

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 4. С. 233–246.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (4): 233–246.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.765

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-233-246

EDN: IKSHFD

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗИМНИМ СОДЕРЖАНИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Юлия Викторовна Коденцева, Анна Юрьевна Герлейн

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет,
г. Омск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В условиях ограниченного финансирования возрастает необходимость совершенствования системы зимнего содержания региональной сети автомобильных дорог, особенно оптимального распределения ресурсов.

Цель исследования. Разработка аналитической системы приоритетного распределения ресурсов (ПРР) в пределах муниципального района в системе зимнего содержания региональной сети автомобильных дорог.

Методы. В ходе исследования были применены методы анализа отечественного и зарубежного опыта решения задач совершенствования системы зимнего содержания дорог; формирования аналитической модели и методики построения аналитической системы ПРР для региональной сети автомобильных дорог.

Результаты. Предлагается решение проблемы обоснованного управления материальными и техническими ресурсами подрядной организации с помощью разработанной аналитической системы ПРР в зимнее время на региональной сети автомобильных дорог на территориях муниципальных центров.

Ключевые слова: автомобильные дороги, зимнее содержание автомобильных дорог, оперативное управление, стратегии зимнего содержания, система метеорологического обеспечения, рыхлый снег, снежный накат

Для цитирования: Коденцева Ю.В., Герлейн А.Ю. Оптимальное распределение ресурсов в системе оперативного управления зимним содержанием региональной сети автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 4. С. 233–246. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-233-246. EDN: IKSHFD

ORIGINAL ARTICLE

THE BEST RESOURCE DISTRIBUTION IN OPERATIONAL MANAGEMENT SYSTEM FOR WINTER MAINTENANCE IN REGIONS**Yuliya V. Kodentseva, Anna Yu. Gerlein***Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia*

Abstract. In the conditions of limited funding there is an increasing need to improve the winter maintenance system of the regional road network, especially the appropriate distribution of resources.

Purpose: The development of the analytical system of priority resource allocation within a municipal district in the winter maintenance system of the regional road network.

Methodology/approach: The analysis of the Russian and foreign experience in improving the winter road maintenance system, the analytical model and methodology for constructing an analytical priority resource system for the regional road network.

Research findings: A solution is proposed for the problem of sound management of material and technical resources of a contractor using the developed analytical priority resource system in winter on the regional road network on territories of municipal centers.

Keywords: highway, loose snow, packed snow, winter maintenance, operational management, meteorological support system

For citation: Kodentseva Yu.V., Gerlein A.Yu. The Best Resource Distribution in Operational Management System for Winter Maintenance in Regions. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (4): 233–246. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-233-246. EDN: IKSHFD

Введение

В настоящее время выполняется реализация национального проекта «Инфраструктура для жизни» (2019–2036 гг.), одной из основных целей которого является увеличение доли автомобильных дорог регионального значения, соответствующих нормативным требованиям. Возрастание интенсивности движения на дорогах приводит к повышению требований к качеству их содержания. Регламентированные технологии производства работ требуют увеличения материально-технических ресурсов для обеспечения своевременного и качественного обслуживания дорог в зимнее время. В условиях ограниченного финансирования для дорожных организаций часто не представляется возможным покупка дополнительной дорожной техники и большего количества противогололедных материалов (далее ПГМ). При этом экологические требования вынуждают снижать потребление химических реагентов, что приводит к необходимости применения превентивных мер и поиску новых технологических решений.

По итогам 2024 г. в Россию было ввезено на 23 % больше новых автотранспортных средств, чем в 2023 г., что предполагает значительный прирост фактической интенсивности движения¹. В настоящее время становится сложнее обеспечивать бесперебойность и безопасность движения.

¹ Молибога Е. Более 1 млн единиц новой автомобильной техники было импортировано в РФ в 2024 г. // Автостат. URL: <https://www.autostat.ru/news/59250/> (дата обращения: 23.03.2025).

Несвоевременность выполнения мероприятий по содержанию дорог в зимнее время имеет глобальные последствия, в частности повышение транспортных расходов за счет увеличения сроков доставки, рост числа ДТП и повышение износа автомобильного транспорта.

Конфликтные ситуации между заказчиком и подрядными организациями из-за неучета метеорологических и дорожных условий финансируемого участка дороги, а также несоответствия выделенных денежных средств требованиям нормативных документов усложняют ситуацию (рис. 1). Такая обстановка вынуждает подрядные организации работать с изношенном парком снегоочистительной техники, закупать более дешевые ПГМ, нарушать сроки производства работ, сокращать количество выполняемых циклов и допускать увеличение высоты снежных и снежно-ледяных отложений на покрытии проезжей части.

