

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106>

## МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ КОМПАНИЙ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ДОРОЖНУЮ СЕТЬ, В УСЛОВИЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОЛОЛЁДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Научная статья

**Родионов О.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0009-7479-5348;

<sup>1</sup> ООО «Один Групп», Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (beloyarec[at]gmail.com)

### Аннотация

В работе рассмотрена методика оптимизации расходов компаний, обслуживающих дорожную сеть в условиях перепада температур через отметку 0 градусов °С и происходящих при этом гололёдных явлений. Предложена методика, которая помогает компаниям оптимизировать расходы на дорожную сеть. Рассмотрены литературные источники по техническим, экономическим и организационным проблемам обслуживания дорог.

Проблема по нахождению минимума затрат на борьбу с гололёдными явлениями предложена как решение экстремальной задачи, и найдена методика ее формализации на основе математического аппарата для этого класса задач – линейного программирования (симплекс-метод). На основе алгоритмов симплекс-метода рассмотрено экономическое сравнение предлагаемой новой технологии распределения чистых хлоридов с устаревшим решением распределения пескосольной смеси. Показана эффективность новой технологии по критерию производительность/стоимость.

**Ключевые слова:** дорожная сеть, гололёдные явления, технология обработки дорог, минимизация затрат, эффективный метод, оптимизация, экстремальная задача, линейное программирование.

## METHODOLOGY FOR OPTIMIZING THE COSTS OF ROAD NETWORK MAINTENANCE COMPANIES IN THE PRESENCE OF ICE HAZARDS

Research article

**Rodionov O.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0009-7479-5348;

<sup>1</sup> LLC ODIN GROUP, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (beloyarec[at]gmail.com)

### Abstract

The work examines a methodology for optimizing the costs of companies that maintain road networks in conditions of temperature differences over 0 degrees °C and the icy hazards that occur. The methodology that helps companies to optimize the costs of road network is proposed. Literature sources on technical, economic and organizational problems of road maintenance are reviewed.

The problem of finding the minimum cost of de-icing is proposed as a solution of an extremal problem, and a method of its formalization is found on the basis of the mathematical apparatus for this class of problems – linear programming (simplex method). On the basis of simplex-method algorithms, the economic comparison of the proposed new technology of pure chloride distribution with the obsolete solution of sand-salt mixture distribution is examined. The efficiency of the new technology by the criterion of productivity/cost is demonstrated.

**Keywords:** road network, ice hazards, road treatment technology, cost minimization, efficient method, optimization, extreme problem, linear programming.

### Введение

Ежегодно происходит расширение сети российских дорог. Начиная с 2000 года, темпы строительства дорожной сети, как федеральной, так и региональной неуклонно увеличиваются. Причем с годами условия, на которых подрядчики получают желаемый объем строительства, меняются в сторону нового подхода: подрядчик, который построил дорогу – поддерживает гарантию, обслуживает полотно, содержит дорогу в чистоте и следит за отсутствием образования гололеда, сугробов и т.д.

Подобный подход к написанию технического задания для участия в тендерах на строительство, несомненно, дает свои плюсы, как для простых автомобилистов, так и для региона РФ в целом. В данной парадигме строитель отвечает не только за то, чтобы на приемке работ дорога выглядела надежно, но и после ввода в эксплуатацию выполняла все свои функции, была пригодна для безопасного движения и асфальтовое покрытие препятствовало образованию ям и выбоин при заморозках и перепадах окружающей температуры через отметку в 0 градусов.

Именно поэтому для строителя и дорожника как никогда важна эффективность грузовика с точки зрения расхода топлива, настройки агрегатов, распределяющих противогололедный материал, точности регулировки объема распределяемого материала, а также вид распределяемого реагента.

Таким образом, задача нахождения оптимального вложения инвестиций в средства обеспечения мероприятий по антигололёдной борьбе, с учётом приобретения необходимых реагентов, машин и механизмов, а также необходимого

количества работников, реализующих данные мероприятия, является одной из актуальных задач экономики обслуживания дорожной сети.

Далее, исходя из вышеизложенных принципов, перейдем к конкретной реализации исследований по рассматриваемой проблеме.

