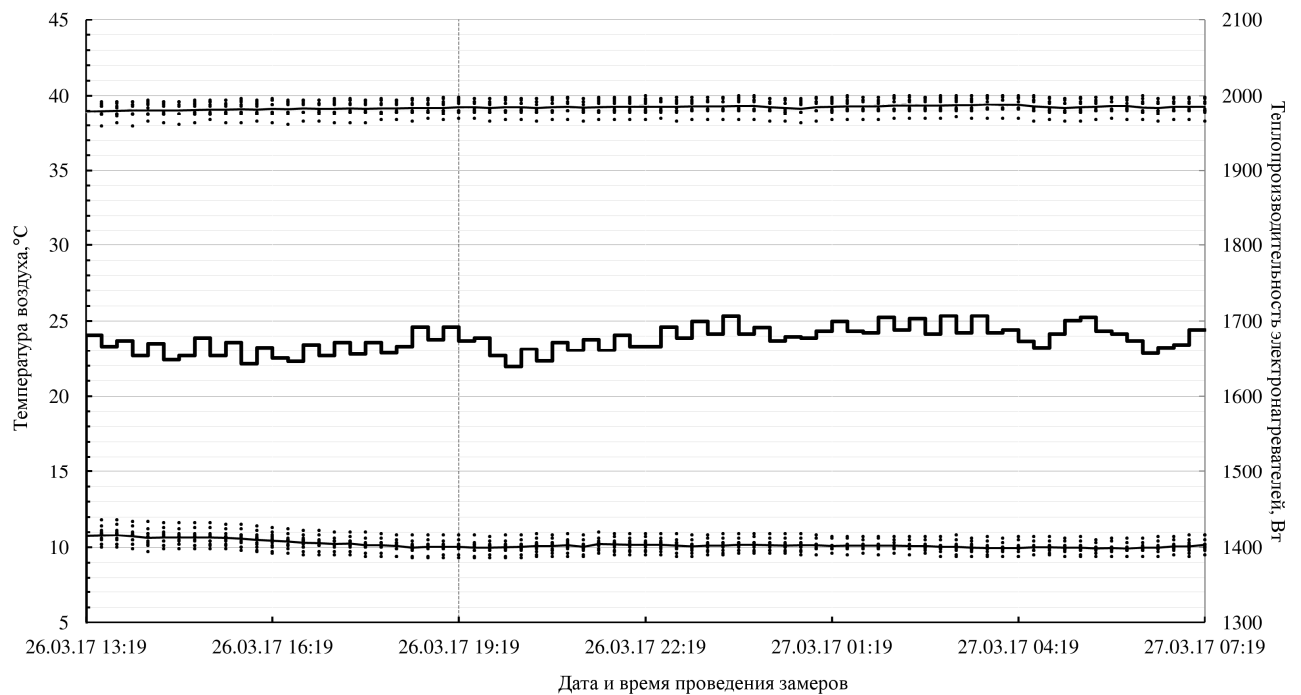


Рисунок М.21 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 21)

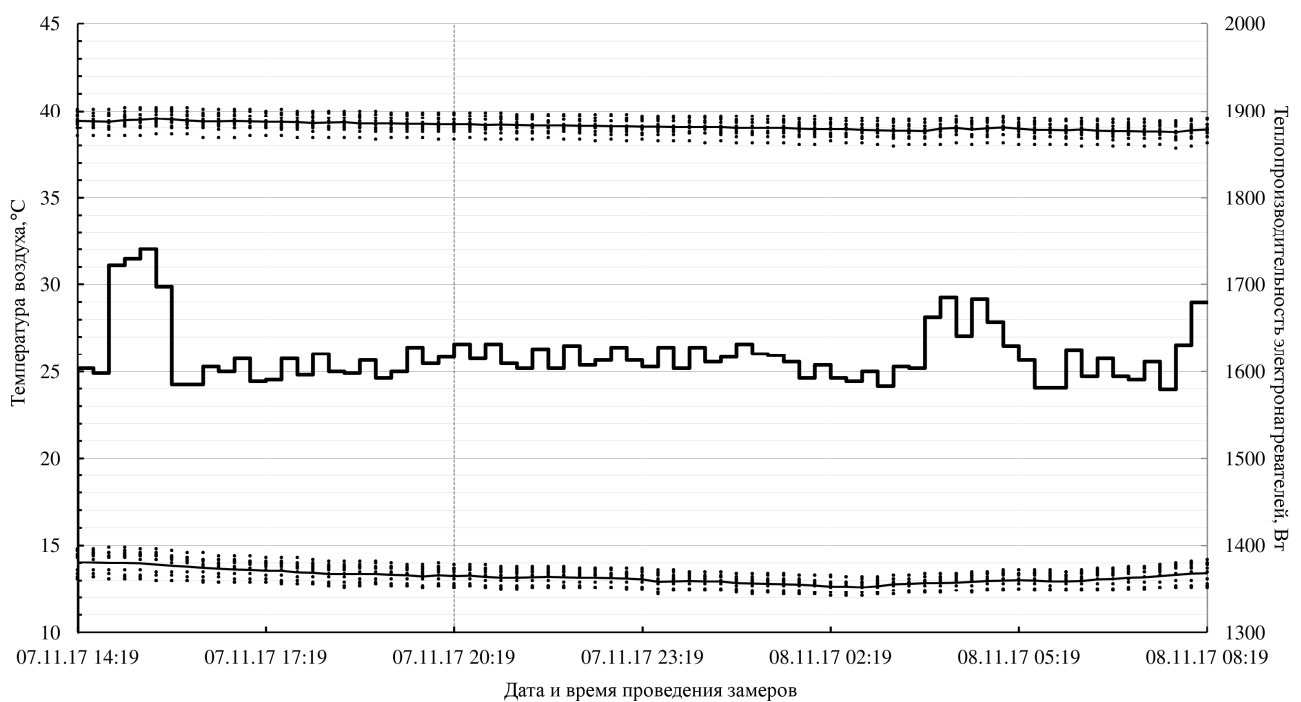


Рисунок М.22 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 22)

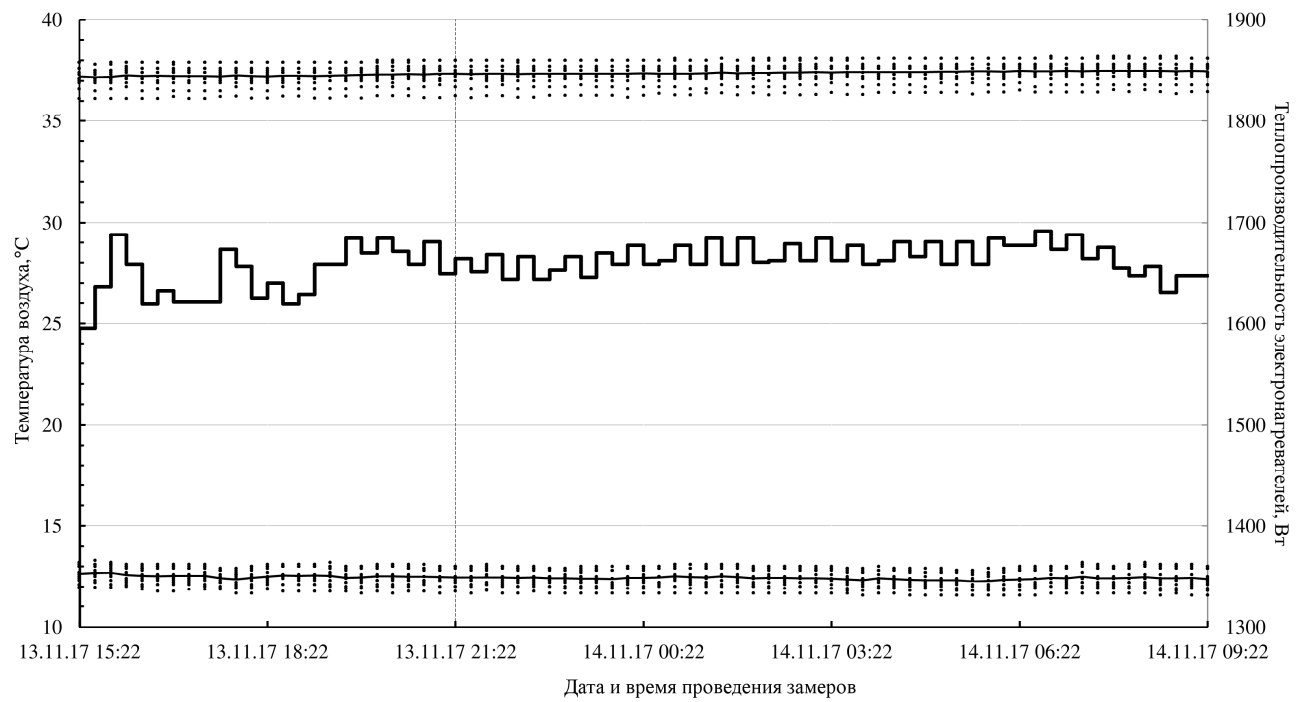


Рисунок М.23 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 23)

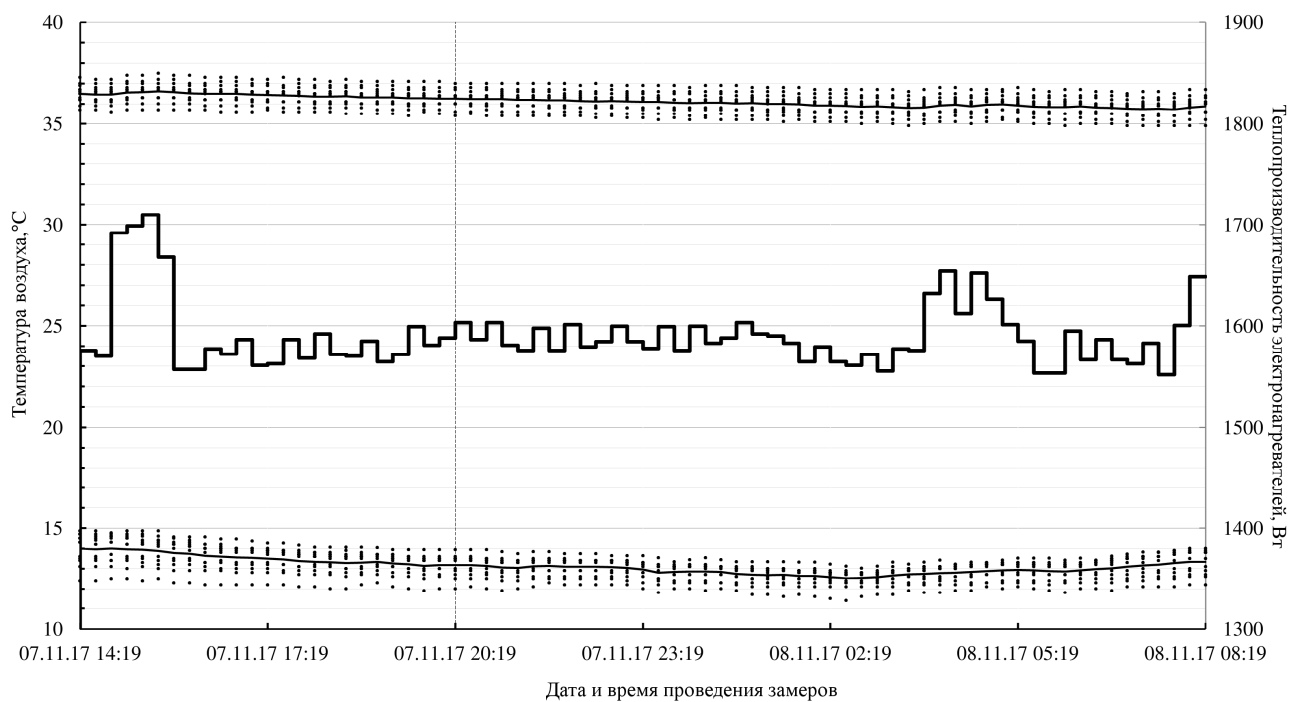


Рисунок М.24 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 24)

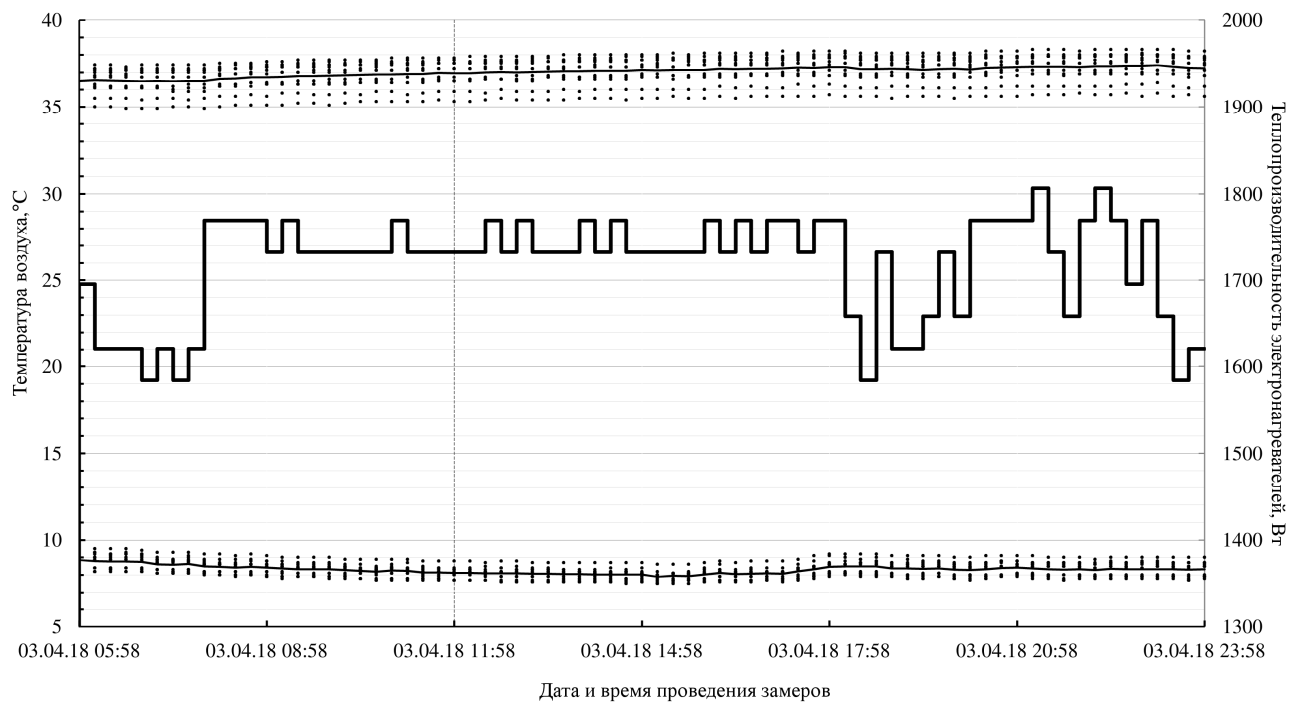


Рисунок М.25 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 25)