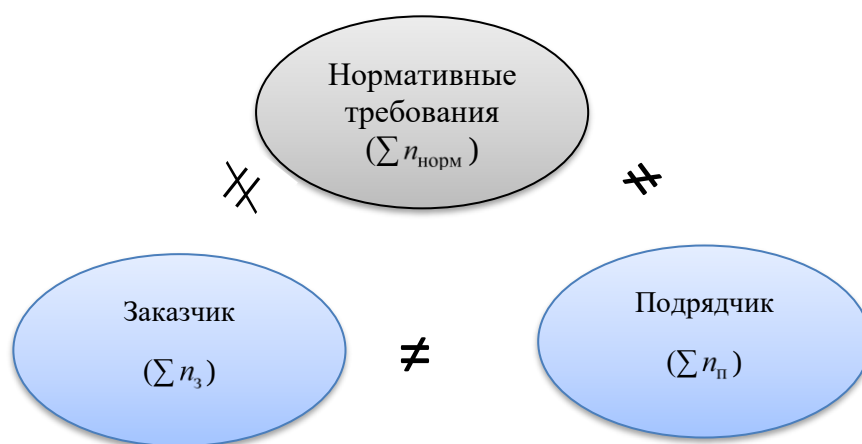


Рис. 1. Схема выполнения требований участников дорожной деятельности
Fig. 1. Schematic of the road management requirements

В силу необходимости работать в условиях ограниченного финансирования подрядчик управляет ресурсами из имеющегося многолетнего опыта обслуживания муниципального района, не имея возможности обоснованного принятия решения с технологической и экономической точки зрения в цикле динамического изменения дорожной и метеорологической ситуации. Данные обстоятельства существенно сокращают время на принятие решений.

В настоящей статье предлагается решение проблемы обоснованного управления материальными и техническими ресурсами подрядной организации с помощью аналитической системы приоритетного распределения ресурсов (ПРР) в зимнее время на региональной сети автомобильных дорог на территориях муниципальных центров.

Аналитическая система ПРР представляет собой интеграцию факторов влияния, направленную на формирование приоритетных рекомендаций подрядным и субподрядным организациям. Система позволяет поддерживать региональную сеть автомобильных дорог на необходимом уровне содержания даже в условиях нехватки ресурсов.

В настоящее время разработаны модели прогнозирования метеорологической и дорожной ситуации [1, 2, 3], которые позволяют заблаговременно определить вид гололедного явления на покрытии проезжей части, а также предложены расчеты циклов производства работ для предотвращения и ликвидации образования зимней скользкости. Сформирована методика дорожно-климатического районирования по неблагоприятным климатическим факторам [4, 5], обеспечивающая прогнозирование затрат для соответствующих зон с различными гололедными явлениями и снежными отложениями. Были исследованы и идентифицированы снегозаносимые участки и предложено решение на стадии проектирования [6, 7, 8]. Сформирована информационно-аналитическая система управления зимним содержанием автомобильных дорог с использованием структуризации параметров метеорологической информации для обоснования затрат на производство работ [9].

Интенсивное внедрение цифровых технологий в управление содержанием автомобильных дорог способствовало появлению программных комплексов в области дорожного и метеорологического мониторинга (таблица).

**Анализ существующих комплексов дорожного
и метеорологического мониторинга**
Analysis of road and meteorological monitoring systems

Наименование программных комплексов	Центр управления содержанием автомобильных дорог (ЦУСАД) ²	Автоматизированная система метеорологического обеспечения «Буревестник» ³	Система «СИНОП» ⁴	Система поддержки принятия решений (MDSS) ⁵ [10]
Достоинства	Имеет большую базу данных, а также выполняет их детальную проработку Предоставляет основной спектр рекомендаций по зимнему содержанию АД	Высокое качество прогнозирования изменения метеорологической информации	Прогноз погодных рисков с вероятностной оценкой масштабов последствий	Решает задачи уменьшения использования солей, снижения износа техники, сокращения сроков производства работ
Недостатки	Программа не учитывает материально-технические ресурсы подрядчика Не ставит цель снижения затрат	Отсутствует раздел по оптимальному выбору мероприятий по содержанию	Отсутствует комплексное решение задач зимнего содержания	Нельзя использовать в РФ из-за разной спецификации работ

² URL: https://mmlb.ru/catalog_solutions/tsentr-upravleniya-soderzhaniem-avtomobilnykh-dorog-tsusad (дата обращения: 17.11.2024).

³ URL: <https://asmobelgorod.ru/info> (дата обращения: 17.11.2024).

⁴ URL: <https://www.synop.ru/system/> (дата обращения: 17.11.2024).

⁵ The Weather Network Commercial Services Maintenance Decision Support System (MDSS) Field Trial – Final Report, The Weather Network Commercial Services, A Division of Pelmorex Media Inc., The Weather Network Commercial Services – Confidential. 2012. 34 p.