### **Методика научных исследований**

В исследовании применены методы математического программирования (симплекс-метод), экспертной оценки, анализа оптимальных инвестиций в технологию обслуживания дорожной сети, группировки и сравнения существующих и перспективных технологий борьбы с гололёдными явлениями.

Цели работы:

- 1) обобщить литературные источники по техническим, экономическим и организационным проблемам обслуживания дорог;
- 2) рассмотреть проблему минимизации затрат на борьбу с гололёдными явлениями как решение экстремальной задачи;
- 3) предложить решение экстремальной задачи методом ее формализации на основе линейного программирования;
- 4) разработка комплексной методики, с помощью которой организация может определить, сколько денежных средств рекомендуется инвестировать в технологии антигололёдной борьбы;

Для достижения этой цели в данной работе будут рассмотрены следующие задачи:

1. Как можно определить расходы на закупку и содержание необходимой дорожной техники?
2. Как можно измерить эффективность применяемых дорожных машин, агрегируемых с ними дорожных механизмов и применяемых антигололёдных реагентов?
3. Как можно оптимизировать (минимизировать) инвестиции в технологии, направленные на борьбу с гололёдными явлениями?

Обозначенные выше цели и задачи актуальны для организаций, обслуживающих дорожную сеть, так как позволяют заранее рассчитать оптимальные затраты на борьбу с гололёдными явлениями с применением самых передовых методик.

Исходя из вышеизложенных предпосылок, далее перейдем к реализации поставленных задач и методов их решения.

### **2.1. Обзор литературных источников по техническим, экономическим и организационным проблемам обслуживания дорог**

Учитывая важность качественной дорожной сети для экономики России, с учётом динамики её развития [1], по данной проблематике разработано большое количество нормативных и правовых актов, касающихся проектирования и эксплуатации дорожной сети. Ниже, в списке литературы, приведены наиболее важные документы.

Как следует из приведенного списка, главенствующим документом является «Отраслевой дорожный методический документ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах» [2]. Далее следуют нормативные и правовые документы, касающиеся требований содержания автомобильных дорог, в том числе и в зимних условиях, где задаются требования к их эксплуатационному содержанию, охране окружающей среды. В источниках [2], [3], [5], [6] определены требования к противогололёдным материалам, борьбе с зимней скользкостью эксплуатационному содержанию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.

Документы [7], [8] регламентируют требования по охране природной среды и общие требования безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог.

Методы экономии на содержание дорожной сети в зимний период изложены в источниках [9], [10], [11].

Требования к строительным материалам, используемым при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, изложены в стандартах [12], [13], [14].

В обзоре лит. источников уточнены ссылки. Весь исправленный текст выделен красным.

### **Минимизация затрат на борьбу с гололёдными проблемами**

В настоящей работе проблема по нахождению минимума затрат на борьбу с гололёдными явлениями предложена в виде решения экстремальной задачи. Автор изложил методику ее формализации на базе математического аппарата для этого класса задач – линейного программирования (ЛП). Задача ЛП – это набор переменных  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  и функции этих переменных  $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , т.е. *целевая функция*.

Для решения подобной задачи необходимо найти экстремум целевой функции  $f(\mathbf{x})$ , при условии, что переменные  $\mathbf{x}$  принадлежат некоторой области  $G$ .

Такая задача называется транспортной задачей ЛП, она является объединением многих задач в единую математическую модель. Задачи подобного класса обладают большим количеством переменных, а это значит, что решить их простыми методами очень трудно.

Если изучить подробно подобную задачу, то становится ясно, что к ней прилагаются большие системные ограничения, а это требует очень сложных методов решения.

Методика решения заключается в составлении целевой функции и далее методами ЛП осуществить решение оптимизационной задачи путём применения последовательности эталонных решений, итогом которых становится оптимальное решение. Далее приведем методику формализации подобной оптимизационной задачи пошаговым способом, с учётом налагаемых ограничений, основанных на вводных данных.

Задача оптимизации затрат на борьбу с гололёдными явлениями с использованием линейного программирования требует построения целевой функции и определения ограничений, основанных на вводных данных. Ниже приводим вводные данные для задачи:

- 1) приобретение грузовой техники;

- 2) закупка реагентов (NaCl и Пескосоль);
- 3) применение навесного оборудования (насосы переменной производительности);
- 4) система мониторинга и обучение персонала;
- 5) система мотивации водителей.