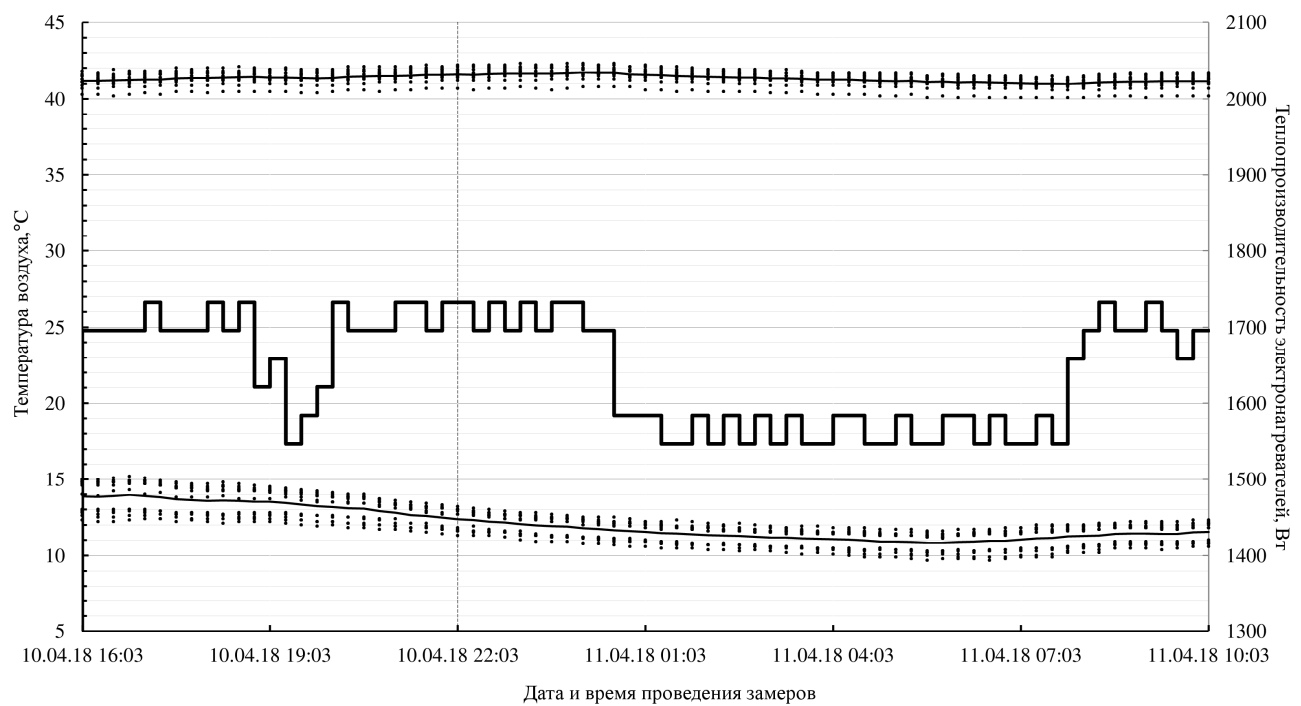


Рисунок М.26 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 26)

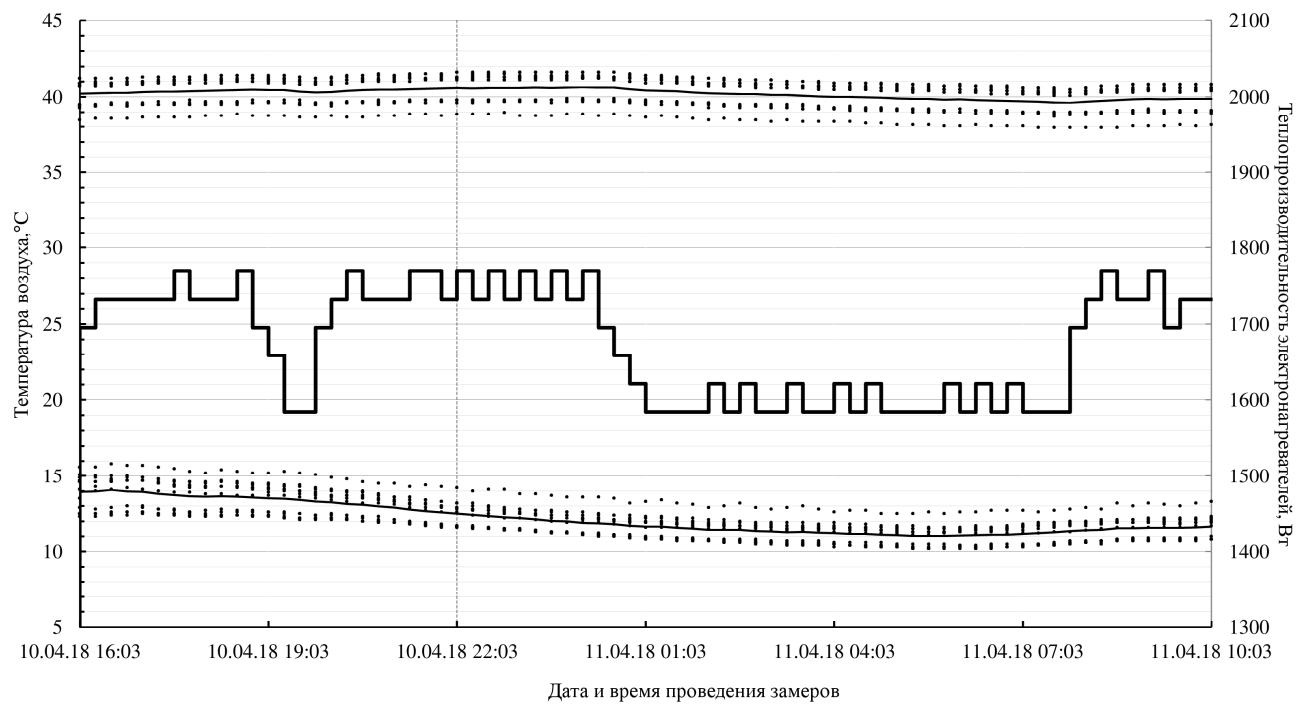


Рисунок М.27 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 27)

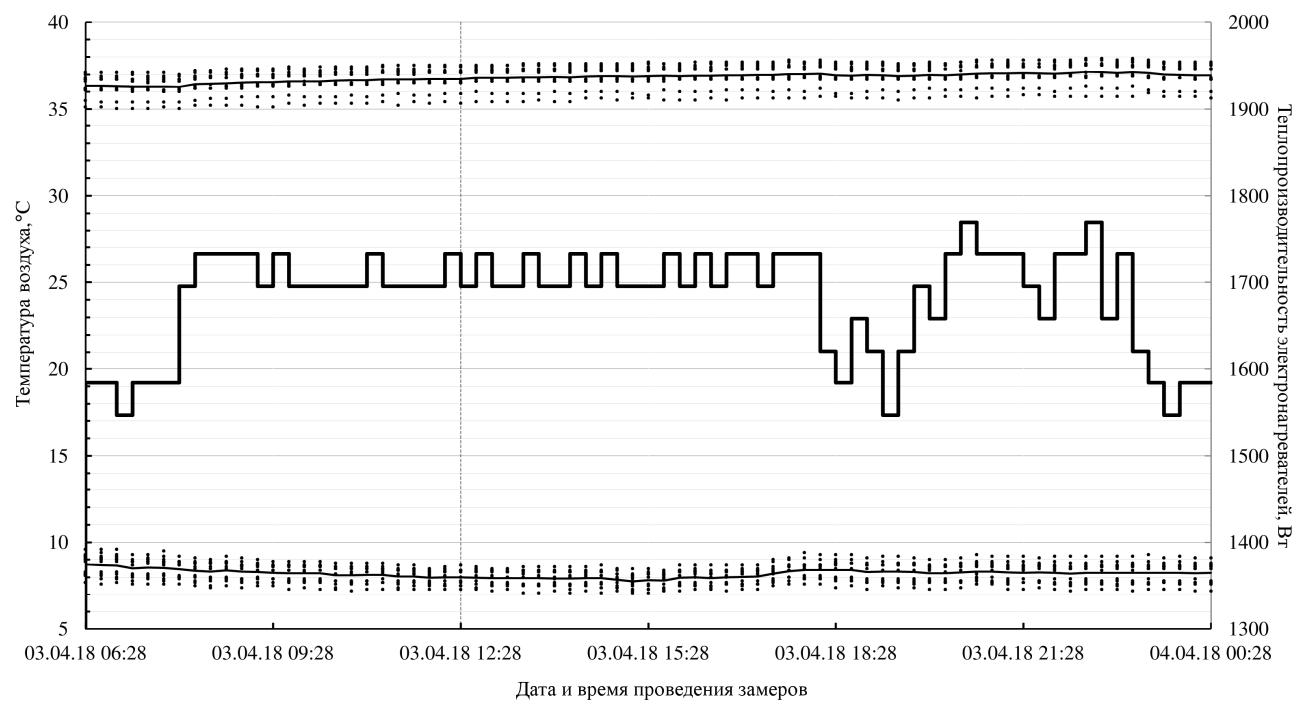


Рисунок М.28 – Измерения в течение расчетного интервала (вагон 28)

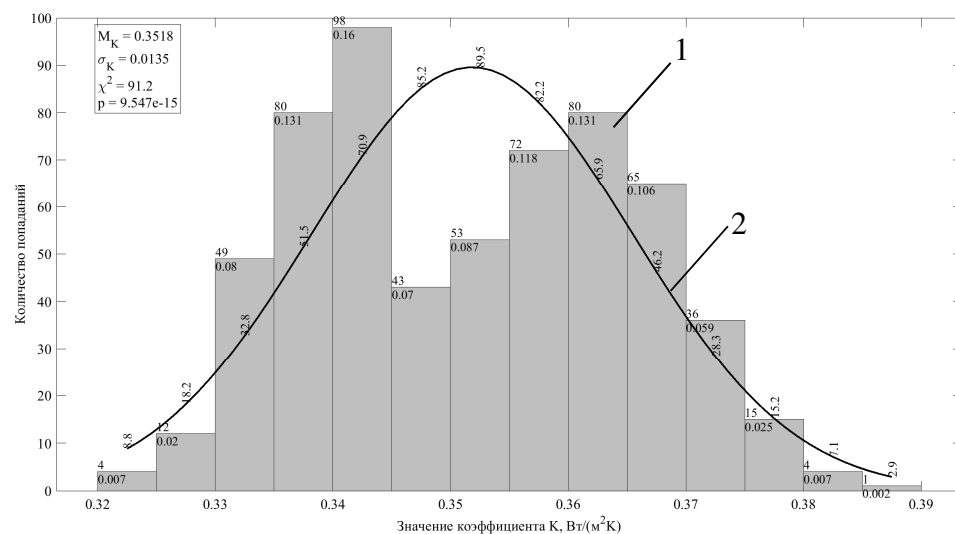


Рисунок М.29 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 1) :
1, 2 – кол-во попаданий при испытании и в соотв. с гипотезой; значение внутри столбика – частота попадания; M_K , σ_K – математическое ожидание и стандартное отклонение; χ^2 – параметр распределения и соответствующая ему вероятность p

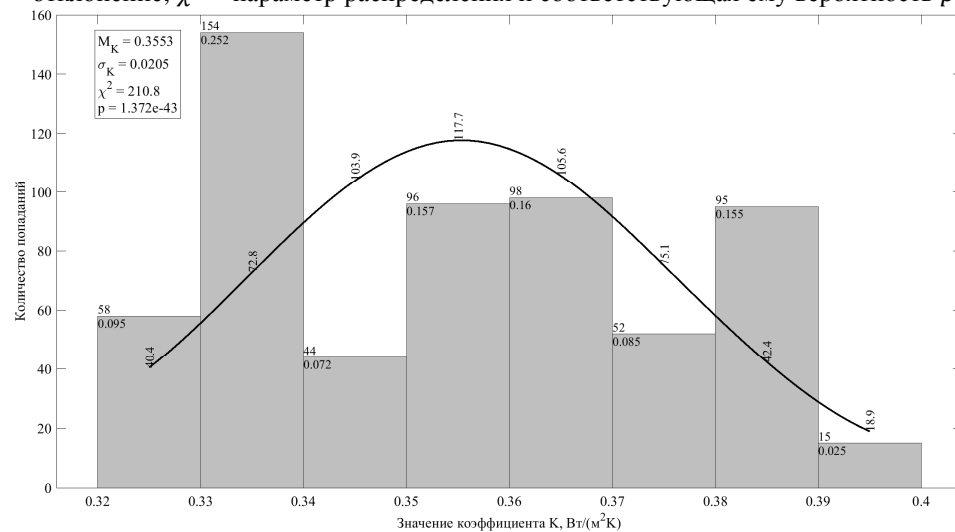


Рисунок М.31 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 3)

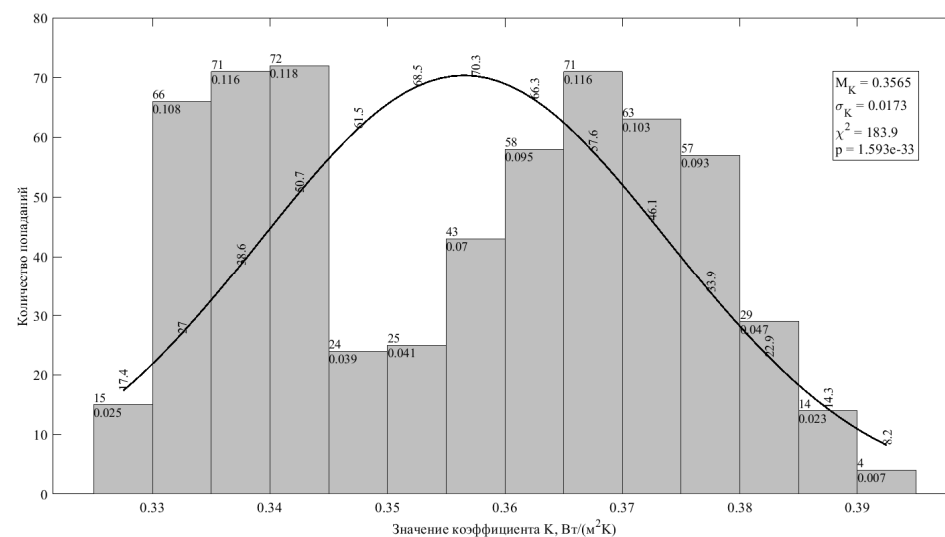


Рисунок М.30 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 2)

