

Целесообразность применения локальных методов обогрева дорожных покрытий

А.В. Каменчуков¹, Б.В. Фурман¹, Г.О. Николаева³

^{1, 2}Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

³Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы повышения безопасности дорожного движения в городской застройке в зимний период времени. Рассмотрены причины образования снега-ледяных отложений и их влияние на комфорт и безопасность движения, в том числе пешеходов. Выполнен обзор современных систем снеготаяния и обогрева дорожных покрытий с приведением наиболее эффективных примеров реализации проектов обогрева дорожных покрытий. Выполнен сравнительный анализ и оценка эффективности применения систем обогрева дорожных покрытий, на примере стоянки автомобилей площадью 1000 м². Даны рекомендации по применению систем обогрева дорожных покрытий.

Ключевые слова: автомобильные дороги, гидротермальные системы, электрические системы, подогрев дорожного покрытия.

Исследование борьбы с зимней скользкостью на дорогах в городских условиях является крайне актуальным, поскольку образование снежно-ледяных отложений представляет серьезную угрозу безопасности дорожного движения и здоровья населения [1]. Обледенение покрытия дороги может привести к ухудшению условий безопасности движения, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий, а также к ускоренному износу дорожных покрытий и транспортных средств [2, 3]. Традиционные методы, такие, как использование химических реагентов и механическая уборка снега, часто приводят к негативным последствиям для окружающей среды и инфраструктуры [4]. Вопросы утилизации снега также становятся всё более важными, учитывая ограниченность пространства для его складирования и негативное воздействие на экологию. Решение этих проблем требует комплексного подхода, включая разработку новых технологий и методов, позволяющих минимизировать воздействие на природу и дорожные конструкции.

Очистка поверхности дорог, стоянок и парковок от гололеда и снежного наката играет важную роль в обеспечении безопасности дорожного движения, комфорта и плавности движения пешеходов, а также позволяет обеспечить доступность социально значимых объектов. Кроме этого, гололедица и снежный накат значительно снижают коэффициент сцепления шин автомобилей с поверхностью, что может привести к возникновению опасных аварийных ситуаций, в том числе с участием пешеходов и последующими жертвами, и пострадавшими.

Перспективные методы борьбы с зимней скользкостью включают инновационные подходы, направленные на повышение эффективности и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Один из таких методов — это использование систем снеготаяния, интегрированных в дорожное покрытие, которые позволяют поддерживать положительную температуру на поверхности дороги даже в самые сильные морозы. В настоящее время выделяют следующие системы снеготаяния [5 - 7]:

1. Электрические системы снеготаяния: Они основаны на использовании экранированных низкотемпературных нагревательных кабелей, которые монтируются под дорожным покрытием. Такие системы полностью автоматизированы и могут включать датчики контроля температуры и влажности для оптимального управления процессом снеготаяния. Примером реализации системы данного типа может служить технология обогрева мостов и путепроводов, а также борьбы с наледьюобразованием в водопропускных трубах.

2. Тепловые системы снеготаяния: В этих системах применяется распределение греющего теплоносителя (вода, водно-солевой раствор, прочие незамерзающие жидкости) через систему трубопроводов. Как правило системы с "тепловыми трубами" используют естественную циркуляцию жидкости (реже газ) для равномерного распределения тепла под

поверхностью покрытия. Одним из примеров реализации решений данного типа является обогрев больших площадей, таких как взлетно-посадочные полосы и аэродромные площадки.

3. Геотермальные системы снеготаяния: Системы данного типа используют тепло земли или подземных вод для поддержания положительной температуры на поверхности дорог. Геотермальная энергия является возобновляемым источником тепла и помогает экономить ресурсы.

4. Инфракрасные системы снеготаяния: Инфракрасные излучатели направляют тепловую энергию на поверхность дороги, быстро растапливая снег и лед. Такие системы эффективны на небольших участках, таких как парковки или зоны возле входов в здания. Они являются более совершенными по сравнению с системами электроподогрева дорожного покрытия, но также являются более трудоемкими.

5. Комбинированные системы снеготаяния: Некоторые проекты объединяют разные источники тепла, например, электрическую энергию и геотермальную, для создания универсальных и энергоэффективных решений. Это позволяет адаптировать систему под конкретные климатические условия и потребности региона.