Также к аналогам можно отнести АДМС «Иней»⁶, «Восток-М»⁷, Мини-макс-94⁸, которые в большей степени нацелены на дорожный и метеорологический мониторинг. К недостаткам всех существующих комплексов можно отнести отсутствие цели снижения трудоемкости и управления ресурсами в условиях ограниченного финансирования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что существующие разработки в полной мере отвечают поставленным задачам, однако в условиях динамического изменения метеорологической ситуации на автомобильных дорогах, нестабильной рыночной экономики, ограниченного финансирования и высоких нормативных требований необходимо комплексное решение формирования производственной программы зимнего содержания.

Методы

До настоящего времени при формировании производственной программы зимнего содержания не решена проблема приоритетности распределения ресурсов. Это связано со множеством факторов, влияющих на принятие решений, а также с динамикой изменения дорожной и метеорологической ситуации.

В данной работе предлагается сформировать аналитическую модель, способную реагировать на изменения дорожной и климатической ситуации в пределах одного муниципального района региональной сети автомобильных дорог. Модель позволяет формировать градацию распределения материальных и технических ресурсов с учетом основных факторов влияния (рис. 2). Данная модель рассмотрена на примере устранения дефектов покрытия проезжей части при интенсивности движения более 1500 авт/сут.

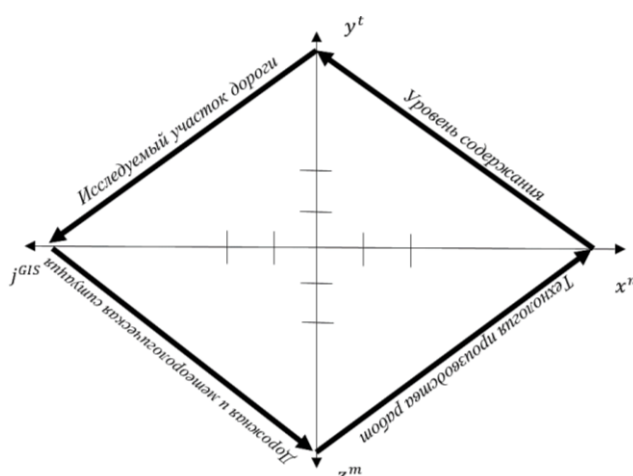


Рис. 2. Формирование пространств аналитической системы приоритетного распределения ресурсов

Fig. 2. Formation of spaces for the analytical priority resource system

⁶ URL: <https://trasscom.ru/product/avtomaticheskij-dorozhnyj-meteokompleks-inej/> (дата обращения: 17.11.2024).

⁷ URL: <https://vst10.ru/> (дата обращения: 17.11.2024).

⁸ URL: <https://mm94.ru/> (дата обращения: 17.11.2024).

Исходными данными будут являться:

1. Метеорологические данные (дорожные датчики или данные Гидрометцентра).
2. Нормативные требования (ГОСТ Р 59434–2021, ГОСТ Р 50597–2017, ГОСТ 59201–2021).
3. Материально-техническое оснащение дорожной службы (вид и количество техники, ПГМ).
4. Территориальное расположение исследуемого участка дороги, региональная сеть.
5. Технические характеристики исследуемого участка дороги (категория дороги, количество и ширина полос движения, фактическая интенсивность).

Необходимо определить основные области факторов влияния в данной модели:

- метеорологические данные;
- местоположение исследуемого участка дороги относительно муниципального центра;
- технические характеристики исследуемого участка дороги;
- перечень нормативных требований соответствующего уровня содержания.

В большинстве случаев парк техники и материальное оснащение располагаются на территории муниципального центра района. Для расчета дальности возки ПГМ и времени прибытия снегоуборочной техники предлагается разбить региональную сеть на мастерские участки длиной 1 км относительно муниципального центра.

Была создана система координат, где каждая ось представляет собой совокупность показателей для каждого фактора влияния, значение которых определяет их расположение на осях:

1. Метеорологические данные – ось z^m (вид зимней скользкости, продолжительность и интенсивность выпадения осадков).
2. Нормативные требования к состоянию покрытия проезжей части – ось x^n (критерий оценки дефекта, срок устранения дефекта).
3. Технические характеристики исследуемого участка дороги – ось y^t (ширина и количество полос движения).
4. Местоположение исследуемого участка дороги – ось j^{GIS} (отдаленность участка дороги относительно муниципального центра).

В данной системе координат было определено четыре пространства исходя из комбинаций осей:

1. Технология производства работ.
2. Уровень содержания.
3. Исследуемый участок дороги.
4. Дорожная и метеорологическая ситуация.

Для формирования зон необходимо обозначить граничные условия точками на каждой оси, которые будут являться катетами в прямоугольных треугольниках (рис. 3).

Красной обозначается зона повышенного внимания, определяющая первостепенное реагирование на сформированный прогноз. При этом могут сфор-

мироваться две и более аналогичные зоны, очередность выполнения мероприятий в этом случае определяется технико-экономическим расчетом.