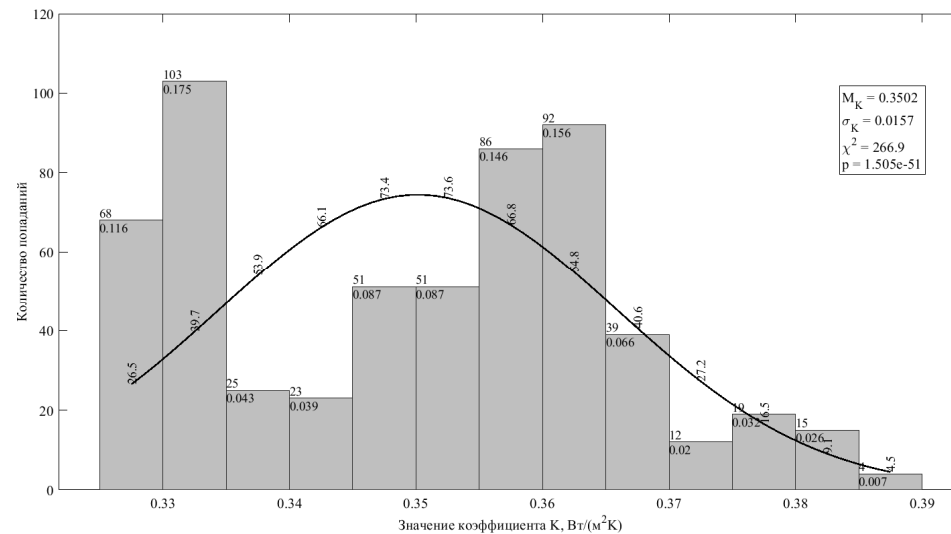


Рисунок М.32 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 4)

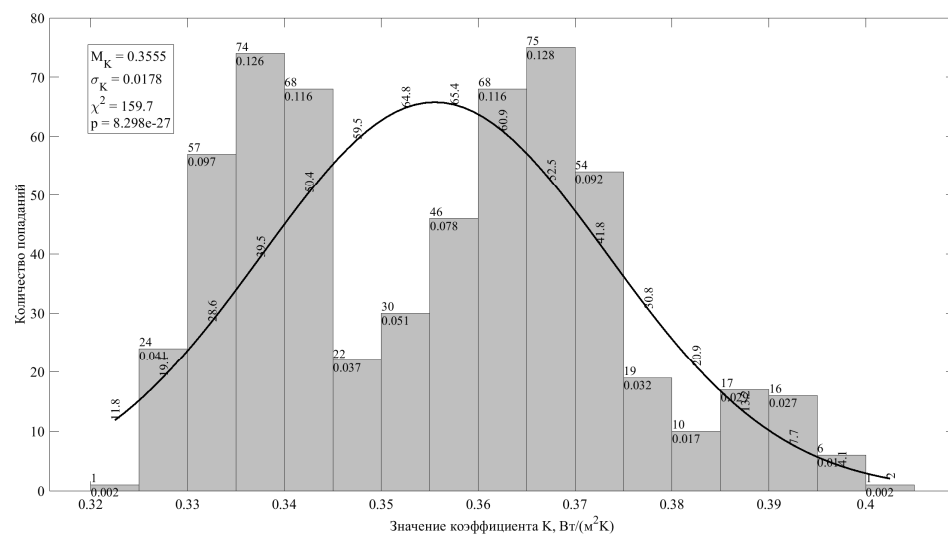


Рисунок М.33 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 5)

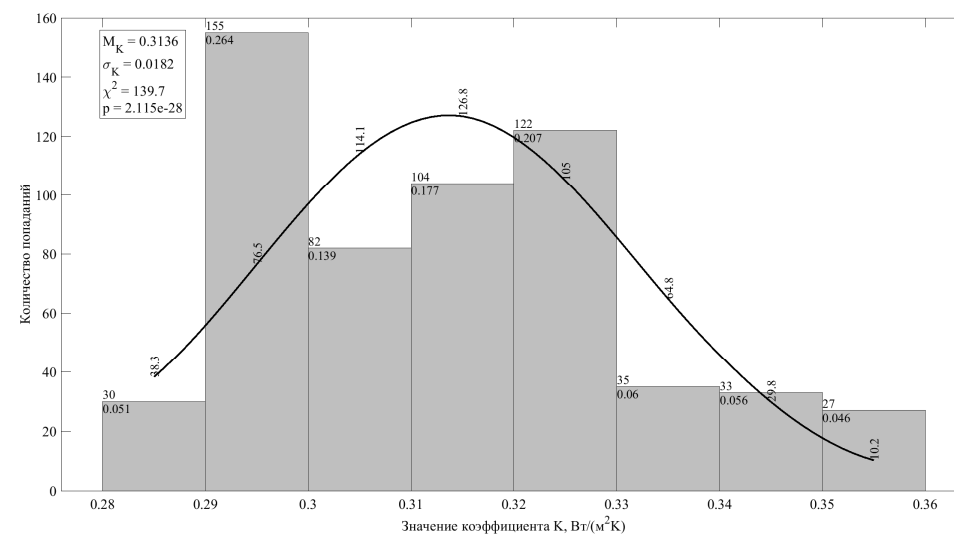


Рисунок М.34 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 6)

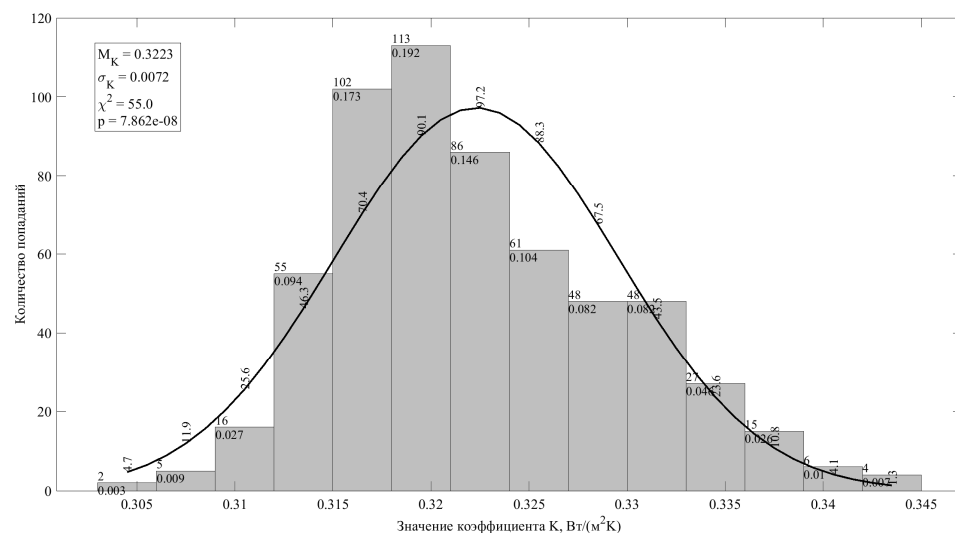


Рисунок М.35 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 7)

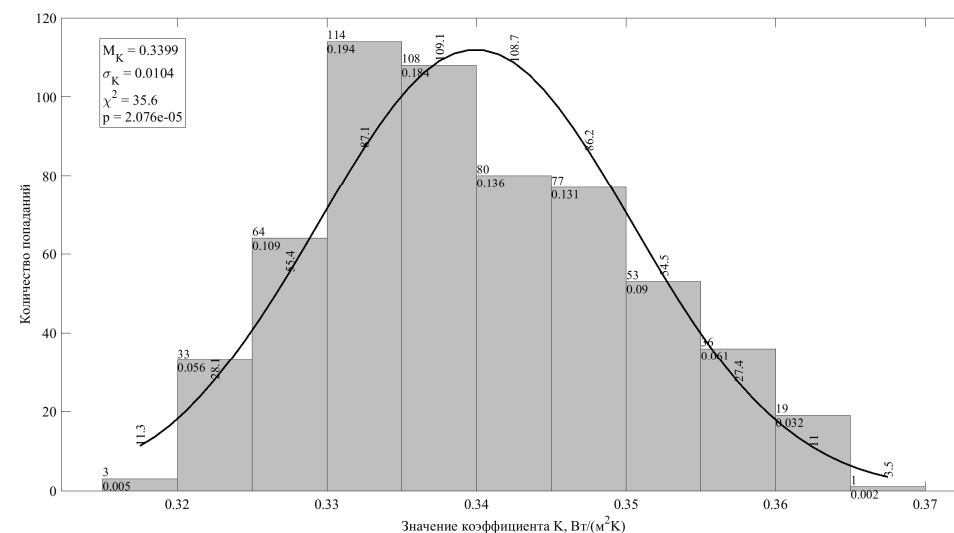


Рисунок М.36 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 8)

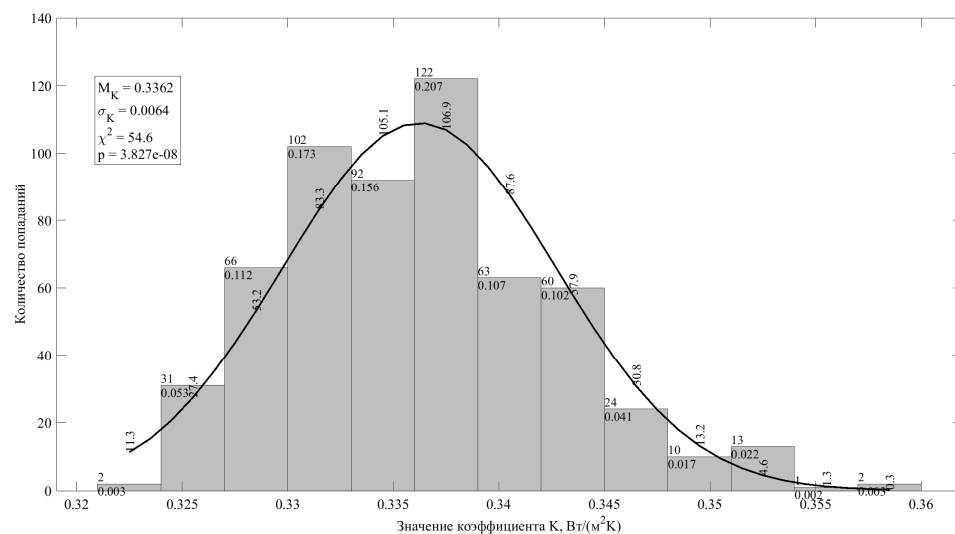


Рисунок М.37 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 9)

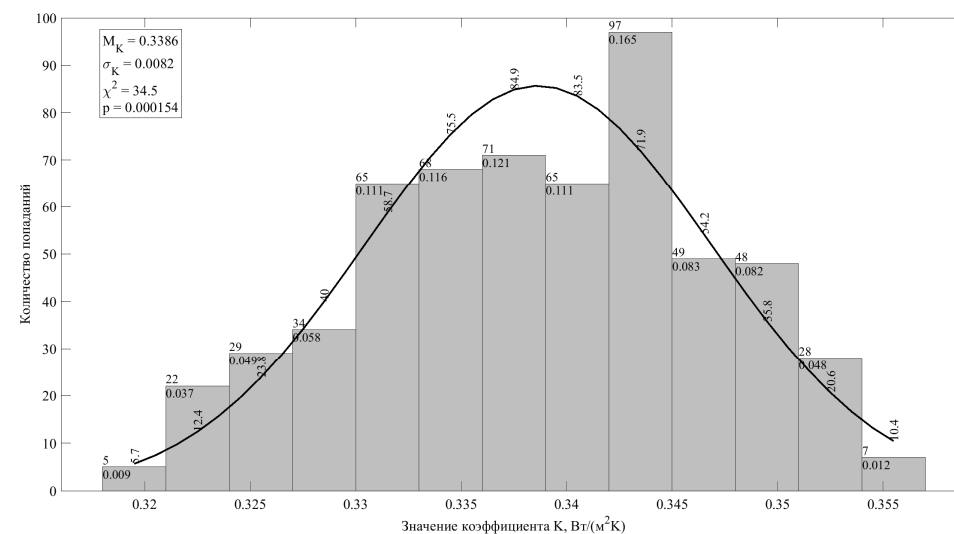


Рисунок М.38 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 10)

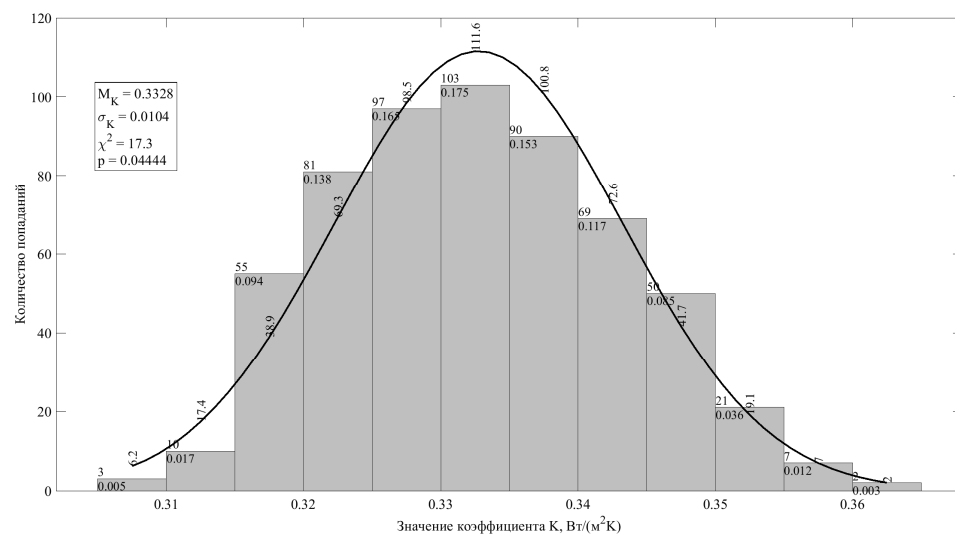


Рисунок М.39 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 11)

