

SCIENCE AND LIFE



Proceedings of articles the international scientific conference
Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 28-29 April 2016

SCIENCE AND LIFE

Proceedings of articles the international scientific conference

Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 28-29 April 2016

Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Kirov, 2016

UDC 001
BBK 72
N 76

Scientific editors:

Klimov Ivan Pavlovich, Doctor of Historical Sciences, Professor of the Department of Theory of State and Law and International Law, Institute of State and Law of Tyumen State University

Ignatko Irina Vladimirovna, Professor of Russian Academy of Sciences, Ph.D., Professor, Department of Obstetrics and Gynecology of the First Moscow State Medical University named I.M.Sechenov

Mantusov Vladimir Bad'minovich, Doctor of Economics, Professor, Head of the Russian Customs Academy

N 76 SCIENCE AND LIFE: Proceedings of articles the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 28-29 April 2016 [Electronic resource] / Editors prof. I.P.Klimov, I.V.Ignatko, V.B.Mantusov. – Electron. txt. d. (1 file 2.7 MB). – Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněný Můstek – Russia, Kirov: MCNIP, 2016. –ISBN 978-80-7534-079-5 + ISBN 978-5-00090-100-7.

Proceedings includes materials of the international scientific conference « SCIENCE AND LIFE », held in Czech Republic, Karlovy Vary-Russia, Moscow, 28-29 April 2016. The main objective of the conference - the development community of scholars and practitioners in various fields of science. Conference was attended by scientists and experts from Armenia, Russia, Ukraine. At the conference held e-Symposium and conference "Economics, Administration, Law", "Medicine: Experience and Discoveries". International scientific conference was supported by the publishing house of the International Centre of research projects.

ISBN 978-80-7534-079-5 (Skleněný Můstek, Karlovy Vary, Czech Republic)
ISBN 978-5-00090-100-7 (MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation)

Articles are published in author's edition. Editorial opinion may not coincide with the views of the authors

Reproduction of any materials collection is carried out to resolve the editorial board

© Skleněný Můstek, 2016
© MCNIP LLC, 2016

Table of Contents

Section 1. Technology.....	6
Краснов О.Г. Дополнительные затраты на тягу поездов из-за наличия дефектов на поверхности катания колес.....	7
Волочек Е.С., Киселев Д.А., Паренюк М.А. Теплотехнические свойства кузова изотермического вагона из вакуумных полиамидных экструдированных панелей	15
Section 2. Economics	26
Мантусов В.Б. Развитие интеграционных процессов в современных экономических условиях.....	27
Науменко И.Ю. Повышение конкурентоспособности атомной энергетики России на основе внедрения системы картирования рисков	34
Рулинская А.Г. Развитие институциональной среды банковского кредитования России	44
Семёнов Ю.Е. Основные документы транспортной логистики	55
Спицина Д.В. Система Биткоин: скрытые угрозы стабильности	60
Стихияс И.В., Сунь Тао Группировка факторов, способствующих развитию Дальнего Востока в современных условиях.....	70
Фицурина М.С., Кузнецова О.А. Разработка инструментов маркетингового управления для адаптации предприятия к изменяющимся условиям рынка	82
Section 3. Philology	90
Волгина Е.А. Вербализация концепта « <i>homme</i> » в современном французском языке: стилистический аспект.....	91
Section 4. Legal Studies	103

Климов И.П. Мероприятия советского государства по восстановлению материально – технической базы транспортной инфраструктуры Урала (1919 – 1927 гг.).....	104
Section 5. Pedagogy	115
Карапетян Н.Г., Черненко Н.М. Обучение иностранных студентов профессионально-дискуссионному общению на русском языке.....	116
Уварова П.И. Сферическая модель пространства событий.....	122
Section 6. Medicine	126
Игнатко И.В., Стрижаков А.Н., Родионова А.М. Факторы формирования дизритмии плода.....	127
Кузнецов Н.А. Прогноз в хирургии: междисциплинарный подход	133
Манукян А.А. Результаты применения пластин «ЦМ2 с кальцием» в период минерального созревания и очаговой деминерализации эмали.....	144
Харбедия Ш.Д., Теблеев Ц.М. Распространенность инфекций, передаваемых половым путем, среди населения Республики Калмыкия	153
Section7. Psychology.....	158
Брунько О.Н. Арт-виртуально-информационная концепция управления состоянием здоровья человека: тектологический подход	159
Сандросян А.С. Изучение неконформных форм поведения в разновозрастных группах в младшем школьном возрасте	165
Section 8. Sociology	171
Мантусов В.Б. Процесс интеграции в глобальной мирохозяйственной системе.....	172

SECTION 1.

TECHNOLOGY

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ ИЗ-ЗА НАЛИЧИЯ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС

КРАСНОВ О.Г.

РОССИЯ, ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКО -
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА (ОАО ВНИКИ)

Аннотация. Представлена методика расчета дополнительных затрат на топливно-энергетические ресурсы при вождении грузовых поездов при наличии дефектов на поверхности катания колес. На компьютерной модели грузового вагона в программном комплексе «Универсальный механизм» определены величины дополнительного сопротивления движению грузового вагона при наличии одного и двух ползунов с разными значениями их глубины. Выполнены расчеты дополнительных затрат на ТЭР для тепловозной, электровозной тяги. При расчете затрат учитывался вероятностный характер распределения колес с дефектами в поездах.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, грузовый поезд, дефекты на поверхности катания колес, дополнительное сопротивление движению, приведенные затраты, вероятностный характер.

Дефекты на поверхности катания колес оказывают не только повышенное динамическое воздействие на элементы верхнего строения пути и ходовые части подвижного состава, но и являются источником дополнительного расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов из-за потери округлости колес.