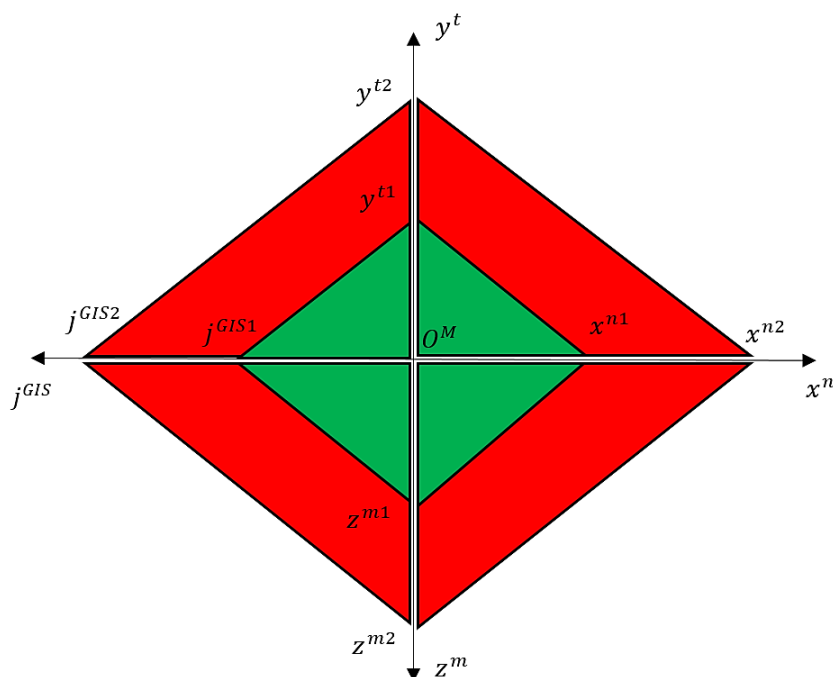


Рис. 3. Определение граничных условий осей факторов влияния аналитической системы приоритетного распределения ресурсов

Fig. 3. Boundary conditions of influencing factors of the priority resource system

Зеленая зона предполагает использование превентивных мероприятий в отношении соответствующего гололедного явления и не требует моментального реагирования.

В случае формирования стекловидного льда на покрытии проезжей части превентивным мероприятием будет выполнение предварительной обработки (зеленая область). Для рыхлого снега – назначение цикла снегоуборки, при котором высота отложений не достигает предельно допустимого значения к концу снегопада. При прогнозировании снежного наката граничным условием будет являться целесообразность выполнения предварительной обработки до начала снегопада с использованием технико-экономического обоснования (зеленая область).

Представим граничные условия для Оси z^m в виде логико-математических выражений:

– для зеленой области

$$\begin{cases} \text{если } \Pi_i = \text{Стекловидный лед, то } O^M z^{m1} \text{ соответствует } t_{\text{НПО}} \geq t_{\text{снэг}}; \\ \text{если } \Pi_i = \text{Рыхлый снег, то } O^M z^{m1} \text{ соответствует } h_{\text{рхр}} \leq h_{\text{доп}}; \\ \text{если } \Pi_i = \text{Снежный накат, то } O^M z^{m1} \text{ соответствует } t_{\text{НПО}} \geq t_{\text{снэг}}; \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 \text{– для красной области} \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 \text{если } \Pi_i = \text{Стекловидный лед, то } z^{m1}z^{m2} \text{ соответствует } t_{\text{НПО}} < t_{\text{снег}}; \\
 \text{если } \Pi_i = \text{Рыхлый снег, то } z^{m1}z^{m2} \text{ соответствует } h_{\text{рхр}} > h_{\text{доп}}; \\
 \text{если } \Pi_i = \text{Снежный накат, то } z^{m1}z^{m2} \text{ соответствует } t_{\text{НПО}} < t_{\text{снег}},
 \end{array} \right.
 \end{cases}$$

где Π_i – прогноз гололедного явления или снежных и снежно-ледяных отложений; $t_{\text{НПО}}$ – время работы ПГМ, ч; $t_{\text{снег}}$ – продолжительность снегопада, ч; $h_{\text{рхр}}$ – толщина рыхлого снега на покрытии проезжей части с соответствующей плотностью, см; $h_{\text{доп}}$ – предельно допустимая толщина талого снега, соответствующая уровню содержания автомобильной дороги, см.

Нормативные требования представляют собой совокупность критериев оценки дефектов (стекловидный лед, рыхлый снег, снежный накат) и сроков их ликвидации. Точная комбинация для каждого дефекта рассматривается отдельно, но общие граничные условия для оси x^n определяются следующим образом:

– для зеленой области

$O^M x^{n1}$ соответствует минимальный критерий оценки и максимальный срок устранения дефекта;

– для красной области

$x^{n1}x^{n2}$ соответствует минимальный (максимальный) критерий оценки и минимальный срок устранения дефекта.