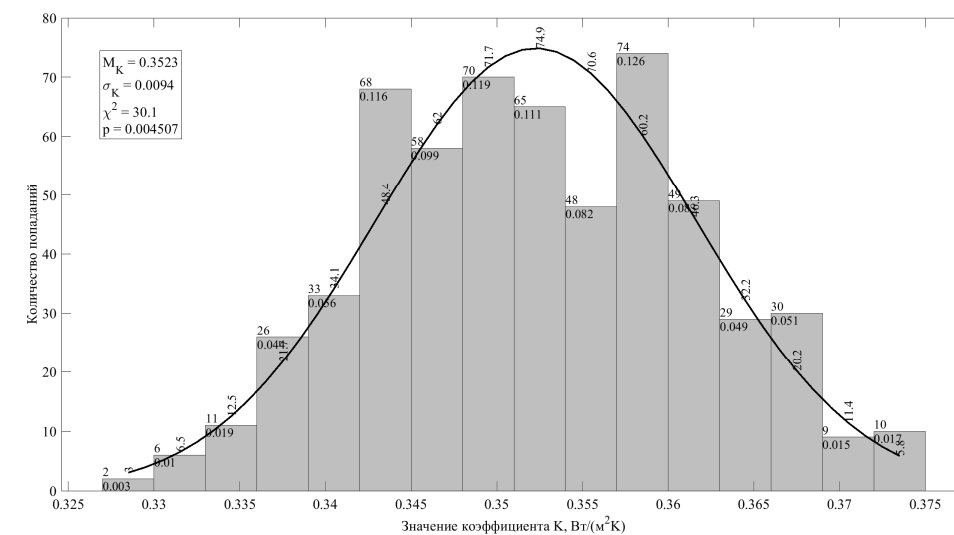


Рисунок М.40 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 12)

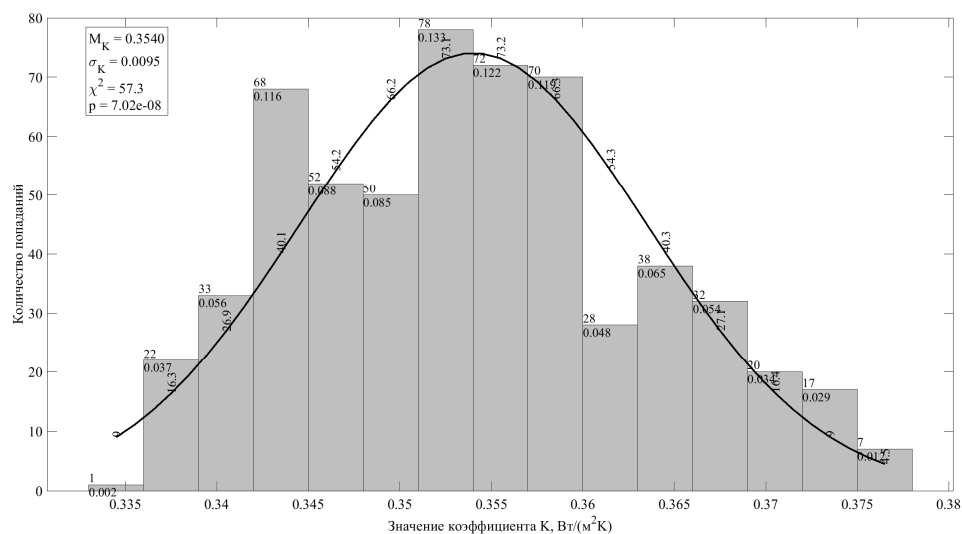


Рисунок М.41 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 13)

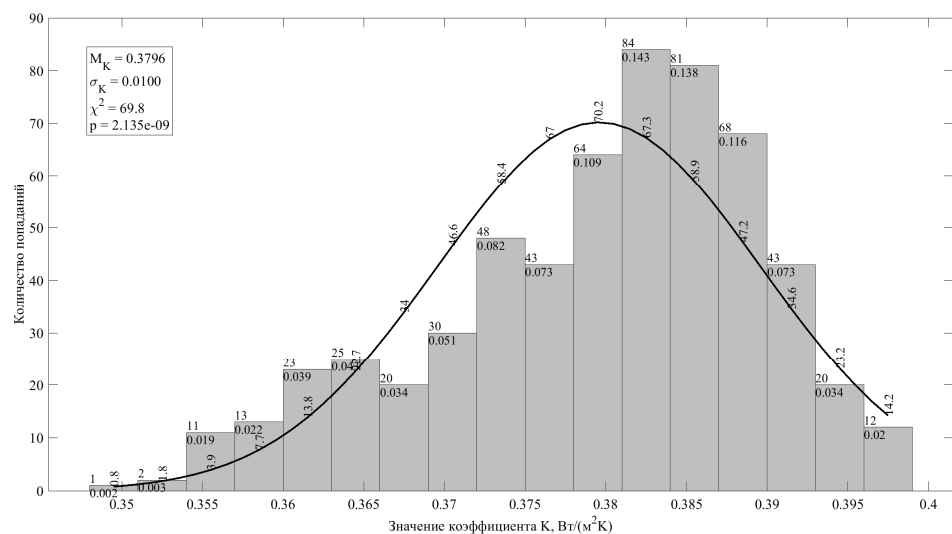


Рисунок М.42 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 14)

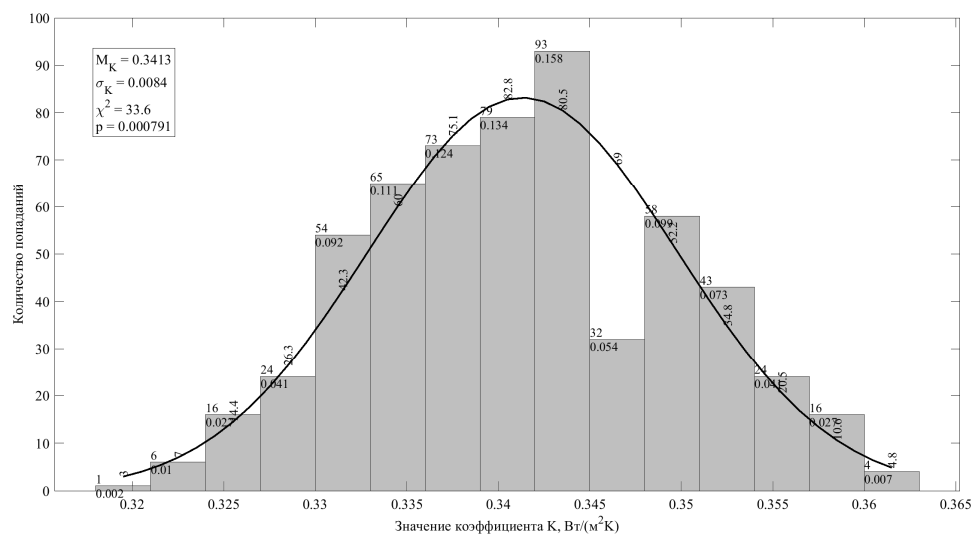


Рисунок М.43 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 15)

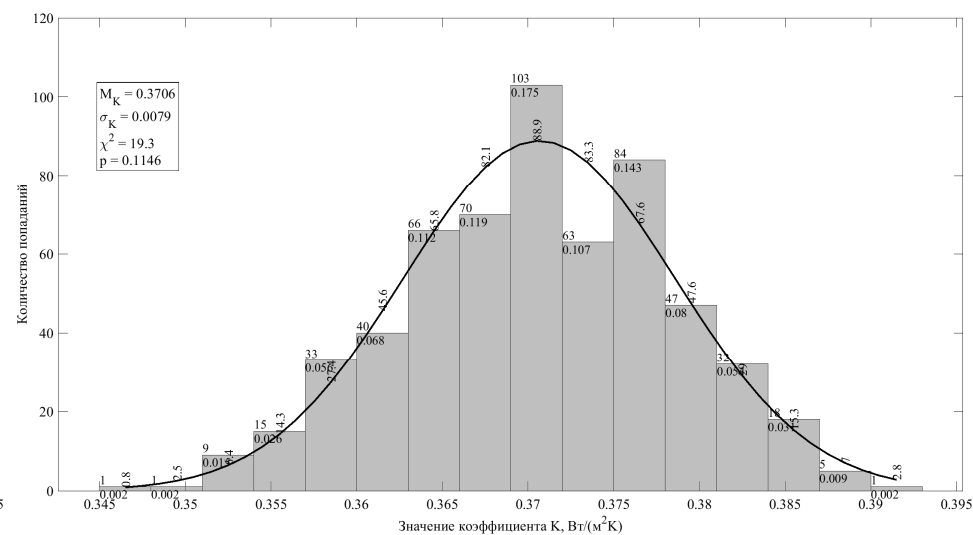


Рисунок М.44 – Гистограмма рассеяния коэффициента K (вагон 16)

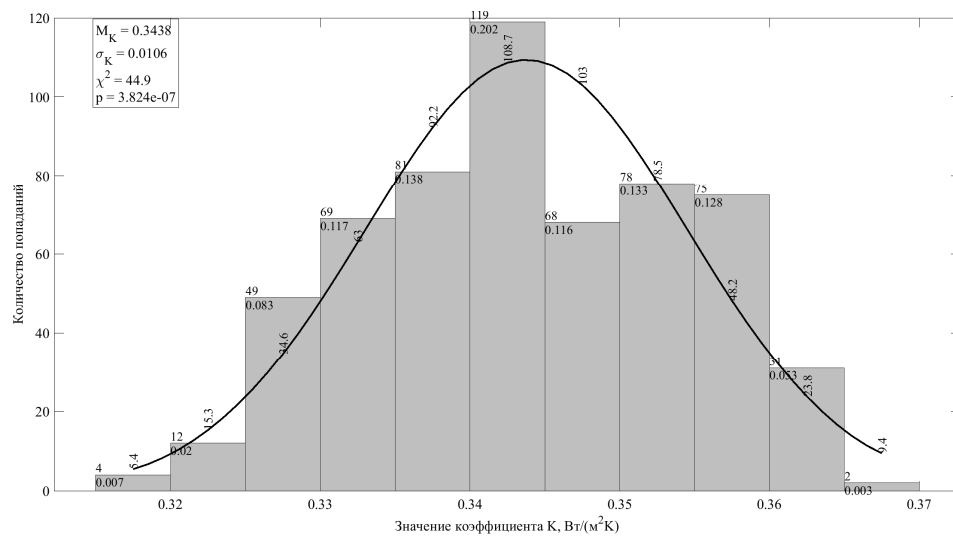


Рисунок М.45 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 17)

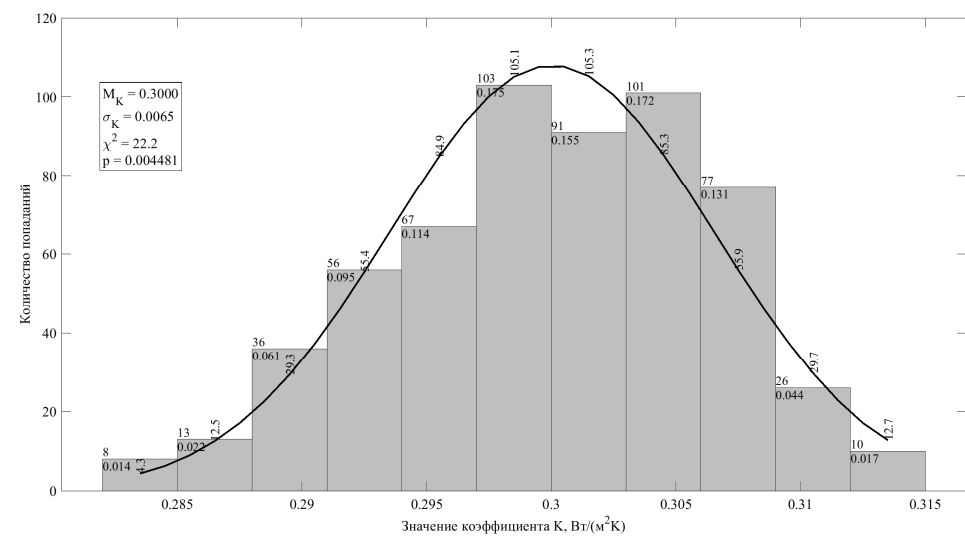


Рисунок М.46 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 18)

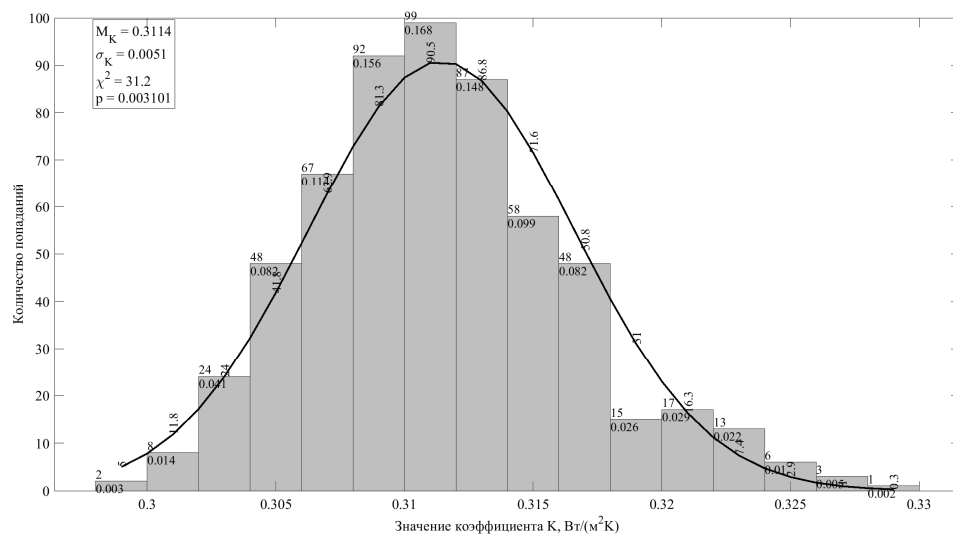


Рисунок М.47 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 19)

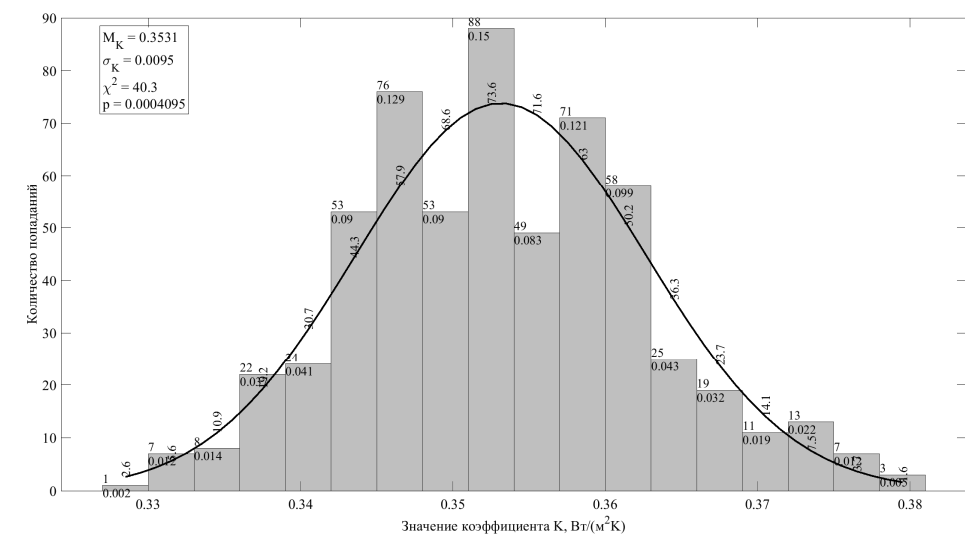


Рисунок М.48 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 20)