### 3.1. Шаг 1: Формулировка задачи

Задача состоит в минимизации расходов компании, обслуживающей дорожную сеть в условиях перепада температур через отметку 0 градусов Цельсия и возникающего гололеда. Для этого необходимо составить транспортную задачу из линейного программирования (ЛП), определив целевую функцию и ограничения.

### 3.2. Шаг 2: Определение переменных задачи

Для данной задачи введем следующие переменные:

- $x_1$ : Количество машин с устаревшим оборудованием и старым реагентом (Пескосоль).
- $x_2$ : Количество машин с новым оборудованием и новым реагентом (NaCl).
- $x_3$ : Затраты на приобретение грузовой техники.
- $x_4$ : Затраты на закупку Пескосоли.
- $x_5$ : Затраты на закупку NaCl.
- $x_6$ : Затраты на навесное оборудование (насосы переменной производительности).
- $x_7$ : Затраты на систему мониторинга и обучение персонала.
- $x_8$ : Затраты на систему мотивации водителей.

### 3.3. Шаг 3: Построение целевой функции

Целевая функция  $f(x)$  выражает общие затраты на обслуживание дорожной сети (мы будем минимизировать эти затраты):

Далее приведен подробный алгоритм построения целевой функции конкретно для данной задачи.

$$f(x) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 + c_6 \cdot x_6 + c_7 \cdot x_7 + c_8 \cdot x_8, \quad (1)$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_8$  – коэффициенты затрат на соответствующие элементы.

### 3.4. Шаг 4: Определение ограничений

Ограничения включают:

Обеспечение обработки дорожного участка длиной 50 км:

Для машин с пескосолью:

$$x_1 \times 3,8 \text{ км} \geq 50 \text{ км.}$$

Для машин с NaCl:

$$x_2 \times 39 \text{ км} \geq 50 \text{ км};$$

Время на распределение реагентов:

Для машин с Пескосолью и NaCl:

$$x_1 \times 23,5 \text{ ч} + x_2 \times 4,5 \text{ ч} \leq \text{Максимальное допустимое время обработки трассы.}$$

Количество загрузок:

Для машин с Пескосолью и NaCl:

$$x_1 \times 26 + x_2 \times 2,5 \leq \text{Максимально допустимое количество загрузок.}$$

Бюджетные ограничения:

Затраты на покупку техники, реагентов и оборудования, а также на обучение и мотивацию не должны превышать выделенный бюджет:

$$c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 + c_6 \cdot x_6 + c_7 \cdot x_7 + c_8 \cdot x_8 \leq \text{Бюджет}$$

Неотрицательность переменных:

Переменные, соответствующие количеству машин и затратам, должны быть неотрицательными:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

### 3.5. Шаг 5: Применение симплекс-метода

Для решения задачи минимизации затрат необходимо использовать симплекс-метод, который позволяет находить оптимальные значения переменных  $x_1, x_2, \dots, x_8$ , минимизирующие целевую функцию  $f(x)$  при данных ограничениях.

Сформулированная задача линейного программирования включает целевую функцию, отражающую совокупные затраты на обслуживание дорожной сети, и набор ограничений, обеспечивающих выполнение всех требований к процессу обработки дорожного покрытия. Использование симплекс-метода позволит найти оптимальное распределение ресурсов, минимизирующее затраты компании.

*Расширение задачи:* учет доходной и инвестиционной составляющих.

Для принятия оптимального решения в рамках инвестирования в борьбу с гололедными явлениями необходимо не только учитывать расходы, но и оценивать потенциальные доходы компании, а также оценить возврат на инвестиции (ROI). Для этого добавим расчетную часть по доходам и инвестициям в модель линейного программирования.

### 3.6. Шаг 1: Определение дополнительных переменных

Добавим переменные, связанные с доходами и инвестициями:

$x_9$ : Доходы от эффективного содержания дорог (например, предотвращение аварий, снижение издержек на ремонт дорог и т.п.).

$x_{10}$ : Затраты на приобретение новых машин с новым оборудованием.