Ассоциацией американских железных дорог выполнен экономический анализ колес с высокой ударной нагрузкой [1]. При расчете затрат произведена оценка экономии на топливо благодаря изъятию колес при обнаружении высокой ударной нагрузки. Показано, что колесо, потерявшее округлость, или колесо с ползуном увеличивает сопротивление качению, и

поэтому увеличивается потребление топлива. Это происходит потому, что при каждом обороте колеса вес, который приходится на колесо, потерявшее округлость, должен быть поднят на высоту дефекта, чтобы преодолеть поврежденную часть обода колеса. Для расчета затрат на топливо из-за колес с повышенной ударной нагрузкой было определено увеличение сопротивления движению от колес, которые создают поверхностные дефекты с разными геометрическими параметрами. Для этого использовалась модель грузового вагона, имеющего колеса с разными типами и геометрическими параметрами дефектов. Моделирование проводилось с использованием программного комплекса «Универсальный механизм». В результате расчетов получены сопротивления движению вагона (груженого, порожнего) для разных размеров ползунов (выщербин) для средневзвешенной скорости движения поезда $V=52$ км/ч. Результаты расчета представлены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1 – Средние значения дополнительных сил сопротивления движению грузового груженого вагона при скорости $V=52$ км/ч.

Величина ползуна, мм	Среднее значение дополнительного сопротивления движению, Н	
	1 ползун на вагон	2 ползуна на вагон
1	157,241	305,015
2	318,775	604,773
3	529,214	967,786
4	741,697	1384,219

Расчеты выполнены для тепловозной и электровозной тяги. Принимались следующие допущения:

- продольный и поперечный профиль пути не оказывает влияния на дополнительное сопротивление движению от колесных пар с дефектами на поверхности катания;
- по экспериментальным данным ВНИКТИ [2] среднее количество вагонов в поезде с одним дефектом принималось 31 %, двумя и более дефектами 0,14 %.

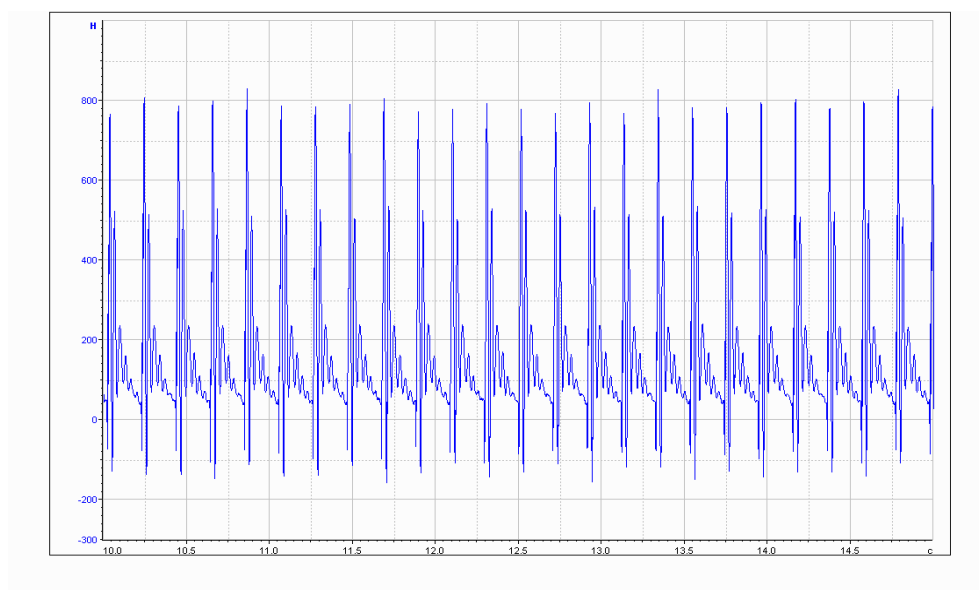


Рисунок 1 – Характер изменения дополнительной силы сопротивления движению при движении грузового вагона, имеющего ползун 1 мм на колесе, со скоростью 52 км/ч

Для расчета принимался поезд, состоящий из $n=70$ грузовых четырехосных вагонов. Основное и дополнительное сопротивление движению рассчитывалось с использованием методик, представленных в [3]. Результаты расчета дополнительных затрат на дизельное топливо и электроэнергию из-за наличия дефектов на поверхности катания колес, приведенные к тяжеловесному поезду массой 6300 т. за год эксплуатации при тепловозной и электровозной тягах представлены в таблице 2.

Для экономических расчетов примем, что пробег грузовых поездов при электровозной тяге в течение года сопоставим с пробегом грузовых электровозов (среднемесячный пробег 13 тыс. км с учетом плановых и неплановых ремонтов), а для тепловозной тяги с пробегом грузовых тепловозов (среднемесячный пробег 10 тыс. км с учетом плановых и неплановых ремонтов). Тогда годовой среднесетевой пробег поездов на электровозной тяге составит 156 тыс. км, на тепловозной – 120 тыс. км.

Таблица 2 – Дополнительные затраты на ТЭР из-за наличия дефектов на поверхности катания (затраты приведены к тяжеловесному поезду весом 6300 т за год эксплуатации), млн. руб.

№ пп	Тип тяги	Глубина ползуна, мм			
		h= 1мм	h= 2мм	h= 3мм	h=4мм
1	Электровозная тяга, годовой пробег 156 тыс. км	0,57	1,14	1,91	2,71
2	Тепловозная тяга, годовой пробег 120 тыс. км	0,9	1,84	3,02	4,32

Учитывая, что распределение дефектов на поверхности катания колес, их размеры имеют вероятностный характер фактические дополнительные затраты на ТЭР можно определить с использованием методов математической статистики.