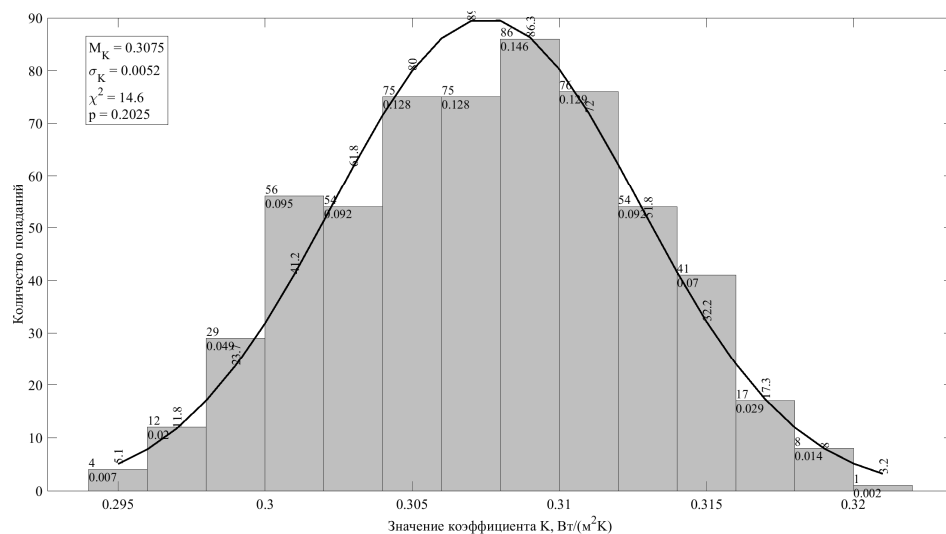


Рисунок М.49 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 21)

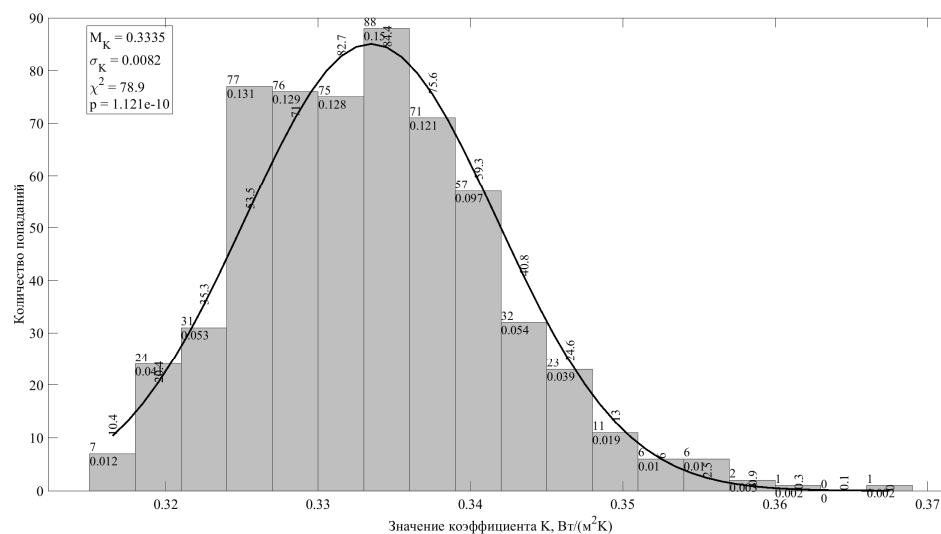


Рисунок М.50 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 22)

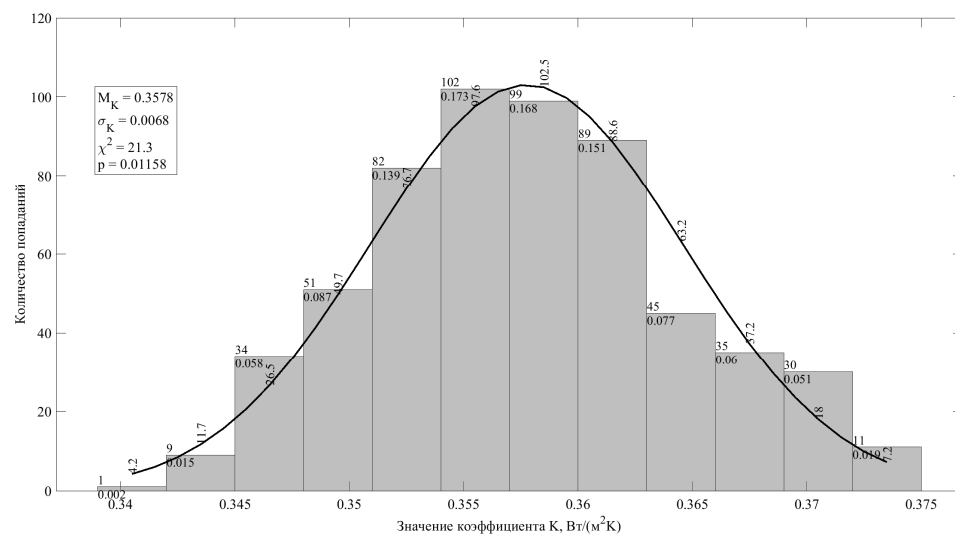


Рисунок М.51 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 23)

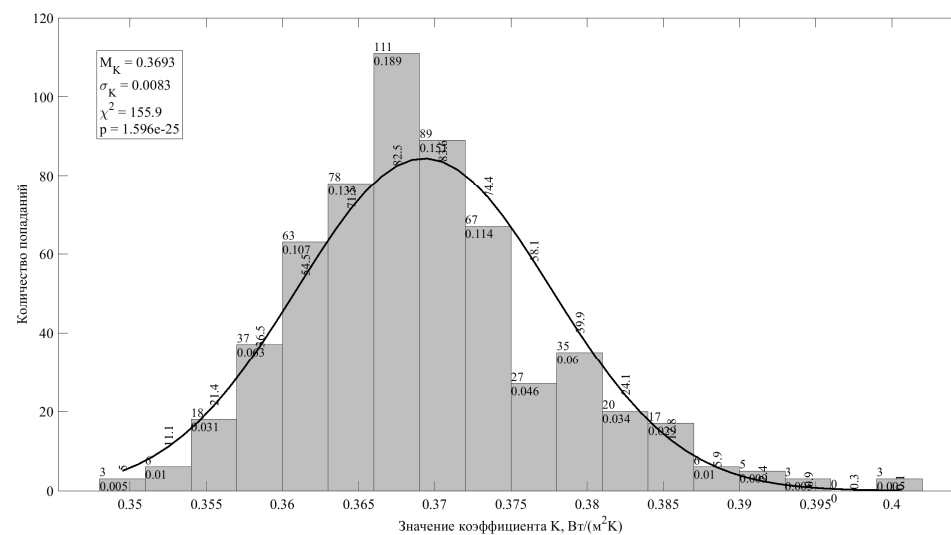


Рисунок М.52 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 24)

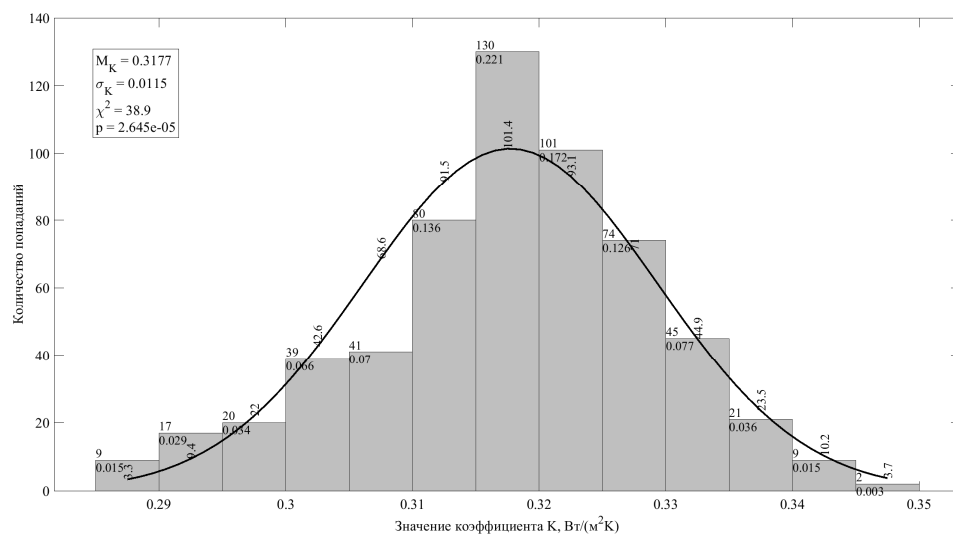


Рисунок М.53 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 25)

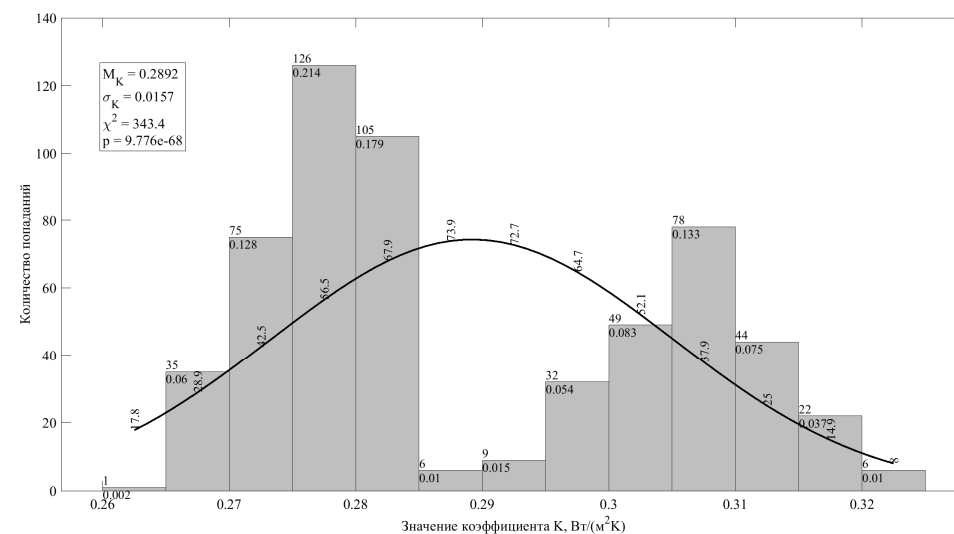


Рисунок М.54 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 26)

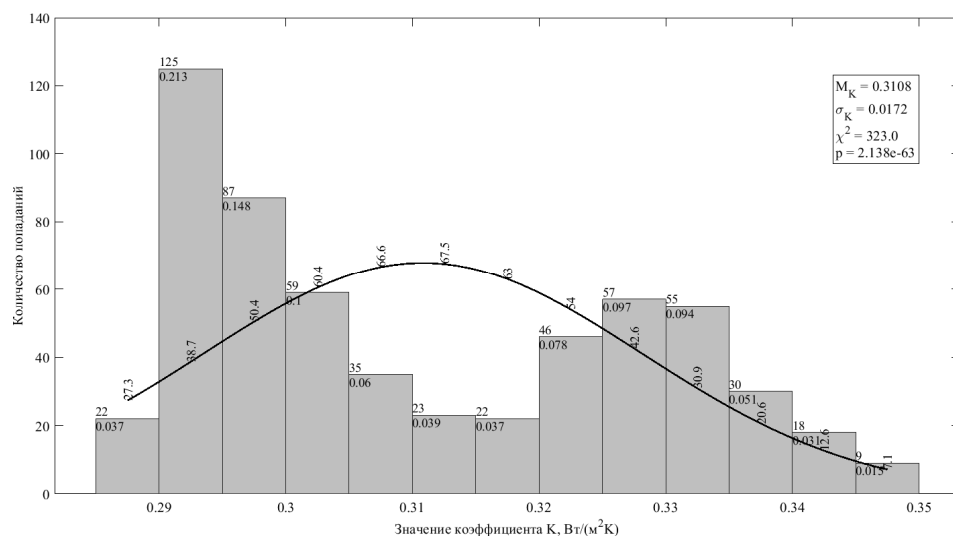


Рисунок М.55 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 27)

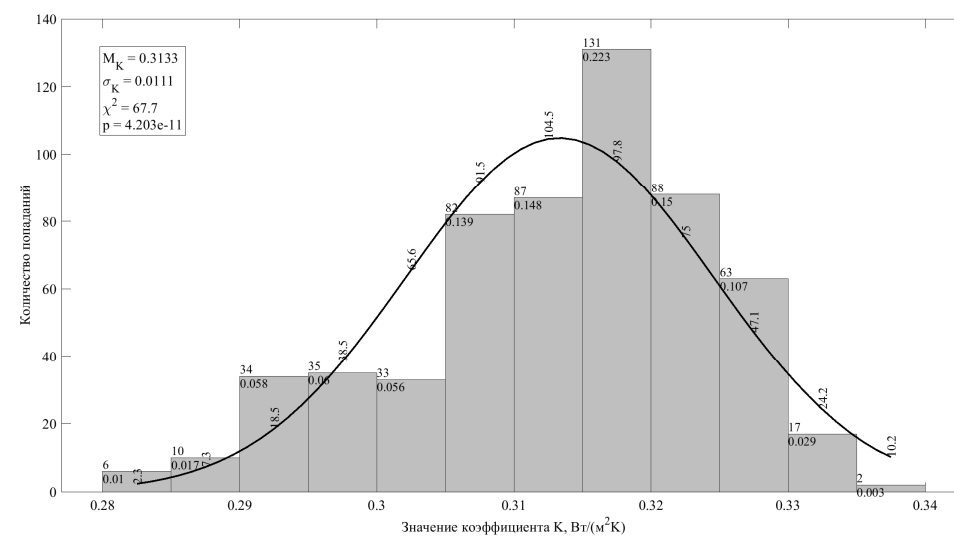


Рисунок М.56 – Гистограмма рассеяния коэффициента К (вагон 28)