Также необходимо выделить системы антиобледенения, основанные на орошении поверхности дорожного покрытия специальными растворами и реагентами, которые эффективно устраняют снежно-ледяные образования. Несомненно, развитие данной технологии должно сопровождаться разработками экологически чистых противогололедных материалов, которые не наносят вредного экологического воздействия на окружающую среду и не приводят к деградации дорожных покрытий.

Системы подогрева покрытий широко используются в различных странах мира, демонстрируя высокую эффективность в борьбе с зимней скользкостью и улучшении безопасности на дорогах и тротуарах. Как

правило они применяются в развитых странах на крупных дорожных объектах или в местах скопления большого количества людей [8, 9]:

1. **Россия:** В Москве и Санкт-Петербурге активно внедряют системы подогрева на ключевых магистралях и мостах. Например, Ленинградский проспект в Москве оснащен системой электрообогрева, что позволяет избежать образования наледи и повышает безопасность движения.

2. **Скандинавские страны** (Швеция, Норвегия, Финляндия): В этих регионах с суровыми зимними условиями активно внедряются системы снеготаяния на автодорогах, тротуарах и остановках общественного транспорта. Например, в Стокгольме и Осло многие улицы оборудованы системами электрического подогрева, что позволяет сохранять их чистыми и безопасными даже в самые снежные периоды.

3. **Канада:** В городах Канады, таких как Монреаль и Торонто, широко распространены системы снеготаяния на основе сбросных вод ТЭЦ и канализационных сетей. Эти системы позволяют эффективно справляться с большими объемами снега, используя уже существующую инфраструктуру.

4. **США:** В северных штатах, таких как Миннесота и Нью-Йорк, также используются системы снеготаяния на дорогах и тротуарах. Город Сиэтл известен своими инновационными проектами, такими как подогрев тротуаров в центре города, что помогает поддерживать чистоту и безопасность в зимний период.

Наиболее интересными и востребованными для городского строительства являются системы подогрева покрытий (парковок, площадей и пешеходных дорожек) на основе систем инфракрасного подогрева или подогрева за счет тепловых носителей, использующих обратную (сточную) воду из систем отопления жилых зданий и крупных торгово-развлекательных центров.

Для определения объема энергопотребления для обогрева или величины тепловой энергии можно воспользоваться формулой [10]:

$$Q = k \cdot F_p (T_i - T_0) \quad (1)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{h}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

где k – коэффициент теплопередачи; F_p – площадь обогреваемого участка покрытия, m^2 ; T_i – желаемая температура покрытия, К; T_0 – температура окружающей среды, К; α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи соответственно от горячего теплоносителя к разделяющей стенке и от стенки к холодному теплоносителю, $Вт/м^2 \cdot К$; h – толщина покрытия над системой подогрева, м; λ – коэффициент теплопроводности обогреваемого материала или системы, $Вт/м \cdot К$.

Сравнение затрат на устройство и эксплуатацию инфракрасной и тепловой системы подогрева покрытий, для площадки площадью $1000 m^2$, выполнена по укрупненным показателям и представлена в таблице 1.

Таблица № 1

Сравнение затрат на устройство систем подогрева покрытий

Наименование показателя	Ед. изм.	Стоимость системы подогрева, в зависимости от типа	
		инфракрасная	тепловая
Материалы		излучатели – 20 шт (2x25 м) контроллеры - 20	трубы: основные – 550 п.м. подводка – 30 п.м. насос – 1 шт
Затраты на материалы	тыс.руб	350	100
Монтажные работы	тыс.руб	150	200
Всего обустройство и установка	тыс.руб	500	300
Мощность системы	кВа	1 на излучатель	15
Продолжительность:			
Снегопадов в год	час	100	100
Работы в год	час	300	2800
Стоимость энергии	р/кВтч	5	5
Всего эксплуатационные затраты	тыс.руб	30	210
Общая стоимость	тыс.руб	530	510

Тепловую систему подогрева, в отличии от инфракрасной, необходимо эксплуатировать на протяжении всего зимнего сезона, для избежание промерзания жидкости в системе трубопровода.