На первом этапе выполним расчеты для фиксированных размеров дефектов для рассматриваемых вариантов – при глубине ползунов $h = 1, 2, 3, 4$ мм. Определим дополнительные затраты на топливно-энергетические ресурсы из-за наличия дефектов на поверхности катания, приведённые к пропущенному тоннажу в 1 млн.т. брутто на участке пути протяженностью 1 км. Выберем в качестве расчетного нормированный тяжеловесный поезд весом 6300 т. При совмещенном движении доля электровозной тяги в грузовом движении - 84,6 %, доля тепловозной тяги в грузовом движении – 15,4 %.

Количество тяжеловесных поездов массой ≈ 6300 т., которые необходимо пропустить для обеспечения тоннажа в 1 млн. т. брутто определится как:

$$K_{\text{поезда}} = \frac{T_{\text{млн.т.брутто}}}{T_{\text{поезда}}} = \frac{1000 \text{ тыс.т.брутто}}{6,3 \text{ тыс.т.брутто}} = 158$$

Тогда дополнительные приведенные затраты на топливно-энергетические ресурсы для участков пути на электровозной и тепловозной тяге приведённые к 1 млн. т. брутто на 1 км пути определяются как:

$$\Delta Z_{\text{ТЭР}}^{\text{прив}} = \frac{T_{1\text{млн.т.}} \cdot \gamma_1}{T_n L_T} \Delta Z_{\text{ТЭР}}^T + \frac{T_{1\text{млн.т.}} \cdot \gamma_2}{T_n L_T} \Delta Z_{\text{ТЭР}}^{\text{эл}},$$

где:

$T_{1 \text{ млн.т.}}$ – пропущенный тоннаж в 1 млн. т. брутто;

$T_n = 6300$ т – вес тяжеловесного поезда;

$\gamma_1 = 0,846$ – доля электровозной тяги в грузовом движении;

$\gamma_2 = 0,154$ – доля тепловозной тяги в грузовом движении;

$L_T = 120$ тыс. км. – годовой пробег поездов с тепловозной тягой;

$L_э = 156$ тыс.км. – годовой пробег поездов с электровозной тягой.

Результаты расчёта дополнительных затрат ТЭР при величинах дефектов $h=1, 2, 3, 4$ мм приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Дополнительные затраты на ТЭР от наличия дефектов на поверхности катания колес приведенные к тяжеловесному поезду массой 6300 т для срока эксплуатации 1 год

№ п/п	Величина ползуна, h , мм	Величина ударной силы соответствующая размеру ползуна для летних условий эксплуатации	Дополнительные затраты при тепловозной тяге $\Delta Z_{TЭР}^T$, млн. руб.	Дополнительные затраты при электровозной тяге $\Delta Z_{TЭР}^{эл}$, млн.руб.	Дополнительные затраты ТЭР при совмещённой тяге $Z_{TЭР}^{дон}$ млн.руб.	Дополнительные затраты на ТЭР при совмещённой тяге приведённые к 1млн.т.брутто на 1 км, $\Delta Z_{TЭР}^{прив}$ тыс.руб.
1	1	256	0,9	0,57	0,617	0,67
2	2	365	1,84	1,14	1,24	1,35
3	3	426	3,02	1,91	1,69	2,24
4	4	560	4,32	2,71	2,94	3,19

Определив дополнительные затраты на ТЭР при совмещённой тяге приведённые к 1млн.т.брутто на 1 км $\Delta Z_{TЭР}^{прив}$ при дискретных величинах дефектов, проведем расчет дополнительных затрат на ТЭР для случая непрерывно и случайно изменяющихся размеров дефектов. Для этого воспользуемся экспериментально установленными зависимостями между величинами дефектов и соответствующим им значениям ударных сил [2]. (см.рис.2а), построим методом аппроксимации непрерывную зависимость дополнительных затрат от размера дефекта (2б). Это позволит по экспериментально установленному закону распределения вертикальных ударных сил определить вероятностный характер распределения дефектов

и рассчитать усредненные приведенные дополнительные затраты на ТЭР с учетом случайного распределения дефектов по выборке поездов.

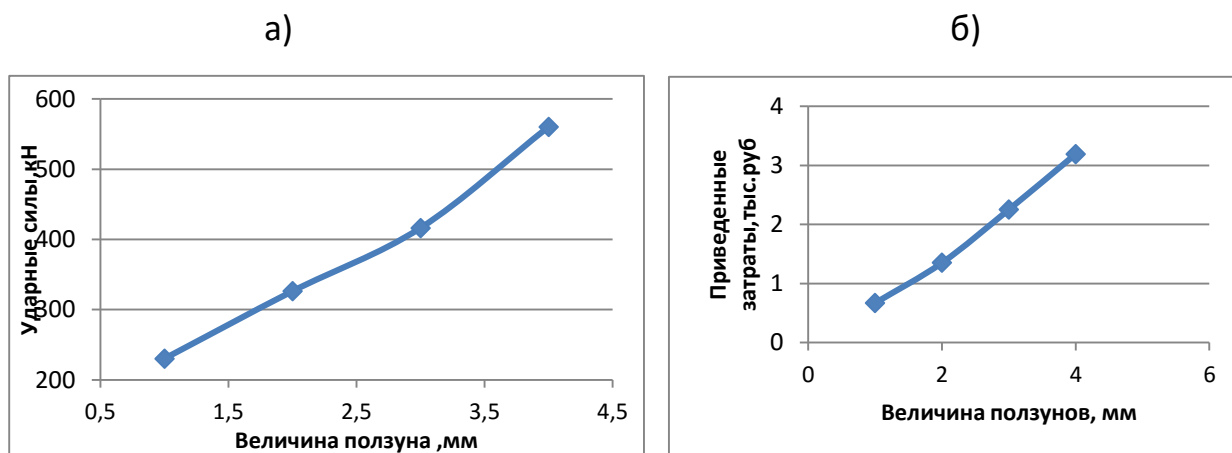


Рисунок 2 – Зависимость изменения величины ударной силы (а) и совмещенных дополнительных затрат ТЭР (б) от размера дефекта