Таблица М.1 – Проверка гипотезы о нормальном законе распределения величины коэффициента К

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К									
	Границы интервалов			Кол- во попа- даний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе
	начало	конец	центр							
1	0,320	0,325	0,3225	4	0,0065	0,3518	0,0135	8,8	91,2	$9,55 \cdot 10^{-15}$
	0,325	0,330	0,3275	12	0,0196			18,2		
	0,330	0,335	0,3325	49	0,0801			32,8		
	0,335	0,340	0,3375	80	0,1307			51,5		
	0,340	0,345	0,3425	98	0,1601			70,9		
	0,345	0,350	0,3475	43	0,0703			85,2		
	0,350	0,355	0,3525	53	0,0866			89,5		
	0,355	0,360	0,3575	72	0,1176			82,2		
	0,360	0,365	0,3625	80	0,1307			65,9		
	0,365	0,370	0,3675	65	0,1062			46,2		
	0,370	0,375	0,3725	36	0,0588			28,3		
	0,375	0,380	0,3775	15	0,0245			15,2		
	0,380	0,385	0,3825	4	0,0065			7,1		
	0,385	0,390	0,3875	1	0,0016			2,9		
2	0,325	0,330	0,3275	15	0,0245	0,3565	0,0173	17,4	183,9	$1,59 \cdot 10^{-33}$
	0,330	0,335	0,3325	66	0,1078			27,0		
	0,335	0,340	0,3375	71	0,1160			38,6		
	0,340	0,345	0,3425	72	0,1176			50,7		
	0,345	0,350	0,3475	24	0,0392			61,5		
	0,350	0,355	0,3525	25	0,0408			68,5		
	0,355	0,360	0,3575	43	0,0703			70,3		
	0,360	0,365	0,3625	58	0,0948			66,3		
	0,365	0,370	0,3675	71	0,1160			57,6		
	0,370	0,375	0,3725	63	0,1029			46,1		
	0,375	0,380	0,3775	57	0,0931			33,9		
	0,380	0,385	0,3825	29	0,0474			22,9		
	0,385	0,390	0,3875	14	0,0229			14,3		
	0,390	0,395	0,3925	4	0,0065			8,2		
3	0,320	0,330	0,3250	58	0,0948	0,3553	0,0205	40,4	210,8	$1,37 \cdot 10^{-43}$
	0,330	0,340	0,3350	154	0,2516			72,8		
	0,340	0,350	0,3450	44	0,0719			103,9		
	0,350	0,360	0,3550	96	0,1569			117,7		
	0,360	0,370	0,3650	98	0,1601			105,6		
	0,370	0,380	0,3750	52	0,0850			75,1		
	0,380	0,390	0,3850	95	0,1552			42,4		
	0,390	0,400	0,3950	15	0,0245			18,9		
4	0,325	0,330	0,3275	68	0,1156	0,3502	0,0157	26,5	266,9	$1,51 \cdot 10^{-51}$
	0,330	0,335	0,3325	103	0,1752			39,7		
	0,335	0,340	0,3375	25	0,0425			53,9		
	0,340	0,345	0,3425	23	0,0391			66,1		

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К														
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе					
	начало	конец	центр												
	0,345	0,350	0,3475	51	0,0867			73,4							
	0,350	0,355	0,3525	51	0,0867			73,6							
	0,355	0,360	0,3575	86	0,1463			66,8							
	0,360	0,365	0,3625	92	0,1565			54,8							
	0,365	0,370	0,3675	39	0,0663			40,6							
	0,370	0,375	0,3725	12	0,0204			27,2							
	0,375	0,380	0,3775	19	0,0323			16,5							
	0,380	0,385	0,3825	15	0,0255			9,1							
	0,385	0,390	0,3875	4	0,0068			4,5							
	5	0,320	0,325	0,3225	1			0,0017			0,3555	0,0178	11,8	159,7	8,30·10 ⁻²⁷
		0,325	0,330	0,3275	24			0,0408					19,1		
0,330		0,335	0,3325	57	0,0969	28,6									
0,335		0,340	0,3375	74	0,1259	39,5									
0,340		0,345	0,3425	68	0,1156	50,4									
0,345		0,350	0,3475	22	0,0374	59,5									
0,350		0,355	0,3525	30	0,0510	64,8									
0,355		0,360	0,3575	46	0,0782	65,4									
0,360		0,365	0,3625	68	0,1156	60,9									
0,365		0,370	0,3675	75	0,1276	52,5									
0,370		0,375	0,3725	54	0,0918	41,8									
0,375		0,380	0,3775	19	0,0323	30,8									
0,380		0,385	0,3825	10	0,0170	20,9									
0,385		0,390	0,3875	17	0,0289	13,2									
0,390		0,395	0,3925	16	0,0272	7,7									
0,395		0,400	0,3975	6	0,0102	4,1									
0,400		0,405	0,4025	1	0,0017	2,0									
6		0,280	0,290	0,2850	30	0,0510	0,3136	0,0182	38,3	139,7			2,11·10 ⁻²⁸		
	0,290	0,300	0,2950	155	0,2636	76,5									
	0,300	0,310	0,3050	82	0,1395	114,1									
	0,310	0,320	0,3150	104	0,1769	126,8									
	0,320	0,330	0,3250	122	0,2075	105,0									
	0,330	0,340	0,3350	35	0,0595	64,8									
	0,340	0,350	0,3450	33	0,0561	29,8									
	0,350	0,360	0,3550	27	0,0459	10,2									
7	0,303	0,306	0,3045	2	0,0034	0,3223	0,0072	4,7	55,0	7,86·10 ⁻⁸					
	0,306	0,309	0,3075	5	0,0085			11,9							
	0,309	0,312	0,3105	16	0,0272			25,6							
	0,312	0,315	0,3135	55	0,0935			46,3							
	0,315	0,318	0,3165	102	0,1735			70,4							
	0,318	0,321	0,3195	113	0,1922			90,1							
	0,321	0,324	0,3225	86	0,1463			97,2							
	0,324	0,327	0,3255	61	0,1037			88,3							
	0,327	0,330	0,3285	48	0,0816			67,5							
	0,330	0,333	0,3315	48	0,0816			43,5							
	0,333	0,336	0,3345	27	0,0459			23,6							

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К															
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе						
	начало	конец	центр													
	0,336	0,339	0,3375	15	0,0255			10,8								
	0,339	0,342	0,3405	6	0,0102			4,1								
	0,342	0,345	0,3435	4	0,0068			1,3								
	8	0,315	0,320	0,3175	3			0,0051			0,3399	0,0104	11,3	35,6	2,08·10 ⁻⁵	
	0,320	0,325	0,3225	33	0,0561			28,1								
0,325	0,330	0,3275	64	0,1088	55,4											
0,330	0,335	0,3325	114	0,1939	87,1											
0,335	0,340	0,3375	108	0,1837	109,1											
0,340	0,345	0,3425	80	0,1361	108,7											
0,345	0,350	0,3475	77	0,1310	86,2											
0,350	0,355	0,3525	53	0,0901	54,5											
0,355	0,360	0,3575	36	0,0612	27,4											
0,360	0,365	0,3625	19	0,0323	11,0											
0,365	0,370	0,3675	1	0,0017	3,5	9	0,321	0,324	0,3225	2			0,0034			0,3362
0,324	0,327	0,3255	31	0,0527	27,4											
0,327	0,330	0,3285	66	0,1122	53,2											
0,330	0,333	0,3315	102	0,1735	83,3											
0,333	0,336	0,3345	92	0,1565	105,1											
0,336	0,339	0,3375	122	0,2075	106,9											
0,339	0,342	0,3405	63	0,1071	87,6											
0,342	0,345	0,3435	60	0,1020	57,9											
0,345	0,348	0,3465	24	0,0408	30,8											
0,348	0,351	0,3495	10	0,0170	13,2											
0,351	0,354	0,3525	13	0,0221	4,6											
0,354	0,357	0,3555	1	0,0017	1,3											
0,357	0,360	0,3585	2	0,0034	0,3	10	0,318	0,321	0,3195	5	0,0085	0,3386	0,0082	5,7	34,5	
0,321	0,324	0,3225	22	0,0374	12,4											
0,324	0,327	0,3255	29	0,0493	23,8											
0,327	0,330	0,3285	34	0,0578	40,0											
0,330	0,333	0,3315	65	0,1105	58,7											
0,333	0,336	0,3345	68	0,1156	75,5											
0,336	0,339	0,3375	71	0,1207	84,9											
0,339	0,342	0,3405	65	0,1105	83,5											
0,342	0,345	0,3435	97	0,1650	71,9											
0,345	0,348	0,3465	49	0,0833	54,2											
0,348	0,351	0,3495	48	0,0816	35,8											
0,351	0,354	0,3525	28	0,0476	20,6											
0,354	0,357	0,3555	7	0,0119	10,4	11	0,305	0,310	0,3075	3	0,0051			0,3328		0,0104
0,310	0,315	0,3125	10	0,0170	17,4											
0,315	0,320	0,3175	55	0,0935	38,9											
0,320	0,325	0,3225	81	0,1378	69,3											
0,325	0,330	0,3275	97	0,1650	98,5											

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К														
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе					
	начало	конец	центр												
	0,330	0,335	0,3325	103	0,1752			111,6							
	0,335	0,340	0,3375	90	0,1531			100,8							
	0,340	0,345	0,3425	69	0,1173			72,6							
	0,345	0,350	0,3475	50	0,0850			41,7							
	0,350	0,355	0,3525	21	0,0357			19,1							
	0,355	0,360	0,3575	7	0,0119			7,0							
	0,360	0,365	0,3625	2	0,0034			2,0							
	12	0,327	0,330	0,3285	2			0,0034			0,3523	0,0094	3,0	30,1	0,0045
		0,330	0,333	0,3315	6			0,0102					6,5		
0,333		0,336	0,3345	11	0,0187	12,5									
0,336		0,339	0,3375	26	0,0442	21,7									
0,339		0,342	0,3405	33	0,0561	34,1									
0,342		0,345	0,3435	68	0,1156	48,4									
0,345		0,348	0,3465	58	0,0986	62,0									
0,348		0,351	0,3495	70	0,1190	71,7									
0,351		0,354	0,3525	65	0,1105	74,9									
0,354		0,357	0,3555	48	0,0816	70,6									
0,357		0,360	0,3585	74	0,1259	60,2									
0,360		0,363	0,3615	49	0,0833	46,3									
0,363		0,366	0,3645	29	0,0493	32,2									
0,366		0,369	0,3675	30	0,0510	20,2									
0,369		0,372	0,3705	9	0,0153	11,4									
0,372		0,375	0,3735	10	0,0170	5,8									
13	0,333	0,336	0,3345	1	0,0017	0,3540	0,0095	9,0	57,3	7,02·10 ⁻⁸					
	0,336	0,339	0,3375	22	0,0374			16,3							
	0,339	0,342	0,3405	33	0,0561			26,9							
	0,342	0,345	0,3435	68	0,1156			40,1							
	0,345	0,348	0,3465	52	0,0884			54,2							
	0,348	0,351	0,3495	50	0,0850			66,2							
	0,351	0,354	0,3525	78	0,1327			73,1							
	0,354	0,357	0,3555	72	0,1224			73,2							
	0,357	0,360	0,3585	70	0,1190			66,3							
	0,360	0,363	0,3615	28	0,0476			54,3							
	0,363	0,366	0,3645	38	0,0646			40,3							
	0,366	0,369	0,3675	32	0,0544			27,1							
	0,369	0,372	0,3705	20	0,0340			16,4							
	0,372	0,375	0,3735	17	0,0289			9,0							
	0,375	0,378	0,3765	7	0,0119			4,5							
	14	0,348	0,351	0,3495	1			0,0017			0,3796	0,0100	0,8	69,8	2,14·10 ⁻⁹
0,351		0,354	0,3525	2	0,0034	1,8									
0,354		0,357	0,3555	11	0,0187	3,9									
0,357		0,360	0,3585	13	0,0221	7,7									
0,360		0,363	0,3615	23	0,0391	13,8									
0,363		0,366	0,3645	25	0,0425	22,7									
0,366		0,369	0,3675	20	0,0340	34,0									

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К														
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе					
	начало	конец	центр												
	0,369	0,372	0,3705	30	0,0510			46,6							
	0,372	0,375	0,3735	48	0,0816			58,4							
	0,375	0,378	0,3765	43	0,0731			67,0							
	0,378	0,381	0,3795	64	0,1088			70,2							
	0,381	0,384	0,3825	84	0,1429			67,3							
	0,384	0,387	0,3855	81	0,1378			58,9							
	0,387	0,390	0,3885	68	0,1156			47,2							
	0,390	0,393	0,3915	43	0,0731			34,6							
	0,393	0,396	0,3945	20	0,0340			23,2							
	0,396	0,399	0,3975	12	0,0204			14,2							
	15	0,318	0,321	0,3195	1			0,0017			0,3413	0,0084	3,0	33,6	0,0008
		0,321	0,324	0,3225	6			0,0102					7,0		
0,324		0,327	0,3255	16	0,0272	14,4									
0,327		0,330	0,3285	24	0,0408	26,3									
0,330		0,333	0,3315	54	0,0918	42,3									
0,333		0,336	0,3345	65	0,1105	60,0									
0,336		0,339	0,3375	73	0,1241	75,1									
0,339		0,342	0,3405	79	0,1344	82,8									
0,342		0,345	0,3435	93	0,1582	80,5									
0,345		0,348	0,3465	32	0,0544	69,0									
0,348		0,351	0,3495	58	0,0986	52,2									
0,351		0,354	0,3525	43	0,0731	34,8									
0,354		0,357	0,3555	24	0,0408	20,5									
0,357		0,360	0,3585	16	0,0272	10,6									
0,360		0,363	0,3615	4	0,0068	4,8									
16		0,345	0,348	0,3465	1	0,0017	0,3706	0,0079	0,8	19,3			0,1146		
	0,348	0,351	0,3495	1	0,0017	2,5									
	0,351	0,354	0,3525	9	0,0153	6,4									
	0,354	0,357	0,3555	15	0,0255	14,3									
	0,357	0,360	0,3585	33	0,0561	27,4									
	0,360	0,363	0,3615	40	0,0680	45,6									
	0,363	0,366	0,3645	66	0,1122	65,8									
	0,366	0,369	0,3675	70	0,1190	82,1									
	0,369	0,372	0,3705	103	0,1752	88,9									
	0,372	0,375	0,3735	63	0,1071	83,3									
	0,375	0,378	0,3765	84	0,1429	67,6									
	0,378	0,381	0,3795	47	0,0799	47,6									
	0,381	0,384	0,3825	32	0,0544	29,0									
	0,384	0,387	0,3855	18	0,0306	15,3									
	0,387	0,390	0,3885	5	0,0085	7,0									
	0,390	0,393	0,3915	1	0,0017	2,8									
	17	0,315	0,320	0,3175	4	0,0068			0,3438		0,0106	5,4		44,9	$3,82 \cdot 10^{-7}$
		0,320	0,325	0,3225	12	0,0204						15,3			
0,325		0,330	0,3275	49	0,0833	34,6									
0,330		0,335	0,3325	69	0,1173	63,0									