Технические характеристики обслуживаемого участка дороги влияют как на уровень содержания, так и на расчет цикла производства работ. В системе ПРР ширина проезжей части оказывает влияние на принадлежность к области, своевременную очистку которой необходимо обеспечивать. Если имеющийся парк техники не может обеспечить прогнозируемое количество машин при одном отряде по всей ширине проезда, данная ситуация является критичной и служит обоснованием для формирования граничных условий оси y^t :

– для зеленой области

$$O^M y^{t1} \text{ соответствует } L_{\text{пч}} \leq l_{\text{отв}} \cdot n_T;$$

– для красной области

$$y^{t1}y^{t2} \text{ соответствует } L_{\text{пч}} > l_{\text{отв}} \cdot n_T,$$

где $L_{\text{пч}}$ – ширина проезжей части, м; $l_{\text{отв}}$ – ширина рабочего органа (отвала, щетки, распределения ПГМ), м; n_T – количество соответствующей техники на базе муниципального центра, шт.

Отдаленность участка дороги от муниципального центра предполагает увеличение затрат на горюче-смазочные материалы за счет дальности возки и требует учета заблаговременного выхода техники для обеспечения своевременного выполнения работ. Продолжительные снегопады и высокая интенсивность выпадения осадков усложняют ситуацию. С учетом вышеизложенного предлагается ограничить условия превентивных мер для оси j^{GIS} одним отрядом техники, способным выполнить цикл производства работ в один проход за весь снегопад:

– для зеленой области

$O^M j^{GIS1}$ соответствует $n \leq n_{co}, N_{nc} \leq 1$;

– для красной области

$j^{GIS1} j^{GIS2}$ соответствует $n > n_{co}, N_{nc} > 1$,

где n – общее количество машин, требуемых на весь период снегопада, шт.; n_{co} – количество снегоочистителей в одном отряде, шт.; N_{nc} – количество проходов снегоочистителей.

В результате были определены зеленые и красные пространства аналитической системы, которые можно выразить через площади прямоугольных треугольников:

– пространство превентивных мер

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{O^M z^{m1} \cdot O^M x^{n1}}{2} \text{ область технологии производства работ;} \\ \frac{O^M x^{n1} \cdot O^M y^{t1}}{2} \text{ область уровня содержания;} \\ \frac{O^M y^{t1} \cdot O^M j^{GIS1}}{2} \text{ область исследуемого участка дороги;} \\ \frac{O^M j^{GIS1} \cdot O^M x^{n1}}{2} \text{ область дорожной и метеорологической ситуации;} \end{array} \right.$$

– пространство повышенного внимания

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{O^M z^{m2} \cdot O^M x^{n2} - O^M z^{m1} \cdot O^M x^{n1}}{2}; \\ \frac{O^M x^{n2} \cdot O^M y^{t2} - O^M x^{n1} \cdot O^M y^{t1}}{2}; \\ \frac{O^M y^{t2} \cdot O^M j^{GIS2} - O^M y^{t1} \cdot O^M j^{GIS1}}{2}; \\ \frac{O^M j^{GIS2} \cdot O^M x^{n2} - O^M j^{GIS1} \cdot O^M x^{n1}}{2}. \end{array} \right.$$

Далее, определение принадлежности исследуемого участка дороги к зеленой или красной области позволяет сформировать стратегию назначения мероприятий по предотвращению и ликвидации отложений на проезжей части. Таким образом, зеленые зоны дают временные и материальные резервы.

1. Пространство дорожной и метеорологической ситуации – применение превентивных мероприятий по зимнему содержанию.

2. Пространство технологии производства работ – оптимизация прогнозируемого цикла производства работ.

3. Пространство уровня содержания – снижение уровня содержания.

4. Пространство исследуемого участка дороги – создание временного резерва.

Таким образом, для правильной работы аналитической системы ПРР (рис. 4) в первую очередь необходимо определить возможность и эффектив-

ность содержания соответствующих дорог в уплотненном снежном покрове (УСП) (рис. 4, шаг 1), мероприятия по содержанию таких дорог отличаются согласно нормативным документам. Затем формируется прогноз гололедного явления (рис. 4, шаг 2), относительно которого строится отдельная система координат ПРР и определяются граничные условия для каждой оси (см. рис. 3). В противном случае система фиксирует факт отсутствия прогноза гололедных явлений и необходимости выполнения мероприятий по зимнему содержанию.