Принимая, что дополнительное сопротивление вызывают неровности с размером более $h > 1\text{ мм}$, что соответствует уровню ударных сил $P_b > 23\text{ тс}$, т.е. на величину дополнительного сопротивления движению оказывает влияние только часть колёс, определяющих «хвосты» кривой распределения вертикальных сил. Для учёта статистического характера распределения колёс с разным уровнем воспользуемся экспериментально установленными зависимостями статистического распределения вертикальных сил от пакета поездов, зарегистрированных на втором главном пути направления Москва-Рязань Московской ж. д. [2] Учитывая связь геометрических параметров дефектов с величинами ударных сил выполним расчет приведенных к пропущенному тоннажу в 1 млн. т брутто, пропущенному на участке протяженностью 1 км затрат на ТЭР с учетом статистического распределения колёс с уровнем динамических нагрузок выше $P_b > 23\text{ тс}$.

Дополнительные приведенные затраты на ТЭР определяется как:

$$\Delta Z_{\text{ТЭР}}^{\text{прив.}} = \sum_{i=n}^n w_k \cdot C_{\text{ТЭР}i}^{\text{прив.}}$$

где w_k - частота колёс с i -м уровнем вертикальных сил (размером геометрического дефекта);

- затраты на ТЭР на дополнительное сопротивление движению из-за дефектов на поверхности катания колес, соответствующего i -му уровню вертикальной ударной нагрузки;
- N – количество уровней вертикальной ударной нагрузки.

Результаты расчета представлены в табл.4

Таблица 4

№ пп	Вертикальная нагрузка, кН P_{vi}	Количество колес в выборке, шт	Частота появления колес в уровне P_{vi} . v_i	Приведенные затраты ТЭР по группам колес P_{vi} , тыс.руб. $\Delta Z_{TЭР}^{прив}$	Суммарные приведенные затраты ТЭР с учетом статистического распределения вертикальных сил $\Delta Z_{TЭР}^{прив}$, тыс.руб.
1	230	573	0,524	0,323	0,323
2	270	219	0,2	0,22	0,543
3	320	120	0,111	0,157	0,7
4	370	100	0,0915	0,132	0,832
5	450	37	0,034	0,08	0,012
6	500	25	0,023	0,06	0,972
7	550	13	0,012	0,049	1.021
8	600	5	0,0046	0,0161	1.037
Σ		1092			

Дополнительные затраты ТЭР от дефектов на поверхности катания колес, приведенные к 1 млн. т. брутто на 1 км пути с учетом статистического распределения их геометрических параметров.

Таким образом, предложена методика расчета дополнительных затрат на топливно-энергетические ресурсы грузовых поездов при электровозной и тепловозной тягах от дефектов на поверхности катания колес, приведенных к пропущенному тоннажу в 1 млн. т. брутто и участку пути протяженностью 1 км с учетом статистического распределения вертикальных ударных сил взаимодействия колес с дефектами и рельсов.

Заключение

1. С использованием программного комплекса «Универсальный механизм» определены показатели дополнительного сопротивления движению

грузового груженного вагона от размера дефекта на поверхности катания колеса.

2. Определены дополнительные затраты на ТЭР для грузовых поездов с электровозной и тепловозной тягой, приведенные к 1 млн.т.брутто пропущенного тоннажа на участке пути протяженностью 1 км, из-за наличия дефектов на поверхности катания колесных пар в зависимости от пороговых значений P_{vi} вертикальных ударных сил.

3. Разработана методика расчета дополнительных приведенных к пропущенному тоннажу в 1 млн. т брутто пропущенному на участке совмещенного движения с электровозной и тепловозной тягой протяженностью 1 км затрат на топливно-энергетические ресурсы с учетом статистического распределения колёс по уровням динамических вертикальных сил.

Список литературы:

1. Ahlbeck, D.R., Evaluation of Railroad Wheel Tread Impact Load. Damage Factors, AAR Report No. R-851, October 1993.
2. Технический отчёт Проведение испытаний с оценкой силового воздействия колёс с разными типами дефектов на поверхности катания на железнодорожный путь в летний и зимний периоды. – Коломна: ОАО «ВНИКТИ», 2010 г. – 198 с
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы М. Транспорт, 1985г. 287с.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КУЗОВА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ВАГОНА ИЗ ВАКУУМНЫХ ПОЛИАМИДНЫХ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Волочек Е.С., Киселев Д.А., Паренюк М.А.

Россия, САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Аннотация. Целью работы является разработка алгоритма и эффективных методов оптимизации профиля экструдированных панелей из полимерных материалов, обеспечивающих проектирование кузова изотермического вагона с заданными прочностными характеристиками, минимальной тарой и улучшенными теплоизоляционными свойствами. При проведении расчетов на прочность и теплопередачу использовался метод конечных элементов в среде SolidWorks Simulation. Предложен универсальный критерий оптимизации профиля экструдированных панелей, позволивший подобрать геометрические параметры панели из полиамида, обеспечившие величину массы кузова изотермического вагона 11974 кг и термическое сопротивление ограждения кузова 7,246 ($\text{м}^2 \text{ К}$)/Вт. Теплоизоляционные свойства вакуумных экструдированных панелей из материала «полиамид 6» (ПА тип 6) обеспечивают снижение теплопритоков за счет конвективного теплообмена через ограждение кузова внутрь изотермического вагона в летний период и тепловые потери наружу в зимний период в 1,7 раза.