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К														
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе					
	начало	конец	центр												
	0,335	0,340	0,3375	81	0,1378			92,2							
	0,340	0,345	0,3425	119	0,2024			108,7							
	0,345	0,350	0,3475	68	0,1156			103,0							
	0,350	0,355	0,3525	78	0,1327			78,5							
	0,355	0,360	0,3575	75	0,1276			48,2							
	0,360	0,365	0,3625	31	0,0527			23,8							
	0,365	0,370	0,3675	2	0,0034			9,4							
	18	0,282	0,285	0,2835	8			0,0136			0,3000	0,0065	4,3	22,2	0,0045
		0,285	0,288	0,2865	13			0,0221					12,5		
0,288		0,291	0,2895	36	0,0612	29,3									
0,291		0,294	0,2925	56	0,0952	55,4									
0,294		0,297	0,2955	67	0,1139	84,9									
0,297		0,300	0,2985	103	0,1752	105,1									
0,300		0,303	0,3015	91	0,1548	105,3									
0,303		0,306	0,3045	101	0,1718	85,3									
0,306		0,309	0,3075	77	0,1310	55,9									
0,309		0,312	0,3105	26	0,0442	29,7									
0,312		0,315	0,3135	10	0,0170	12,7									
19		0,298	0,300	0,2990	2	0,0034	0,3114	0,0051	5,0	31,2			0,0031		
	0,300	0,302	0,3010	8	0,0136	11,8									
	0,302	0,304	0,3030	24	0,0408	24,0									
	0,304	0,306	0,3050	48	0,0816	41,8									
	0,306	0,308	0,3070	67	0,1139	62,9									
	0,308	0,310	0,3090	92	0,1565	81,3									
	0,310	0,312	0,3110	99	0,1684	90,5									
	0,312	0,314	0,3130	87	0,1480	86,8									
	0,314	0,316	0,3150	58	0,0986	71,6									
	0,316	0,318	0,3170	48	0,0816	50,8									
	0,318	0,320	0,3190	15	0,0255	31,0									
	0,320	0,322	0,3210	17	0,0289	16,3									
	0,322	0,324	0,3230	13	0,0221	7,4									
	0,324	0,326	0,3250	6	0,0102	2,9									
	0,326	0,328	0,3270	3	0,0051	1,0									
	0,328	0,330	0,3290	1	0,0017	0,3									
20	0,327	0,330	0,3285	1	0,0017	0,3531	0,0095	2,6	40,3	0,0004					
	0,330	0,333	0,3315	7	0,0119			5,6							
	0,333	0,336	0,3345	8	0,0136			10,9							
	0,336	0,339	0,3375	22	0,0374			19,2							
	0,339	0,342	0,3405	24	0,0408			30,7							
	0,342	0,345	0,3435	53	0,0901			44,3							
	0,345	0,348	0,3465	76	0,1293			57,9							
	0,348	0,351	0,3495	53	0,0901			68,6							
	0,351	0,354	0,3525	88	0,1497			73,6							
	0,354	0,357	0,3555	49	0,0833			71,6							
	0,357	0,360	0,3585	71	0,1207			63,0							

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К																				
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе											
	начало	конец	центр																		
	0,360	0,363	0,3615	58	0,0986			50,2													
	0,363	0,366	0,3645	25	0,0425			36,3													
	0,366	0,369	0,3675	19	0,0323			23,7													
	0,369	0,372	0,3705	11	0,0187			14,1													
	0,372	0,375	0,3735	13	0,0221			7,5													
	0,375	0,378	0,3765	7	0,0119			3,7													
	0,378	0,381	0,3795	3	0,0051			1,6													
	21	0,294	0,296	0,2950	4			0,0068			0,3075	0,0052	5,1	14,6	0,2025						
		0,296	0,298	0,2970	12			0,0204					11,8								
0,298		0,300	0,2990	29	0,0493	23,7															
0,300		0,302	0,3010	56	0,0952	41,2															
0,302		0,304	0,3030	54	0,0918	61,8															
0,304		0,306	0,3050	75	0,1276	80,0															
0,306		0,308	0,3070	75	0,1276	89,4															
0,308		0,310	0,3090	86	0,1463	86,3															
0,310		0,312	0,3110	76	0,1293	72,0															
0,312		0,314	0,3130	54	0,0918	51,8															
0,314		0,316	0,3150	41	0,0697	32,2															
0,316		0,318	0,3170	17	0,0289	17,3															
0,318		0,320	0,3190	8	0,0136	8,0															
0,320		0,322	0,3210	1	0,0017	3,2	22	0,315	0,318	0,3165			7			0,0119	0,3335	0,0082	10,4	78,9	1,12·10 ⁻¹⁰
0,318		0,321	0,3195	24	0,0408	20,4															
0,321	0,324	0,3225	31	0,0527	35,3																
0,324	0,327	0,3255	77	0,1310	53,5																
0,327	0,330	0,3285	76	0,1293	71,0																
0,330	0,333	0,3315	75	0,1276	82,7																
0,333	0,336	0,3345	88	0,1497	84,4																
0,336	0,339	0,3375	71	0,1207	75,6																
0,339	0,342	0,3405	57	0,0969	59,3																
0,342	0,345	0,3435	32	0,0544	40,8																
0,345	0,348	0,3465	23	0,0391	24,6																
0,348	0,351	0,3495	11	0,0187	13,0																
0,351	0,354	0,3525	6	0,0102	6,0																
0,354	0,357	0,3555	6	0,0102	2,5																
0,357	0,360	0,3585	2	0,0034	0,9																
0,360	0,363	0,3615	1	0,0017	0,3																
0,363	0,366	0,3645	0	0,0000	0,1																
0,366	0,369	0,3675	1	0,0017	0,0	23	0,339	0,342	0,3405	1	0,0017	0,3578	0,0068	4,2	21,3	0,0115					
0,342	0,345	0,3435	9	0,0153	11,7																
0,345	0,348	0,3465	34	0,0578	26,5																
0,348	0,351	0,3495	51	0,0867	49,7																
0,351	0,354	0,3525	82	0,1395	76,7																
0,354	0,357	0,3555	102	0,1735	97,6																

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К														
	Границы интервалов			Кол- во попада- ний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе					
	начало	конец	центр												
	0,357	0,360	0,3585	99	0,1684			102,5							
	0,360	0,363	0,3615	89	0,1514			88,6							
	0,363	0,366	0,3645	45	0,0765			63,2							
	0,366	0,369	0,3675	35	0,0595			37,2							
	0,369	0,372	0,3705	30	0,0510			18,0							
	0,372	0,375	0,3735	11	0,0187			7,2							
	24	0,348	0,351	0,3495	3			0,0051			0,3693	0,0083	5,0	155,9	$1,60 \cdot 10^{-25}$
		0,351	0,354	0,3525	6			0,0102					11,1		
0,354		0,357	0,3555	18	0,0306	21,4									
0,357		0,360	0,3585	37	0,0629	36,5									
0,360		0,363	0,3615	63	0,1071	54,5									
0,363		0,366	0,3645	78	0,1327	71,5									
0,366		0,369	0,3675	111	0,1888	82,5									
0,369		0,372	0,3705	89	0,1514	83,6									
0,372		0,375	0,3735	67	0,1139	74,4									
0,375		0,378	0,3765	27	0,0459	58,1									
0,378		0,381	0,3795	35	0,0595	39,9									
0,381		0,384	0,3825	20	0,0340	24,1									
0,384		0,387	0,3855	17	0,0289	12,8									
0,387		0,390	0,3885	6	0,0102	5,9									
0,390		0,393	0,3915	5	0,0085	2,4									
0,393		0,396	0,3945	3	0,0051	0,9									
0,396		0,399	0,3975	0	0,0000	0,3									
0,399		0,402	0,4005	3	0,0051	0,1									
25	0,285	0,290	0,2875	9	0,0153	0,3177	0,0115	3,3	38,9	$2,65 \cdot 10^{-5}$					
	0,290	0,295	0,2925	17	0,0289			9,4							
	0,295	0,300	0,2975	20	0,0340			22,0							
	0,300	0,305	0,3025	39	0,0663			42,6							
	0,305	0,310	0,3075	41	0,0697			68,6							
	0,310	0,315	0,3125	80	0,1361			91,5							
	0,315	0,320	0,3175	130	0,2211			101,4							
	0,320	0,325	0,3225	101	0,1718			93,1							
	0,325	0,330	0,3275	74	0,1259			71,0							
	0,330	0,335	0,3325	45	0,0765			44,9							
	0,335	0,340	0,3375	21	0,0357			23,5							
	0,340	0,345	0,3425	9	0,0153			10,2							
	0,345	0,350	0,3475	2	0,0034			3,7							
	26	0,260	0,265	0,2625	1			0,0017			0,2892	0,0157	17,8	343,4	$9,78 \cdot 10^{-68}$
0,265		0,270	0,2675	35	0,0595	28,9									
0,270		0,275	0,2725	75	0,1276	42,5									
0,275		0,280	0,2775	126	0,2143	56,5									
0,280		0,285	0,2825	105	0,1786	67,9									
0,285		0,290	0,2875	6	0,0102	73,9									
0,290		0,295	0,2925	9	0,0153	72,7									
0,295		0,300	0,2975	32	0,0544	64,7									

Продолжение Таблицы М.1

Условный номер вагона	Параметры распределения величины коэффициента К									
	Границы интервалов			Кол- во попа- даний	Частота	Мат. ожи- дание	Станд. откло- нение	Кол-во попада- ний по гипотезе	Значение χ^2	Вероят- ность соотв. гипотезе
	начало	конец	центр							
		0,300	0,305	0,3025	49	0,0833			52,1	
	0,305	0,310	0,3075	78	0,1327			37,9		
	0,310	0,315	0,3125	44	0,0748			25,0		
	0,315	0,320	0,3175	22	0,0374			14,9		
	0,320	0,325	0,3225	6	0,0102			8,0		
27	0,285	0,290	0,2875	22	0,0374	0,3108	0,0172	27,3	323,0	$2,14 \cdot 10^{-63}$
	0,290	0,295	0,2925	125	0,2126			38,7		
	0,295	0,300	0,2975	87	0,1480			50,4		
	0,300	0,305	0,3025	59	0,1003			60,4		
	0,305	0,310	0,3075	35	0,0595			66,6		
	0,310	0,315	0,3125	23	0,0391			67,5		
	0,315	0,320	0,3175	22	0,0374			63,0		
	0,320	0,325	0,3225	46	0,0782			54,0		
	0,325	0,330	0,3275	57	0,0969			42,6		
	0,330	0,335	0,3325	55	0,0935			30,9		
	0,335	0,340	0,3375	30	0,0510			20,6		
	0,340	0,345	0,3425	18	0,0306			12,6		
	0,345	0,350	0,3475	9	0,0153			7,1		
	28	0,280	0,285	0,2825	6			0,0102		
0,285		0,290	0,2875	10	0,0170	7,3				
0,290		0,295	0,2925	34	0,0578	18,5				
0,295		0,300	0,2975	35	0,0595	38,5				
0,300		0,305	0,3025	33	0,0561	65,6				
0,305		0,310	0,3075	82	0,1395	91,5				
0,310		0,315	0,3125	87	0,1480	104,5				
0,315		0,320	0,3175	131	0,2228	97,8				
0,320		0,325	0,3225	88	0,1497	75,0				
0,325		0,330	0,3275	63	0,1071	47,1				
0,330		0,335	0,3325	17	0,0289	24,2				
0,335		0,340	0,3375	2	0,0034	10,2				

Приложение Н
(справочное).

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (K_UNC)



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019615905

**«Расчет общего коэффициента теплопередачи кузова
специального транспортного средства для перевозки
скоропортящихся грузов - K_UNC»**

Правообладатель: *Давыдов Денис Олегович (RU)*

Автор: *Давыдов Денис Олегович (RU)*



Заявка № **2019614808**

Дата поступления **26 апреля 2019 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **14 мая 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Приложение П

(обязательное).

Примеры определения значений общего коэффициента теплопередачи кузова вагонов-термосов

В период с 2014 по 2016 гг. при непосредственном участии автора были произведены теплотехнические испытания с 17 изотермическими вагонами (Рисунки М.1 – М.17), принадлежащими российскому собственнику, что составило 1 % от парка серийно изготовленных кузовов. Средний срок эксплуатации вагонов к рассматриваемому циклу испытаний составлял около 6 лет. Отбор вагонов для испытаний осуществлялся в соответствии с критерием, приведенным в формуле (3.29). Испытания проводились в строгом соответствии с параграфом 3.1, а расчет коэффициента K – в соответствии с параграфом 3.2 (результаты расчетов коэффициента K по всем испытанным вагонам приведены в Таблице П.1). Среднее итоговое значение коэффициента K для испытанных вагонов составило $0,372 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

В период с 2017 по 2018 гг. дополнительно были испытаны еще 11 изотермических вагонов (Рисунки М.18 – М.28) того же парка. В отличие от предыдущего цикла испытаний имел место случайный характер выборки указанных 11 вагонов из общего количества. Среднее итоговое значение коэффициента K для вновь испытанных вагонов составило $0,345 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (см. Таблицу П.2), что на 7,3 % меньше значения, полученного в предыдущем цикле испытаний, несмотря на то что средний срок службы указанных вагонов вырос.

Таким образом, использование критерия отбора, приведенного в формуле (3.29), существенно повышает точность определения расчетного значения коэффициента K для парка вагонов в сравнении со случайной выборкой (для рассматриваемого примера – на 7,3 %).