Сравнение вариантов показало, что стоимости инфракрасной и тепловой системы обогрева площадки площадью 1000 м² сопоставимы между собой, однако энергопотребление тепловой системы значительно превышает инфракрасные системы из-за необходимости их постоянной эксплуатации, т.е. в долгосрочной перспективе инфракрасные системы могут оказаться значительно выгодней.

Литература

1. Цаль А.Ю., Ермошин Н.А., Середа П.О. Совершенствование технических решений мониторинга автомобильных дорог и транспортных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4710
2. Кузнецов Ю.В. Контроль скользкости дорожных покрытий - проблемы и методы их решения // Наука и техника в дорожной отрасли. 2016. № 1(75). С. 21-25.
3. Тимоховец В.Д., Холкин И.А. Обоснование необходимости варьирования скоростного режима транспортного потока в зимний период // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 2. С. 79-86. DOI: 10.15593/24111678/2020.02.09.
4. Громалова В.О., Федотов А.И. О влиянии загрязнения внешних световых приборов химическими противогололедными материалами на безопасность движения автотранспортных средств // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2018. № 2. С. 61-65.

5. Собянин Н.М., Сергеев А.С. Системы подогрева покрытия для предотвращения зимней скользкости в рамках санкций // Химия. Экология. Урбанистика. 2022. Т. 3. С. 140-145.
6. Игнатович Н.С., Серебренникова Ю.Г., Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В. Способ борьбы со снежно-ледяными образованиями на аэродромах // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 5-3. С. 65-67.
7. Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н., Яглов В.Н., Гиринский В.В. Способы борьбы с зимней скользкостью // Наука и техника. 2020. Т. 19, № 3. С. 230-240. DOI: 10.21122/2227-1031-2020-19-3-230-240.
8. Adl-Zarrabi B., Boström L., Wickström U. Using the TPS method for determining the thermal properties of concrete and wood at elevated temperature. Fire and Materials. 2006. 30(5), pp. 359-369
9. Дацков А.В., Ширяев Н.И. Добавка "Грикол" как эффективное средство борьбы с зимней скользкостью // Инженерный вестник Дона, 2017, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4019
10. Hassan H.F., Al-Nuaimi A.S., Taha R., Jafar T.M.A. Development of Asphalt Pavement Temperature Models for Oman. The Journal of Engineering Research. 2005. Vol. 2, No. 1. pp. 32-42.

References

1. Tsal' A.YU., Yermoshin N.A., Sereda P.O. Inzhenernyi vestnik Dona, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4710
 2. Kuznetsov YU.V. Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2016. № 1(75). pp. 21-25.
 3. Timokhovets V.D., Kholkin I.A. Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya. 2020. № 2. pp. 79-86. DOI: 10.15593/24111678/2020.02.09.
 4. Gromalova V.O., Fedotov A.I. Mekhatronika, avtomatika i robototekhnika. 2018. № 2. pp. 61-65.
-



5. Sobyenin N.M., Sergeyev A.S. Khimiya. Ekologiya. Urbanistika. 2022. Т. 3. pp. 140-145.
6. Ignatovich N.S., Serebrenikova YU.G., Kayzer YU.F., Lysyannikov A.V. Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty sovremennoy nauki. 2014. № 5-3. pp. 65-67.
7. Pshembayev M.K., Kovalev YA.N., Yaglov V.N., Girinskiy V.V. Nauka i tekhnika. 2020. Т. 19, № 3. pp. 230-240. DOI: 10.21122/2227-1031-2020-19-3-230-240.
8. Adl-Zarrabi B., Boström L., Wickström U. Using the TPS method for determining the thermal properties of concrete and wood at elevated temperature. Fire and Materials. 2006. 30(5), pp. 359-369
9. Datskov A.V., Shirayayev N.I. Inzhenernyi vestnik Dona, 2017, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4019
10. Hassan H.F., Al-Nuaimi A.S., Taha R., Jafar T.M.A. Development of Asphalt Pavement Temperature Models for Oman. The Journal of Engineering Research. 2005. Vol. 2, No. 1. pp. 32-42

Дата поступления: 15.02.2025

Дата публикации: 15.03.2025