Ключевые слова: изотермический вагон, кузов, прочность, теплотехнические свойства, вакуумная экструдированная панель, полиамид.

Современные конструкции изотермических вагонов состоят из несущего стального каркаса и многослойных стенок с внешним покрытием из оцинкованной стали, внутренним покрытием из листовой пищевой нержавеющей стали или алюминиевого сплава и промежуточным слоем теплоизоляционного материала (толщина от 140 до 250 мм) – см. [7, с. 249].

В качестве теплоизоляционного материала используется пенополистирол ПСБ-С с коэффициентом теплопроводности $0,036...0,041 \text{ Вт/(м К)}$ или пенополиуретан ППУ-3С с коэффициентом теплопроводности $0,029...0,035 \text{ Вт/(м К)}$ – см. [7, с. 218]. Приведенный коэффициент теплопередачи стенок изотермического вагона составляет $0,31...0,32 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$ – см. [7, с. 219].

Для повышения конкурентоспособности новых конструкций изотермических вагонов предлагается вместо пенополиуретана, как теплоизоляционного материала, использовать полые экструдированные панели из полиамида, имеющие сотовую структуру, герметично заваренные по торцам и вакуумированные до величины остаточного вакуума менее 1 кПа – см. [3, с. 59]. Такая панель приобретает свойства вакуумной теплоизоляции, что позволяет использовать их в конструкциях изотермических вагонов.

Однако, расчет на прочность стенок изотермических вагонов, собранных из вакуумных экструдированных панелей, а также оптимизация конструкций таких стенок представляет собой сложную научную задачу. Поэтому разработка алгоритма и эффективных методов оптимизации конструкции кузова изотермического вагона из панелей, полученных методом экструзии полимерных материалов, является актуальной задачей.

Цель исследований заключается в разработке алгоритма и эффективных методов оптимизации профиля экструдированных панелей из полимерных материалов, обеспечивающих проектирование кузова изотермического вагона с заданными прочностными характеристиками, минимальной тарой и улучшенными теплоизоляционными свойствами.

В работе [2, с. 73-74] был предложен алгоритм проектирования кузова вагона из экструдированных вакуумных панелей.

Согласно данному алгоритму при проектировании кузова изотермического вагона вначале должна быть разработана модель кузова из сплошных пластин шириной 500 мм одинаковой толщины, например 60 мм .

При проектировании кузова изотермического вагона были учтены особенности предлагаемой системы энергоснабжения: размещение на

крыше вагона ветрового электрогенератора, высотой 500 мм; расположение части боковых стен под углом к горизонту от 45 до 75 градусов для размещения солнечных батарей.

Твердотельная модель кузова изотермического вагона из сплошных пластин позволяет рассчитать ее в SolidWorks Simulation при нагрузках, рекомендованных в «Нормах для расчета и проектирования вагонов» [4, с. 11-26] (далее «Нормы») для расчета изотермических вагонов.

Кузов изотермического вагона, согласно «Норм» [4, с. 11], должен рассчитываться на статическую прочность на I режиме (относительно редкое сочетание экстремальных нагрузок) и на усталостную прочность на III режиме (относительно частое возможное сочетание умеренных по величине нагрузок, характерное для нормальной работы вагона в поезде, движущемся с конструкционной скоростью $V=140$ м/с).

В качестве расчетного режима был выбран I режим «Норм» [4, с. 11] (статическая прочность), в котором учитываются следующие совместно действующие силы инерции от продольного и вертикального ускорений масс различных частей кузова, груза и оборудования (п. 2.4.2 [4, с. 17]). Проекция инерционных сил находятся по формулам:

$$P_{mx} = m \cdot a_x, \quad P_{my} = m \cdot a_y, \quad P_{mz} = m \cdot a_z, \quad (1)$$

где $a_x = 6,5g$; $a_y = 0$; $a_z = 0,8g$ (табл. 2.6 [4, с. 26]).

Для изотермического вагона расчеты нагрузок на I режиме дают следующие значения для отдельных частей кузова:

а) проекции нагрузки от ветряного электрогенератора массой 800 кг на крышу:

$$P_{mx} = 51000 \text{ Н}, \quad P_{mz} = 14112 \text{ Н};$$

б) проекции нагрузки от крыши с ветряным электрогенератором общей массой 12317 кг на стенки кузова:

$$P_{mx} = 784593 \text{ Н}, \quad P_{mz} = 217272 \text{ Н};$$

в) проекции нагрузки от стен кузова и крыши с ветряным электрогенератором общей массой 36175 кг на опорную поверхность пола кузова под стенами:

$$P_{mx} = 2304348 \text{ Н}, P_{mz} = 638127 \text{ Н};$$

г) проекции нагрузки от груза и двух холодильных машин общей массой 43187 кг на пол:

$$P_{mx} = 2751000 \text{ Н}, P_{mz} = 761815 \text{ Н}.$$

На рис. 1 представлены результаты расчета коэффициента запаса прочности наиболее нагруженной части изотермического вагона – пола от приложенных нагрузок при ускорениях режима I.