$x_{11}$ : Затраты на обслуживание машин с устаревшим оборудованием.

### 3.7. Шаг 2: Обновление целевой функции

Теперь целевая функция должна учитывать, как расходы, так и доходы, а также окупаемость инвестиций. Мы будем максимизировать разницу между доходами и затратами:

Дописываем доходную и инвестиционную составляющие в целевую функцию

$$f(x) = x_9 - (c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 + c_6 \cdot x_6 + c_7 \cdot x_7 + c_8 \cdot x_8 + c_{10} \cdot x_{10} + c_{11} \cdot x_{11}) \quad (2)$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_{11}$  – коэффициенты затрат.

### 3.8. Шаг 3: Добавление ограничений по инвестициям

Затраты на приобретение техники:

1. Затраты на новые машины с новым оборудованием (NaCl):

$$x_{10} = c_{10} \times x_2.$$

2. Затраты на старые машины с устаревшим оборудованием (Пескосоль):

$$x_{11} = c_{11} \times x_1.$$

Доходы от эффективного содержания дорог:

$$x_9 = \text{Оценочные доходы от сокращения аварий, ремонтов и прочих издержек.}$$

Доходы могут зависеть от количества и эффективности машин с разными типами оборудования:

$$x_9 = d_1 \cdot x_1 + d_2 \cdot x_2,$$

где  $d_1, d_2$  – коэффициенты эффективности машин.

Инвестиционные ограничения:

Ограничение по общему бюджету на закупку техники:

$$c_{10} \cdot x_{10} + c_{11} \cdot x_{11} \leq \text{Инвестиционный бюджет.}$$

Возврат инвестиций (ROI, Return on Investment):

Для оценки коэффициента возврата на инвестиции можно добавить условие, при котором доходы должны превышать расходы с заданным уровнем рентабельности:

$$x_9 \geq r \times (c_{10} \cdot x_{10} + c_{11} \cdot x_{11}),$$

где  $r$  – целевой коэффициент рентабельности.

### 3.9. Шаг 4: Решение задачи с учетом доходов и инвестиций

Используя симплекс-метод, мы можем решить задачу линейного программирования с учетом новых переменных и ограничений, чтобы максимизировать прибыль компании при минимизации затрат на борьбу с гололедом и обеспечить адекватный возврат на инвестиции.

Включив доходную и инвестиционную составляющие, мы расширили задачу линейного программирования, чтобы охватить все аспекты экономической целесообразности. Теперь решение задачи поможет не только минимизировать затраты, но и оценить эффективность инвестиций в новую технику, что позволит принимать более обоснованные управленческие решения. Решение подобной задачи находится с помощью численных методов и расчетов на компьютере.

### Технология обслуживания дорожной сети с учётом гололёдных явлений

Первоначально, для обслуживания дорог нужна грузовая техника, поэтому необходимо определить затраты на ее приобретение.

На рис.1 приведена динамика продаж грузовой техники для обслуживания и содержания дорог Российской Федерации [1]. Из года в год рынок растет и в первую очередь это связано именно с ростом дорожной сети России.

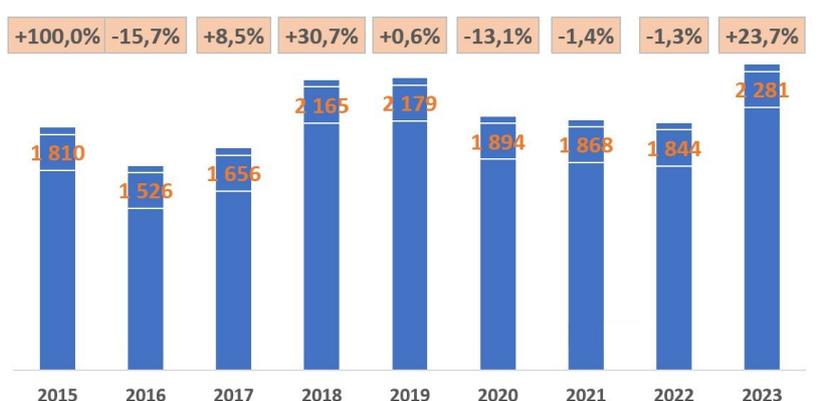


Рисунок 1 - Динамика ежегодного рынка продаж дорожной техники в России

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.1>

*Примечание: в количественном отношении; данные взяты из отчетов отдела маркетинга компании ООО «ОДИН Групп»*

Далее следует поставить оптимизационную задачу: изменить подход к содержанию дорог так, чтобы путем снижения затрат получить максимальный результат через экономию денежных средств.