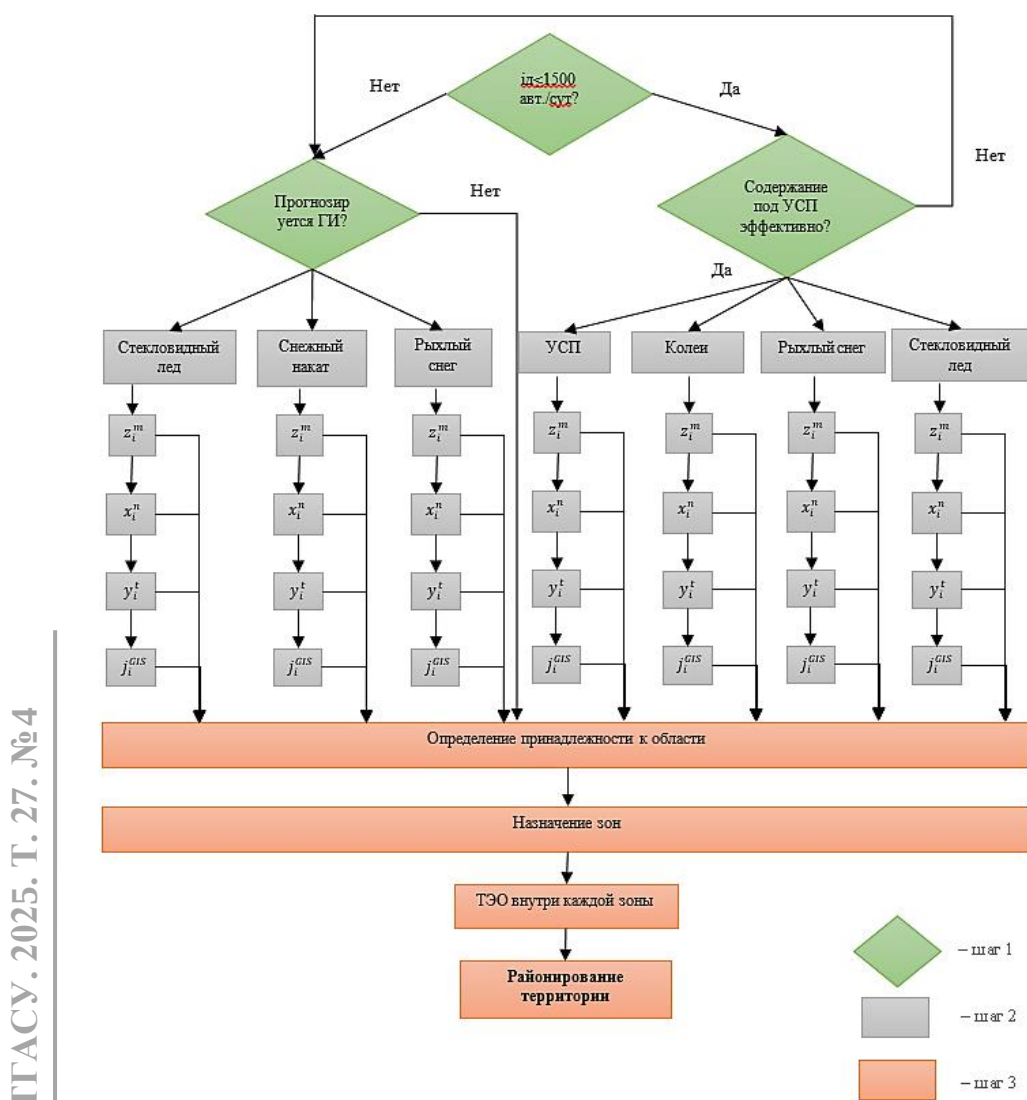


Рис. 4. Принцип последовательности расчетов распределения ресурсов

Fig. 4. The principle of consistency in resource allocation analysis

Затем для каждого участка дороги длиной 1 км определяются критерии факторов влияния по четырем осям (метеорологическая детализированная ин-

формация, соответствующая технология производства работ, критерии оценки соответствующего дефекта и сроки устранения (табл. 4 ГОСТ Р 50597–2017), ширина проезжей части и количество полос движения, отдаленность участка дороги относительно муниципального центра).

Согласно назначенным критериям определяется принадлежность участка к зеленой или красной области, что, в свою очередь, формирует соответствующие пространства в системе осей координат (рис. 4, шаг 3).

Затем назначаются зоны районирования территории, исходя из принадлежности каждого пространства к определенной зоне (красная (К) и зеленая (З)), где красному цвету на карте будет соответствовать зона с максимальной отдаленностью, жесткими нормативными требованиями и высокой категорией дороги. На данные зоны необходимо распределить материально-технические ресурсы. Система распределения зон выполняется следующими комбинациями:

$$\left\{ \begin{array}{l} K + K + K + K = 1; \\ K + K + K + Z = 2; \\ K + K + Z + Z = 3; \\ K + Z + Z + Z = 4; \\ Z + Z + Z + Z = 5, \end{array} \right.$$

где К – принадлежность i -го пространства к красной области, З – принадлежность i -го пространства к зеленой области, 1, 2, 3, 4, 5 – зоны на карте районирования территории, выделенные соответствующими цветами – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой. Необходимо также обозначить зону 6 (белый цвет), в случае отсутствующего прогноза (см. рис 4, шаг 2).