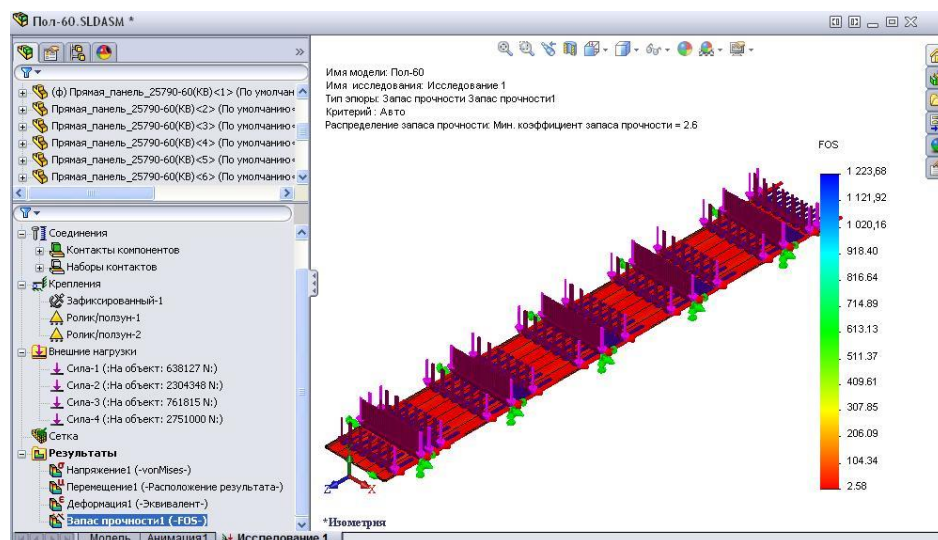


Рисунок 1. Результаты расчета коэффициента запаса прочности пола модели изотермического вагона из сплошных пластин

Как видно из рис. 1, наименьшее значение коэффициента запаса прочности имеет пол изотермического вагона, составленный из сплошных пластин алюминиевого сплава 6063-T83 толщиной 60 мм. Так как это значение (2,58) превышает минимально допустимое значение коэффициента запаса прочности (2,0), то в модели изотермического вагона изменялась толщина всех пластин, и повторялся расчет на статическую прочность для пола.

Согласно расчетам, толщина пластины пола модели изотермического вагона, при которой значение минимального коэффициента запаса прочности 2,0 равно 54 мм.

Для того чтобы можно было заменить в модели изотермического вагона сплошную панель из алюминиевого сплава на экструдированную вакуумную панель из полиамида, нужно подобрать такую толщину и геометрию внутренних полостей последней, при которых прочностные свойства панелей одинаковы, а масса минимальна.

Для сравнительного расчета на статическую прочность сплошной панели из алюминиевого сплава и экструдированных панелей из полиамида в SolidWorks были составлены следующие модели: модель сплошной панели длиной 1000 мм, шириной 500 мм и толщиной 54 мм (рис. 2) и модели экструдированных панелей длиной 1000 мм, шириной 500 мм и различными профилями – рис. 3.

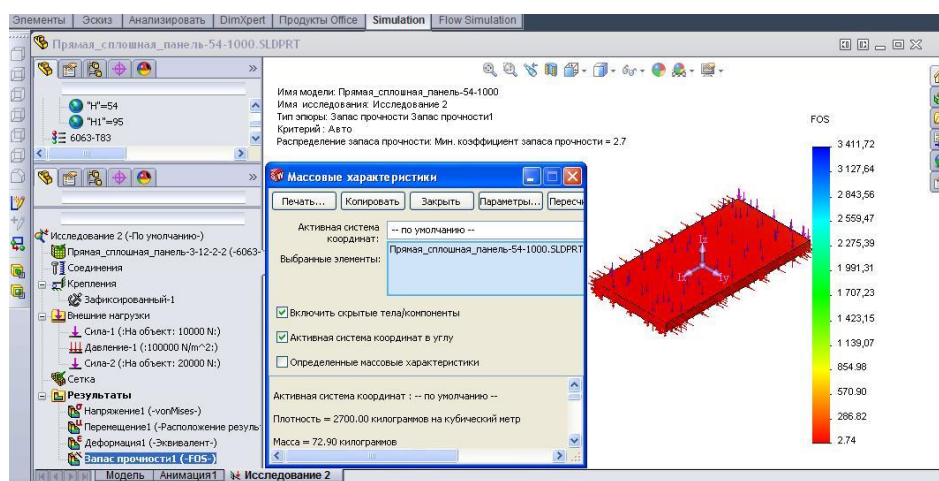


Рисунок 2. Модель сплошной панели с приложенными нагрузками, массовыми характеристиками и результатами расчета коэффициента запаса прочности

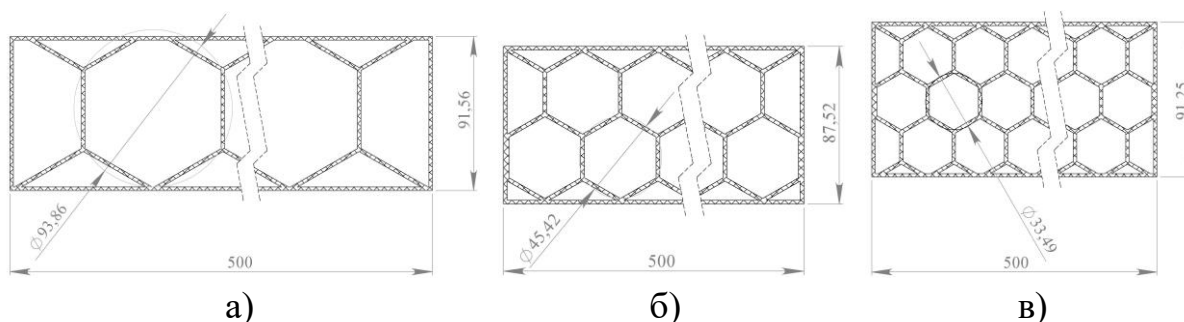


Рисунок 3. Профили экструдированных панелей с шестиугольными сотами:
а) шестиугольные соты в один ряд; б) шестиугольные соты в два ряда; в) шестиугольные соты в три ряда

Модель сплошной панели в SolidWorks Simulation нагружалась следующими нагрузками: изгибающая сила $P_1 = 10000$ Н, приложенная по краю панели, противоположному от закрепленного торца; вертикальная сила $P_2 = 20000$ Н, имитирующая вес груза и оборудования изотермического вагона, приложенная к верхней грани панели; давление $p = 100000$ Па, приложенное к верхней, нижней и боковым граням панели и имитирующее атмосферное давление. В расчетах использовалась сетка МКЭ на основе кривизны высокой плотности. Как видно из эпюры результатов расчета рис. 2, минимальное значение коэффициента запаса прочности составило $K_{\text{зап спл}} = 2,74$.