Чтобы максимально снизить затраты на содержание транспорта, расходных материалов, реагентов и содержание обслуживающего персонала, необходимо выполнить следующие рекомендации:

1. Закупить надежный КДМ (комбинированно-дорожный автомобиль).

2. Выбрать навесное оборудование с минимальным потреблением энергии для работы (насосы переменной производительности).

3. Закупить распределители реагентов с тонкой настройкой, чистые хлориды и перейти на новую технологию обработки дорожного покрытия.

4. Установить систему мониторинга работы и обучить водительский состав правильной эксплуатации.

5. Выстроить систему мотивации, при которой водитель зарабатывает больше, если экономит топливо, реагент и правильно эксплуатирует авто.

Рассмотрим экономическое сравнение предлагаемой новой технологии распределения чистых хлоридов с устаревшим решением распределения пескосоляной смеси на участке дороги, представленной на рисунке 2.

Таблица 1 - Экономическое сравнение NaCl и Пескосоля смесей

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.2>

Материал обработки	NaCl	Пескосоля
Требуемая плотность распределения, г/м <sup>2</sup>	25	230



Рисунок 2 - Участок дороги для проведения исследований

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.3>

Согласно руководству по борьбе с зимней скользкостью (№ ОС-548-Р) [1] регламентируется необходимое количество хлоридов, а песок в составе песочно-соляной смеси (ПСС) лишь на время улучшает сцепление колес с дорогой, давая время хлоридам для начала действия. Поэтому в обоих случаях количество хлоридов, распределенное на дорожное полотно – одинаковое.

Существует три ключевых критерия которые будем учитывать при расчете эффективности транспорта по содержанию дорог:

- *Длина участка = масса реагента в кузове / плотность распределения.*

- *Время на распределение бункера = время на обработку реагентом участка дороги + холостой пробег + время на загрузку бункера.*

- *Количество загрузок = длина участка / длина обработанного участка за одну загрузку.*

Таблица 2 - Данные по эффективности транспорта по содержанию дорог  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.4>

Вид надстройки	Устаревший тип оборудования	Новое оборудование
		
Тип перевозимого материала	Машина с пескосоляной смесью	Машина с чистыми хлоридами NaCl
Длина обрабатываемого участка за одну загрузку, км	3,8	39
Время распределения полного бункера, ч	0,9	1,8
Количество загрузок, требуемое для обработки 50 км трассы	26	2,5
Общее время обработки трассы 50 км, ч	23,5	4,5

Исходя из приведенных данных испытаний, из таблицы 2 следует, что предлагаемая новая технология использования чистых хлоридов NaCl, минимум в 5 раз увеличивает производительность одной машины на линии.

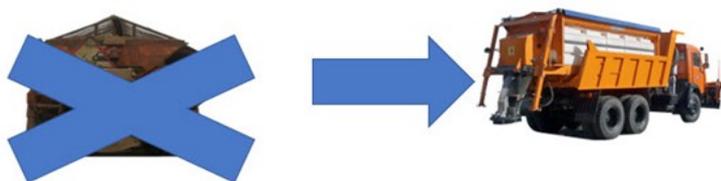


Рисунок 3 - Преимущество нового оборудования  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.5>

Рассмотрим эффективность предлагаемого решения на участке в 50 км. Компания по содержанию дорог имеет на патрульной работе в зимний период 8 машин. Использование новой технологии позволит снизить количество дежурных машин до двух.

Фактически, производительность вырастает в 4 раза за счет того, что не приходится разбрасывать на полотно песок, который занимает в составе песочно-соляной смеси 90% от всего перевозимого объема противоледного реагента.

Помимо экономии в обработке за один проход, необходимо исключить проблему уборки дороги, то есть сбора рассыпанного песка по дороге, который обязательно нужно собрать. Чистые хлориды просто растворяются вместе с наледью и смываются в дождевые каналы.