Результаты

Таким образом, на карте формируются зоны как повышенной ответственности (красные), так и зоны с более низкими требованиями. Результативную приоритетность распределения ресурсов можно представить в виде перечня участков дороги от наиболее опасного (красный цвет) до участка с наименьшей ресурсоемкостью и трудозатратами в технологии производства работ. Схема также предоставляет визуализацию районирования территории.

В случае образования нескольких зон одинакового цвета необходимо выполнить технико-экономическое обоснование для создания внутренней приоритетности (рис. 4, шаг 3).

В результате расчетов формируются рекомендации для стратегического планирования мероприятий зимнего содержания автомобильных дорог с имеющимся парком техники и материальных ресурсов (рис. 5). Планирование осуществляется из расчета удаленности участков дороги, их технических характеристик, прогноза зимней скользкости и нормативных требований содержания. Комбинация таких факторов влияния выявляет очередность выполнения технологических операций на территории муниципального района и соответственно распределяет ресурсы. Кроме того, система позволяет сократить время на принятие решения за счет выполнения множества расчетов, в том числе технико-экономических обоснований выбора технологических операций.

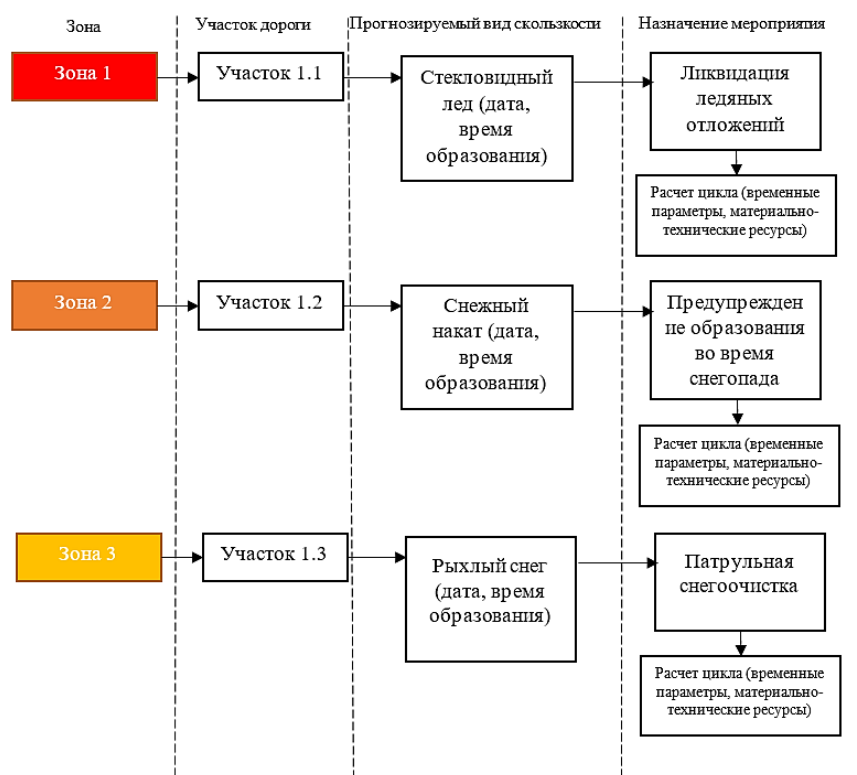


Рис. 5. Пример приоритетного назначения технологии производства работ с распределением ресурсов

Fig. 5. An example of priority assignment of production technology with resource allocation

Заключение

Разработанная аналитическая система ПРР дает возможность определить стратегию оптимизации материальных и технических ресурсов с учетом основных факторов влияния. Она предлагает комплексный подход к совершенствованию риск-ориентированного управления системы зимнего содержания региональной сети автомобильных дорог. Система ПРР предоставляет рекомендации с визуализацией районирования территории, сокращает время принятия решения, снижает стоимость работ и обосновывает трудозатраты с учетом индивидуальных возможностей парка техники по содержанию дорог в требуемом уровне. Это является актуальным в условиях ограниченного финансирования и нестабильных рыночных отношений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Самодурова Т.В. Физико-статистические модели для прогноза образования зимней скользкости на дорожных покрытиях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. № 1 (9). С. 128–132.
2. Самодурова Т.В. Оперативное управление зимним содержанием дорог. Научные основы. Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. 168 с.