Модели экструдированных панелей, профили которых показаны на рис. 3, были составлены таким образом, чтобы можно было менять один характерный размер – диаметр, описанной вокруг элемента сот окружности, и при этом изменять размеры всех сотовых элементов, а также толщину панели. Данный диаметр менялся с помощью задания различного количества сотовых элементов по ширине панели.

Поиск оптимальной геометрии профиля экструдированной панели осуществлялся следующим образом.

На первом этапе исследовались на статическую прочность все типы экструдированных панелей с различным числом сотовых элементов по ширине панели. Условия крепления и нагружения, а также величины нагрузки и сетки МКЭ устанавливались для всех исследуемых панелей такими же, как при исследованиях сплошной панели. В результате исследований для каждой панели определялось значение минимального запаса прочности $K_{\text{зап}}$.

Кроме исследования на статическую прочность, для всех моделей экструдированных панелей на первом этапе исследований проводился термический анализ. При данном анализе задавались значения температуры на верхней грани панели (293 К) и на нижней грани панели (233 К), рассчитывался тепловой поток, осуществляемый за счет теплопроводности, который затем осреднялся по значениям в узлах сетки

на верхней грани. Результаты исследований одной из экструдированных панелей показаны на рис. 4.

Как видно из рис. 4, значение осредненного удельного теплового потока составило $W = 8,284 \text{ Вт/м}^2$. По значению удельного теплового потока и разнице температур на верхней и нижней гранях панели можно определить величину термического сопротивления экструдированной панели при передаче через нее тепла только за счет теплопроводности материала панели (материал «ПА тип 6»):

$$R_{\text{тепл}} = \frac{\Delta T}{W}, \quad (2)$$

где $\Delta T = 293 - 233 = 60 \text{ К}$ – разница температур поверхностей верхней и нижней граней панели.

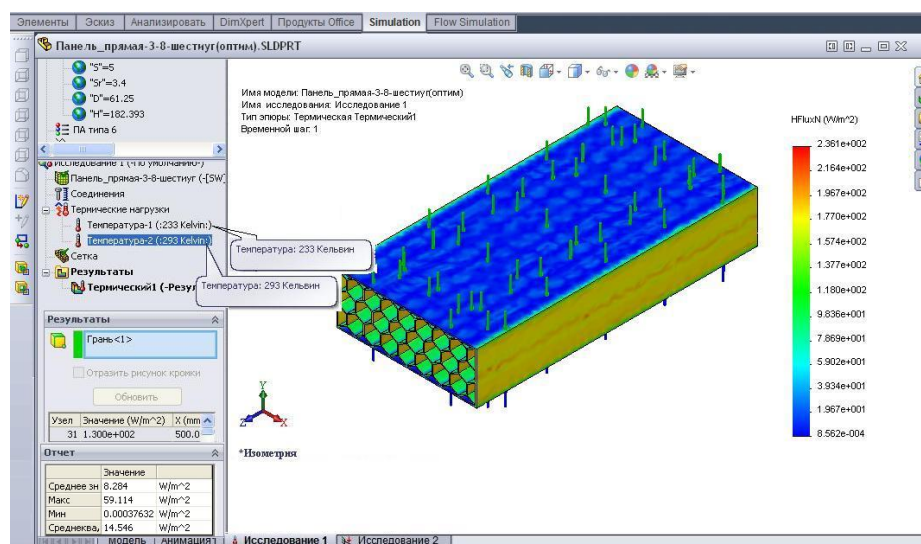


Рисунок 4. Результаты термического анализа экструдированной панели с тремя рядами шестиугольных сот по восемь элементов в ряду

Для выбора оптимального профиля экструдированной панели использовались следующие критерии:

- отношение минимального коэффициента запаса прочности экструдированной панели к минимальному коэффициенту запаса прочности сплошной панели заданной толщины (54 мм) из материала, взятого за образец (алюминиевый сплав 6063-T83)

$$\overline{K}_{зан} = \frac{K_{зан}}{K_{зан\text{ спл}}}; \quad (3)$$

- отношение термического сопротивления слоя теплоизоляционного материала, взятого за образец (пенополистирол) к термическому сопротивлению экструдированной панели при передаче через нее тепла только за счет теплопроводности материала панели

$$\overline{K}_{тепл} = \frac{\left(\frac{\delta}{\lambda_{спл}} \right)}{R_{тепл}}, \quad (4)$$

где δ – толщина слоя теплоизоляционного материала, равная толщине экструдированной панели; $\lambda_{спл} = 0,029$ Вт/(м К);

- отношение массы экструдированной панели из рассматриваемого материала к массе сплошной панели заданной толщины (54 мм) из материала, взятого за образец (алюминиевый сплав 6063-T83)

$$\overline{M} = \frac{M}{M_{спл}}. \quad (5)$$

Оптимальный профиль экструдированной панели должен выбираться из условия максимума критерия, определяемого по формуле (3) и из условий минимумов критериев, определяемых по формулам (4) и (5). Если принять, что все три критерия имеют одинаковый уровень приоритета, то для поиска оптимального профиля экструдированной панели можно предложить следующий универсальный критерий (при использовании условия минимума критерия):

$$K_{опт} = \frac{\overline{K}_{тепл} \cdot \overline{M}}{\overline{K}_{зан}}. \quad (6)$$

На первом этапе исследований был определен оптимальный профиль экструдированной панели из условия минимума универсального критерия для материала «полиамид 610» («нейлон 6/10»). Этот профиль образован тремя рядами элементов сот шестиугольной формы по восемь элементов в ряду – см. рис. 5.