#### **Пример применения предлагаемой технологии и экономическое обоснование его уникальности**

В качестве иллюстрации приведенных расчетов в таблице 3 приведены данные по применяемой технике для борьбы с зимней скользкостью в Литве до перехода на разработанный нами метод увлажненной соли и после перехода, а также необходимое количество противогололедных материалов. Опыт Литвы интересен прежде всего количеством переходов через ноль – от 60 до 80 циклов за сезон, примерно такая же цикличность наблюдается и в европейской средней полосе России.

Таблица 3 - Данные по применяемой технике для борьбы с зимней скользкостью в Литве

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.6>

Город	Обрабатываемая площадь дорожного полотна, млн м <sup>2</sup>	Количество техники обрабатывающей дорогу ПГМ		Объем распределяемых материалов	
		Стандартная технология	Новая технология	Стандартная технология	Новая технология
		Пескосоляная смесь	Увлажненные NaCl	Пескосоляная смесь м <sup>3</sup>	Увлажненный NaCl, тыс. тн
Вильнюс	7,68	48	9	50	7,7
Каунас	2,34	27	5	29,8	3,1
Клайпеда	1,14	12	3	12,1	1,1
Паневежис	1,39	6	2	8,8	1,3
Шауляй	0,88	17	2	7,8	0,8

Если к сказанному выше прибавить расчет затрат на противогололедные материалы, то преимущество химического метода будет более чем очевидно.

Расчет затрат на противогололедные материалы на одну обработку (см. таблицу 4).

Таблица 4 - Расчет затрат на противогололедные материалы на одну обработку

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.7>

Тип ПГМ	Длина обслуживаемого участка, м	Ширина обработки, м	Общая площадь обработки, м <sup>2</sup>	Плотность распределения, кг/м <sup>2</sup>	Необходимое количество материала, кг	Учетная стоимость, руб/т	Стоимость материалов для обработки, руб
Пескосоль	100 000	8	800 000	0,230	184 000	1 800	331 200
NaCl	100 000	8	800 000	0,025	20 000	4 300	86 000

Исходя из таблицы 4 видно, что эффективность предложенного метода обработки дорожного полотна в 4 раз выше, чем стандартная технология использования пескосоляной смеси. В предложенных условиях экономия составляет 245 200 рублей на 10 километрах трассы. То есть на одной обработке одного участка длиной 50 км экономия будет уже 1 226 000 руб. И это только стоимость реагентов.

Нужно не забывать, что мы дополнительно снижаем расходы на фонд оплаты труда водителей КДМ, которых теперь требуется в четверо меньше, бульдозеристов, операторов погрузчиков, а также расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ).

Безусловно от пескосоляной смеси полностью избавиться нельзя: при температурах ниже -12 градусов по Цельсию необходим фрикционный материал – песок. И при снегопадах высокой интенсивности продолжительностью более двух часов предпочтительно использовать пескосоль (соль может не успеть сработать). В таблице 5 приведены данные о потреблении конкретного дорожного покрытия до перехода на чистые хлориды.

Таблица 5 - Применение стандартной технологии

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.8>

Месяц работы	ПСС 10%	В том числе NaCl	ПСС 20%	В том числе NaCl	NaCl
Январь	7364	758	-	-	-
Февраль	5213	536	-	-	-
Март	6749	695	-	-	-
Апрель	242	24	-	-	-
Ноябрь	1710	176	-	-	13,4
Декабрь	4095	421	3162	651	361,00
Итого за год, тн	25373	2610	3162	651	375
Итого за год			3636		

приведенных NaCl					
% использовани я	72	-	18	-	10

Таблица 6 - Применение новой методики

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.9>

Месяц работы	ПСС 10%	В том числе NaCl	ПСС 20%	В том числе NaCl	NaCl
Январь	2099	216	-	-	498
Февраль	2730	281	-	-	669
Март	1308	134	-	-	782
Ноябрь	913	94	-	-	560
Декабрь	1625	167	-	-	965,00
Итого за год, тн	8675	892	-	-	3474
Итого за год приведенных NaCl	4366				
% использовани я	20	-	-	-	80

В колонке «в том числе соли» приводится количество соли в пескосоляной смеси. Параметр «итого за год приведенных хлоридов» показывает, сколько в этом году израсходовано соли. Параметр «% использования» рассчитывается исходя из количества распределенных хлоридов (так в составе 10 тонн ПСС – 1 тонна соли). Таким образом, на содержании дорог экономятся огромные средства по расходам противогололедных материалов, используя предлагаемую технологию (см. таблицу 7).