3. *Скоробогатченко Д.А.* Прогнозирование изменения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог при планировании ремонта и содержания : специальность 05.23.11: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Волгоград : ВГАСУ, 2003. 158 с.
4. *Боброва Т.В., Коденцева Ю.В.* Районирование территории Алтайского края по условиям зимнего содержания сети автомобильных дорог : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. // Актуальные проблемы повышения надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений на них. 2003. С. 187–189.
5. *Коденцева Ю.В.* Обоснование ресурсоемкости зимнего содержания сети автомобильных дорог на основе районирования территорий по неблагоприятным климатическим факторам : специальность 05.23.11 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Омск : СибАДИ, 2007. 190 с.
6. *Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Алимова Н.Ю., Перегудова В.Н.* Мониторинг снеготранспортируемых участков автомобильных дорог – информационное моделирование // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. № 4 (56). С. 91–100. DOI: 10.25987/VSTU.2019.56.4.008. EDN: YNWLTF
7. *Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Алимова Н.Ю.* Повышение качества содержания снеготранспортируемых участков автомобильных дорог средствами инженерного мониторинга // Инновации в строительстве : сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ». Брянск, 2020. С. 482–485.
8. *Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Алимова Н.Ю., Бончева Е.А.* Проектирование земляного полотна автомобильных дорог на снеготранспортируемых участках // Научный журнал строительства и архитектуры. 2022. № 3 (67). С. 105–115. DOI: 10.36622/VSTU.2022.67.3.010. EDN: OKZAAS
9. *Коденцева Ю.В., Герлейн А.Ю.* Параметризация метеорологической информации при назначении мероприятий по зимнему содержанию автомобильных дорог // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 12 (138). С. 11. DOI: 10.23670/IRJ.2023.138.146
10. *Petty K.R., Mahoney W.P.* The U.S. Federal Highway Administration winter road Maintenance Decision Support System (MDSS): Recent enhancements & refinements, Sirwec. 2008. P. 1–12.

REFERENCES

1. *Samodurova T.V.* Physical and Statistical Prediction models of Winter Slipperiness on Road Pavements. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2008; 1 (9): 128–132. (In Russian)
2. *Samodurova T.V.* Operational Management of Winter Maintenance. Scientific Foundations. Voronezh, 2003. 168 p. (In Russian)
3. *Skorobogatchenko D.A.* Prediction of Changes in Transport and Operational Condition of Roads in Planning Repairs and Maintenance. PhD Thesis, Volgograd, 2003, 158 p. (In Russian)
4. *Bobrova T.V., Kodentseva Yu.V.* Altai Territory Zonation Based on Winter Maintenance. In: *Proc. All-Russ. Sci. Conf. 'Relevant Problems of Improving Road and Artificial Structure Reliability'*, 2003, Pp. 187–189. (In Russian)
5. *Kodentseva Yu.V.* "Justification of resource intensity of winter maintenance based on territory zonation in unfavorable climatic conditions". PhD Thesis. Omsk, SibADI, 2007, 190 p. (In Russian)
6. *Samodurova T.V., Gladysheva O.V., Alimova N.Yu., Peregudova V.N.* Monitoring of Snow-Covered Sections of Highways – Information Modeling. *Nauchnyi zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*. 2019; 4 (56): 91–100. (In Russian)
7. *Samodurova T.V., Gladysheva O.V., Alimova N.Yu.* Quality Improvement of Snow-Covered Road Maintenance Using Engineering Monitoring. In: *Proc. Int. Conf. 'Innovations in Construction'*. Bryansk, 2020. Pp. 482–485. (In Russian)
8. *Samodurova T.V., Gladysheva O.V., Alimova N.Yu., Boncheva E.A.* Subgrade Design in Snow-Drift Areas. *Nauchnyi zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*. 2022; 3 (67): 105–115. DOI: 10.36622/VSTU.2022.67.3.010. EDN: OKZAAS (In Russian)

9. Kodentseva Yu.V., Gerlein A.Yu. Parameterization of Meteorological Information in Assigning Measures for Winter Maintenance. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2023; 12 (138): 11. DOI: 10.23670/IRJ.2023.138.146 (In Russian)
10. Petty K.R., Mahoney W.P. The U.S. Federal Highway Administration Winter Road Maintenance Decision Support System (MDSS): Recent Enhancements & Refinements, *Sirwec*. 2008. Pp. 1–12.

Сведения об авторах

Коденцева Юлия Викторовна, канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 644080, г. Омск, Мира, 5, kodjul78@mail.ru

Герлейн Анна Юрьевна, аспирант, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 644080, г. Омск, Мира, 5, d7_94@mail.ru

Authors Details

Yuliya V. Kodentseva, PhD, A/Professor, Siberian State Automobile and Highway University, 5, Mira Ave., 644080, Omsk, Russia, kodjul78@mail.ru

Anna Yu. Gerlein, Research Assistant, Siberian State Automobile and Highway University, 5, Mira Ave., 644080, Omsk, Russia, d7_94@mail.ru

Вклад авторов

Коденцева Ю.В. – научное руководство; концепция исследования; итоговые выводы.

Герлейн А.Ю. – концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Kodentseva Yu.V. – supervision, conceptualization, conclusions.

Gerlein A.Yu. – conceptualization, methodology, writing -- original draft preparation, conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.