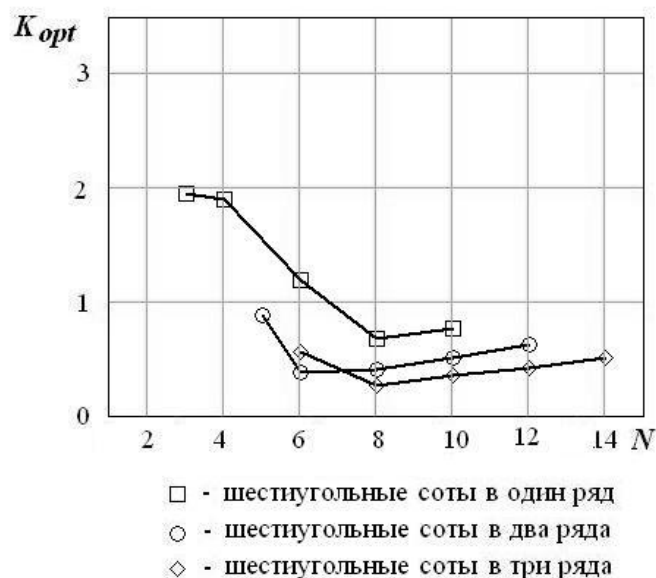


Рисунок 5. Зависимости универсального критерия оптимальности от количества элементов сот шестиугольной формы

На втором этапе исследований для экструдированной панели оптимального профиля подбирался наилучший материал из условия минимума универсального критерия оптимальности $K_{\text{опт}}$, и подбирались толщины стенок S и ребер S_r панели из условия равенства $K_{\text{зап}} = K_{\text{зап спл.}}$.

Согласно результатам расчета на статическую прочность, оптимальная экструдированная панель из материала «полиамид 6» («ПА тип 6») с толщиной стенок $S = 5$ мм и толщиной ребер $S_r = 3,4$ мм имеет такой же минимальный коэффициент запаса прочности, как и сплошная пластина толщиной 54 мм из алюминиевого сплава 6063-T83, при одинаковых нагрузениях. Масса такой полиамидной панели составила 18,51 кг.

Так как масса сплошной пластины толщиной 54 мм из алюминиевого сплава 6063-T83 равна 72,9 кг, то применение экструдированных полиамидных панелей в модели кузова изотермического вагона должно уменьшить массу кузова в $72,9/18,51 = 3,94$ раза.

Величина термического сопротивления экструдированной панели, герметично заваренной по торцам и вакуумированной до величины остаточного вакуума менее 1 кПа, составила $R_{\text{тепл}} = 7,246$ (м² К)/Вт, согласно

значению осредненного удельного теплового потока, показанному на рис. 4 и вычислений по формуле (2).

Для кузова изотермического вагона, изготовленного по традиционной технологии, средняя по площади величина термического сопротивления стенок составляет $R_{\text{тепл}} = 4,255 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}$. Таким образом, переход от традиционной на предлагаемую технологию изготовления кузова изотермического вагона способен понизить теплопритоки за счет конвективного теплообмена в $7,246 / 4,255 = 1,7$ раза.

Конструкция вакуумных экструдированных панелей защищена патентом [6, с. 1 - 13], способ изготовления таких панелей описан в [5, с. 1 - 8].

Список литературы:

1. Балалаев, А. Н. Железнодорожная климатология [Текст] / А. Н. Балалаев, А. А. Бондаренко, А. А. Булатов, В. Л. Григорьев, И. Н. Глущенко, Н. Н. Капранов, Д. Я. Носырев, Б. Д. Фишбейн / Под ред. Б.Д. Фишбейна. – Самара: СамГУПС, 2007. – 508 с.
2. Балалаев, А. Н. Разработка и исследование кузовов подвижного состава нового поколения из экструдированных вакуумных панелей [Текст] / А. Н. Балалаев, В. А. Краснов, М. А. Паренюк // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 3 (52). – С. 73 – 74.
3. Балалаев, А. Н. Теплотехнические свойства вагонов и контейнеров из экструдированных алюминиевых панелей [Текст] / А. Н. Балалаев, А. С. Мокшанов, М. А. Паренюк // Транспорт Российской Федерации, 2014. – №1. – С. 58 – 60.
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст] / Утверждены Министерством путей сообщения Российской Федерации, Комитетом Российской Федерации по машиностроению 22.02.1996. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 84 с.
5. Патент 2553629, Российская Федерация, МПК7 F16L59/065. Способ изготовления вакуумного теплоизоляционного изделия [Текст] / Балалаев А.Н., Мокшанов А.С., Попов Д.А.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный университет путей сообщения. – № 2013153611/06; заявлено 03.12.2013; опубл. 20.06.15; Бюл. №17. – 8 с.
6. Патент 2571834, Российская Федерация, МПК7 B61D17/18, B60P3/20, F16L59/065, E04B1/80. Вакуумное теплоизоляционное изделие (варианты) [Текст] / Балалаев А.Н., Мокшанов А.С., Попов Д.А.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный университет путей сообщения. – № 2013157470/11; заявлено 24.12.2013; опубл. 20.12.15; Бюл. №35. – 13 с.

7. Левенталь, Л. Я. Энергетика и технология хладотранспорта [Текст] / Л. Я. Левенталь, Н. Е. Лысенко, Д. И. Сучков, А. Хенач / Под ред. Л. Я. Левенталья. – М.: Транспорт, 1993. – 289 с.

SECTION 2.

ECONOMICS