Таблица 7 - Расчет выгоды для работы по новой технологии

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.106.10>

Тип технологии	Стандартная технология	Новая технология
Составав ПГМ	Пескосоль 10%	NaCl + Пескосоль 10%
Объем ПСС 10%, тн	5 000	1 000
Чистый хлорид NaCl, тн	0	400
Цена за тонну ПСС 10%	1 800	1 800
Цена за тонну NaCl	-	4 300
Итого затраты на ПСС в год	9 000 000	1 800 000
Итого затраты на NaCl, в год	-	1 720 000
Итого затраты на ПГМ в год	9 000 000	3 520 000
Выгода клиента, работающего по новой технологии (в год)	-	5 480 000

Далее про расход топлива: в среднем зимой во время работы грузовик типа «Камаз» расходует 70 литров топлива на 100 км. Примерная стоимость топлива 63 рубля за литр. Соответственно, исходя из того, что используется в 5 раз меньше машин (как видно из таблицы 3), затраты на топливо снизятся так же в 5 раз.

При переходе на новую технологию, которая заключается в замене материала на NaCl, экономия составит до 4-6 млн рублей на отдельном участке в 1000 км.

#### Заключение

Предлагаемый новый метод действительно способствует снижению расходов на содержание дорог России. Дополнительно, можно расширить калькуляцию экономии, путем внесения в новый метод показателя по снижению расхода топлива, за счет уменьшения холостого пробега и снизить фонд оплаты труда, так как потребуются меньше сотрудников и так далее.

Колоссальные средства по содержанию дорог можно сэкономить, учитывая данные производимых в России дорожных машин (см. рисунок 1), больше 2000 единиц комбинированных дорожных машин поступают в эксплуатацию ежегодно, и на каждой можно сэкономить.

Научная новизна работы состоит в разработке нового метода и состава реагентов для противогололёдной обработки дорог и доказательства на основе симплекс-метода его эффективности по критерию производительность/стоимость.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Тимерханов А. Динамика продаж грузовой техники в России / А. Тимерханов. — URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/56570/> (дата обращения: 23.07.2024).
2. Российская Федерация. Отраслевой дорожный методический документ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах : метод. документ : [утверждено распоряжением Минтранса России от 16.06.2003].
3. ГОСТ 33181-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания. — Введ. 2015-12-01.
4. Требования к противогололёдным материалам / Министерство транспорта Российской Федерации, Государственная служба дорожного хозяйства. — Москва, 2003.
5. Методика испытаний противогололёдных материалов / Минтранс РФ. — 2003.
6. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. — Введ. 1994-07-01.
7. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. — Введ. 1990-01-01.
8. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. — Введ. 1977-01-01.
9. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности, технологии и качества работ при содержании автомобильных дорог общего пользования с асфальтобетонным покрытием под уплотнённым снежным покровом с учётом условий эксплуатации / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). — Москва, 2017. — URL: <https://matest.ru/uploads/russian-standards/ODM-218-3-090-2017.pdf> (дата обращения: 23.07.2024).
10. Шальнев О. Г. Оптимизация затрат на ремонт и содержание автомобильных дорог : дисс. ...эконом. наук 08.00.05 / Шальнев Олег Геннадьевич. — 190 с.
11. Шестаченко А.Ю. Экономим на содержании дорог правильно / А.Ю. Шестаченко, А.Ю. Климентова. — URL: <https://roszimdor.ru/press-tsentr/publikacii-ehkspertov/ekonomim-na-soderzhanii-dorog-pravilno/> (дата обращения: 23.07.2024).
12. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия. — Введ. 1995-07-01. — Москва.
13. ГОСТ 450-77. Кальций хлористый технический. Технические условия. — Введ. 1979-01-01.
14. ГОСТ 7759-73. Магний хлористый технический (Бишофит). — Введ. 1975-01-01.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Timerkhanov A. Dinamika prodazh gruzovoj tekhniki v Rossii [Dynamics of sales of trucks in Russia] / A. Timerkhanov. — URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/56570/> (accessed: 23.07.2024). [in Russian]
2. Rossijskaja Federacija. Otrasevoj dorozhnyj metodicheskij dokument. Rukovodstvo po bor'be s zimnej skol'zkoj na avtomobil'nyh dorogah [Russian Federation. Industry road methodological document. Guidelines for combating winter slipperiness on motorways] : method. document: [approved by order of the Ministry of Transport of Russia dated 16.06.2003]. [in Russian]
3. GOST 33181-2014. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Trebovanija k urovnju zimnego sodержanija [GOST 33181-2014. Public roads. Requirements for the level of winter maintenance]. — Introduced. 2015-12-01. [in Russian]
4. Trebovanija k protivogololjodnym materialam [Requirements for anti-icing materials] / Ministry of Transport of the Russian Federation, State Road Service. — Moscow, 2003. [in Russian]
5. Metodika ispytanj protivogololednyh materialov [Testing methods for anti-icing materials] / Ministry of Transport of the Russian Federation. — 2003. [in Russian]
6. GOST R 50597-93. Avtomobil'nye dorogi i ulicy. Trebovanija k jekspluatacionnomu sostojaniju, dopustimomu po uslovijam obespechenija bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija [GOST R 50597-93. Highways and streets. Requirements for operational condition acceptable under road safety conditions]. — Introduced. 1994-07-01. [in Russian]