Таблица П.1 – Результаты определения расчетных значений коэффициента К при отборе вагонов в соответствии с формулой (3.29)

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$\overline{L_e}$	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750
$u_A(\overline{L_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{L_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{L_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{B_e}$	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790
$u_A(\overline{B_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{B_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{B_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{H_e}$	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,826	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915
$u_A(\overline{H_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{H_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{H_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{HH_e}$	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323
$u_A(\overline{HH_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{HH_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{HH_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{L_i}$	15,410	15,390	15,333	15,365	15,318	15,395	15,343	15,345	15,480	15,318	15,365	15,375	15,405	15,400	15,353	15,390	15,400
$u_A(\overline{L_i})$	0,0050	0,0100	0,0025	0,0100	0,0025	0,0000	0,0025	0,0100	0,0050	0,0125	0,0300	0,0000	0,0100	0,0000	0,0025	0,0050	0,0050
$u_B(\overline{L_i})$	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
$u_C(\overline{L_i})$	0,0076	0,0115	0,0063	0,0115	0,0063	0,0058	0,0063	0,0115	0,0076	0,0138	0,0306	0,0058	0,0115	0,0058	0,0063	0,0076	0,0076
$\overline{B_i}$	2,455	2,455	2,450	2,453	2,440	2,455	2,458	2,425	2,450	2,463	2,463	2,458	2,453	2,455	2,443	2,458	2,458
$u_A(\overline{B_i})$	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0050	0,0050	0,0025	0,0000	0,0050	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0000	0,0075	0,0025	0,0075
$u_B(\overline{B_i})$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
$u_C(\overline{B_i})$	0,0029	0,0029	0,0058	0,0038	0,0058	0,0058	0,0038	0,0029	0,0058	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0029	0,0080	0,0038	0,0080
$\overline{H_i}$	2,679	2,679	2,674	2,643	2,636	2,650	2,661	2,630	2,646	2,646	2,658	2,639	2,635	2,653	2,608	2,626	2,638

Продолжение Таблицы П.1

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$u_A(\bar{H}_i)$	0,0024	0,0031	0,0024	0,0066	0,0052	0,0041	0,0043	0,0029	0,0052	0,0012	0,0032	0,0066	0,0029	0,0048	0,0025	0,0069	0,0097
$u_B(H_i)$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
$u_C(H_i)$	0,0038	0,0043	0,0038	0,0072	0,0059	0,0050	0,0052	0,0041	0,0059	0,0031	0,0043	0,0072	0,0041	0,0056	0,0038	0,0075	0,0101
$\overline{HH}_i$	2,930	2,923	2,910	2,928	2,923	2,930	2,913	2,915	2,940	2,930	2,915	2,928	2,873	2,920	2,913	2,905	2,908
$u_A(\overline{HH}_i)$	0,0050	0,0025	0,0000	0,0075	0,0125	0,0000	0,0075	0,0250	0,0000	0,0000	0,0150	0,0175	0,0325	0,0000	0,0125	0,0000	0,0125
$u_B(\overline{HH}_i)$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
$u_C(\overline{HH}_i)$	0,0058	0,0038	0,0029	0,0080	0,0128	0,0029	0,0080	0,0252	0,0029	0,0029	0,0153	0,0177	0,0326	0,0029	0,0128	0,0029	0,0128
$\bar{P}_e$	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,301	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117
$u_C(\bar{P}_e)$	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0132	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128
$\bar{P}_i$	5,186	5,174	5,152	5,239	5,217	5,235	5,191	5,186	5,250	5,256	5,211	5,256	5,159	5,214	5,256	5,238	5,223
$u_C(\bar{P}_i)$	0,0167	0,0154	0,0173	0,0232	0,0295	0,0186	0,0206	0,0470	0,0196	0,0152	0,0298	0,0365	0,0548	0,0163	0,0310	0,0192	0,0339
$\bar{S}$	187,728	187,549	186,968	187,041	186,424	187,354	187,062	185,480	187,790	187,029	187,269	187,157	186,686	187,315	186,294	186,906	187,097
$u_C(\bar{S})$	0,1193	0,1303	0,1307	0,1821	0,1838	0,1448	0,1439	0,2303	0,1594	0,1302	0,2347	0,2113	0,2645	0,1349	0,1830	0,1698	0,2514
$\bar{Q}$	1878,3	1587,4	1580,5	1609,3	1512,1	1621,9	1692,1	1696,8	1745,1	1744,3	1748,1	1663,7	1757,7	1726,8	1678,9	1648,0	1733,8
$u_A(\bar{Q})$	3,50	1,91	1,94	2,32	2,18	10,39	2,33	3,67	2,45	3,93	3,67	3,50	3,62	2,71	2,03	2,59	2,13
$u_B(Q)$	10,84	9,16	9,12	9,29	8,73	9,36	9,77	9,80	10,08	10,07	10,09	9,61	10,15	9,97	9,69	9,51	10,01
$u_C(Q)$	11,40	9,36	9,33	9,58	9,00	13,99	10,04	10,46	10,37	10,81	10,74	10,22	10,77	10,33	9,90	9,86	10,23
$\bar{T}_e$	12,2	11,5	11,5	12,6	12,6	11,0	10,7	11,5	10,7	11,5	11,8	11,7	11,4	13,5	12,7	13,3	13,0
$u_A(\bar{T}_e)$	0,37	0,26	0,18	0,22	0,16	0,28	0,21	0,24	0,21	0,28	0,25	0,31	0,19	0,24	0,35	0,31	0,30
$u_B(T_e)$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
$u_C(T_e)$	0,47	0,39	0,34	0,37	0,33	0,40	0,36	0,37	0,36	0,40	0,38	0,42	0,34	0,37	0,46	0,43	0,41
$\bar{T}_i$	40,7	35,4	35,4	37,2	35,5	38,7	38,8	38,4	38,4	39,1	39,9	36,9	38,0	37,8	39,2	37,1	40,0
$u_A(\bar{T}_i)$	0,71	0,63	0,74	0,66	0,64	0,69	0,29	0,48	0,26	0,41	0,32	0,37	0,25	0,30	0,44	0,29	0,31
$u_B(T_i)$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
$u_C(T_i)$	0,76	0,69	0,80	0,72	0,70	0,75	0,41	0,56	0,39	0,50	0,43	0,47	0,38	0,42	0,53	0,41	0,42
$r(T_e, T_i)$	0,826	0,550	0,703	0,626	0,321	0,908	0,747	0,737	0,735	0,663	0,643	0,655	0,860	0,686	0,790	0,670	0,869
$r(Q, T_i)$	0,608	0,337	0,380	0,293	0,342	0,767	0,364	0,718	0,399	0,852	0,672	0,637	0,726	0,679	0,385	0,661	0,507
$\bar{K}$	0,351	0,355	0,354	0,349	0,354	0,313	0,322	0,339	0,336	0,338	0,332	0,352	0,354	0,379	0,341	0,371	0,343
$u_C(K)$	0,0155	0,0150	0,0165	0,0146	0,0141	0,0143	0,0088	0,0121	0,0091	0,0114	0,0097	0,0123	0,0104	0,0124	0,0126	0,0129	0,0110

Продолжение Таблицы П.1

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$U(K)$	0,0311	0,0300	0,0329	0,0292	0,0283	0,0287	0,0176	0,0241	0,0182	0,0227	0,0193	0,0246	0,0208	0,0247	0,0251	0,0257	0,0219
$U(K)$, %	8,9	8,4	9,3	8,4	8,0	9,2	5,5	7,1	5,4	6,7	5,8	7,0	5,9	6,5	7,4	6,9	6,4
K_p	0,382	0,385	0,386	0,378	0,383	0,342	0,339	0,363	0,354	0,361	0,351	0,377	0,375	0,404	0,366	0,396	0,365
$\alpha_{\text{нСПС}}$	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
$\alpha_{\text{н0}}$	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,7	13,7	13,8	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8	13,9	13,8	13,8	13,8
$\lambda_{\text{ф}}$	0,0225	0,0222	0,0222	0,0223	0,0223	0,0223	0,0223	0,0224	0,0223	0,0224	0,0224	0,0223	0,0223	0,0224	0,0224	0,0224	0,0225
$\lambda_{\text{СПС}}$	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220
$K_{\text{н}}$	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,34	0,34	0,36	0,36	0,36	0,35	0,38	0,38	0,40	0,37	0,40	0,36

$$\overline{K_{\text{н}}} = 0,372 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Таблица П.2 – Результаты определения расчетных значений коэффициента К при отборе вагонов случайным образом

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$\overline{L_e}$	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750
$u_A(\overline{L_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{L_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{L_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{B_e}$	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790	2,790
$u_A(\overline{B_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{B_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{B_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{H_e}$	2,915	2,915	2,915	2,915	2,915	2,826	2,826	2,915	2,915	2,915	2,915
$u_A(\overline{H_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{H_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{H_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{HH_e}$	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323	3,323
$u_A(\overline{HH_e})$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$u_B(\overline{HH_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$u_C(\overline{HH_e})$	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
$\overline{L_i}$	15,363	15,453	15,400	15,393	15,383	15,283	15,320	15,468	15,403	15,328	15,333
$u_A(\overline{L_i})$	0,0025	0,0075	0,0000	0,0025	0,0075	0,0125	0,0150	0,0075	0,0175	0,0025	0,0025
$u_B(\overline{L_i})$	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
$u_C(\overline{L_i})$	0,0063	0,0095	0,0058	0,0063	0,0095	0,0138	0,0161	0,0095	0,0184	0,0063	0,0063
$\overline{B_i}$	2,468	2,463	2,483	2,455	2,460	2,435	2,443	2,465	2,458	2,435	2,463
$u_A(\overline{B_i})$	0,0075	0,0025	0,0025	0,0000	0,0150	0,0050	0,0125	0,0000	0,0025	0,0150	0,0075
$u_B(\overline{B_i})$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
$u_C(\overline{B_i})$	0,0080	0,0038	0,0038	0,0029	0,0153	0,0058	0,0128	0,0029	0,0038	0,0153	0,0080
$\overline{H_i}$	2,668	2,644	2,663	2,656	2,639	2,665	2,661	2,656	2,670	2,628	2,655
$u_A(\overline{H_i})$	0,0048	0,0031	0,0032	0,0038	0,0038	0,0071	0,0077	0,0077	0,0046	0,0060	0,0035
$u_B(\overline{H_i})$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029

Продолжение Таблицы П.2

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$u_c(H_i)$	0,0056	0,0043	0,0043	0,0047	0,0047	0,0076	0,0083	0,0083	0,0054	0,0066	0,0046
$\overline{HH_i}$	2,923	2,920	2,925	2,925	2,900	2,955	2,950	2,890	2,935	2,905	2,920
$u_A(\overline{HH_i})$	0,0025	0,0100	0,0050	0,0100	0,0050	0,0100	0,0200	0,0150	0,0150	0,0050	0,0100
$u_B(\overline{HH_i})$	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
$u_c(\overline{HH_i})$	0,0038	0,0104	0,0058	0,0104	0,0058	0,0104	0,0202	0,0153	0,0153	0,0058	0,0104
$\overline{P_e}$	6,117	6,117	6,117	6,117	6,117	6,301	6,301	6,117	6,117	6,117	6,117
$u_c(P_e)$	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0132	0,0132	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128
$\overline{P_i}$	5,217	5,243	5,258	5,216	5,213	5,214	5,227	5,177	5,214	5,192	5,224
$u_c(P_i)$	0,0221	0,0236	0,0180	0,0232	0,0340	0,0279	0,0474	0,0304	0,0306	0,0350	0,0271
$\overline{S}$	187,522	187,666	187,995	187,356	186,992	186,042	186,313	187,655	187,691	186,132	187,108
$u_c(S)$	0,1715	0,1497	0,1279	0,1443	0,2489	0,2077	0,3024	0,2081	0,2011	0,2609	0,1761
$\overline{Q}$	1705,1	1719,9	1647,6	1680,5	1617,0	1664,9	1588,4	1727,2	1622,6	1656,0	1688,6
$u_A(\overline{Q})$	4,39	2,36	4,24	2,29	3,54	1,98	3,42	7,79	10,51	10,57	8,15
$u_B(\overline{Q})$	9,84	9,93	9,51	9,70	9,34	9,61	9,17	9,97	9,37	9,56	9,75
$u_c(\overline{Q})$	10,78	10,21	10,42	9,97	9,99	9,81	9,79	12,66	14,08	14,25	12,71
$\overline{T_e}$	11,8	10,0	11,8	10,1	13,0	12,4	12,9	8,2	11,4	11,5	8,2
$u_A(\overline{T_e})$	0,31	0,13	0,36	0,17	0,24	0,22	0,26	0,20	0,38	0,41	0,27
$u_B(\overline{T_e})$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
$u_c(\overline{T_e})$	0,42	0,32	0,46	0,34	0,38	0,36	0,39	0,35	0,47	0,51	0,39
$\overline{T_i}$	42,1	39,5	36,6	39,3	39,0	37,4	36,0	37,2	41,3	40,1	37,0
$u_A(\overline{T_i})$	0,29	0,23	0,25	0,22	0,22	0,24	0,24	0,38	0,23	0,47	0,31
$u_B(\overline{T_i})$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
$u_c(\overline{T_i})$	0,41	0,37	0,38	0,36	0,36	0,38	0,38	0,47	0,37	0,55	0,42
$r(T_e, T_i)$	0,916	0,568	0,907	0,489	0,695	0,657	0,706	0,678	0,890	0,868	0,690
$r(Q, T_i)$	0,778	0,611	0,807	0,553	0,445	0,654	0,444	0,369	0,873	0,867	0,369
$\overline{K}$	0,300	0,311	0,353	0,307	0,333	0,358	0,370	0,318	0,289	0,311	0,313
$u_c(K)$	0,0090	0,0073	0,0127	0,0071	0,0094	0,0106	0,0121	0,0091	0,0092	0,0126	0,0090
$U(K)$	0,0180	0,0146	0,0254	0,0143	0,0188	0,0212	0,0241	0,0183	0,0183	0,0252	0,0180
$U(K), \%$	6,0	4,7	7,2	4,7	5,6	5,9	6,5	5,8	6,3	8,1	5,7

Продолжение Таблицы П.2

Параметр	Значение параметра для СТС с порядковым номером										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
K_p	0,319	0,325	0,378	0,321	0,352	0,379	0,394	0,336	0,307	0,336	0,331
$\alpha_{\text{нСПС}}$	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
$\alpha_{\text{н0}}$	13,8	13,7	13,8	13,7	13,8	13,8	13,8	13,6	13,8	13,8	13,6
$\lambda_{\text{ф}}$	0,0225	0,0223	0,0223	0,0223	0,0224	0,0223	0,0223	0,0222	0,0225	0,0224	0,0222
$\lambda_{\text{СПС}}$	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220
$K_{\text{н}}$	0,32	0,33	0,38	0,32	0,35	0,38	0,39	0,34	0,31	0,34	0,33

$$\overline{K_{\text{н}}} = 0,345 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$