7. Instrukcija po ohrane prirodnoj sredy pri stroitel'stve, remonte i sodержanii avtomobil'nyh dorog [Instructions for the protection of the natural environment during the construction, repair and maintenance of motorways]. — Introduced. 1990-01-01. [in Russian]
8. GOST 12.1.007-76 SSBT. Vrednye veshhestva. Klassifikacija i obshhie trebovanija bezopasnosti [GOST 12.1.007-76 Occupational Safety Standards. Harmful substances. Classification and general safety requirements]. — Introduced. 1977-01-01. [in Russian]
9. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jekonomicheskoy jeffektivnosti, tehnologii i kachestva rabot pri sodержanii avtomobil'nyh dorog obshhego pol'zovanija s asfal'tobetonnyim pokrytiem pod uplotnjonnym snezhnym pokrovom s uchjotom uslovij jekspluatacii [Guidelines for assessing the economic efficiency, technology and quality of work in the maintenance of public roads with asphalt concrete pavement under compacted snow cover, taking into account operating conditions] / Federal Road Agency (Rosavtodor). — Moscow, 2017. — URL: <https://matest.ru/uploads/russian-standards/ODM-218-3-090-2017.pdf> (accessed: 23.07.2024). [in Russian]
10. Shalnev O. G. Optimizacija zatrat na remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog [Optimization of costs for repair and maintenance of motorways] : dis. ... of PhD in Economic Sciences 08.00.05 / Shalnev Oleg Gennadievich. — 190 p. [in Russian]
11. Shestachenko A.Yu. Jekonomim na sodержanii dorog pravil'no [Saving on road maintenance correctly] / A.Yu. Shestachenko, A.Yu. Klimentova. — URL: <https://roszimdor.ru/press-tsentr/publikacii-ehkspertov/ekonomim-na-sodержanii-dorog-pravilno/> (accessed: 23.07.2024). [in Russian]
12. GOST 8736-93. Pesok dlja stroitel'nyh rabot. Tehnicheskie uslovija [GOST 8736-93. Sand for construction work. Technical conditions]. — Introduced. 1995-07-01. — Moscow. [in Russian]
13. GOST 450-77. Kal'cij hloristyj tehničeskij. Tehnicheskie uslovija [GOST 450-77. Calcium chloride technical. Specifications]. — Introduced. 1979-01-01. [in Russian]
14. GOST 7759-73. Magnij hloristyj tehničeskij (Bishofit) [GOST 7759-73. Technical magnesium chloride (Bishofite)]. — Introduced. 1975-01-01. [in Russian]