

УДК 625.768.5:551.509.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

Е.И. КИРЯКОВ¹, И.В. КУЖЕВСКАЯ², М.А. ВОЛКОВА²,
О.Е. НЕЧЕПУРЕНКО²,

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛУЧАЕВ ОБРАЗОВАНИЯ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ НА СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЛИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ХМАО – ЮГРЫ*

Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах, качество и эффективность работ при их содержании в зимний период напрямую связаны с объемом и периодичностью проводимых противогололедных мероприятий. Для дорог федерального значения показатели, определяющие применение противогололедных материалов и цикличность их обработки, определены отраслевыми нормативными документами. Для региональных или муниципальных дорог эти нормы принимаются иногда, как и для федеральных, но без учета фактических климатических показателей территорий, на которых они расположены, или рассчитываются по упрощенной методике.

Цель исследования: определение научно обоснованных показателей возможных случаев образования зимней скользкости на сети дорог ХМАО – Югры и циклов противогололедной обработки их покрытий в зависимости от климатических особенностей административных районов автономного округа.

Методы исследований: статистическая обработка результатов наблюдений за климатическими параметрами за 2000–2017 гг., влияющими на образование зимней скользкости, по данным 8 районных и 6 метеорологических станций, расположенных за пределами автономного округа. В качестве метода интерполяции точек на трассы был использован метод крикинга (ПО Surfer).

Результаты: определено число дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период и количество циклов обработки противогололедными материалами покрытий дорог, расположенных в административных районах автономного округа, с 50 и 95% вероятностью в зависимости от их климатических особенностей.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; зимнее содержание дорог; скользкость покрытия; климатические особенности; противогололедные материалы.

Для цитирования: Киряков Е.И., Кужевская И.В., Волкова М.А., Нечепуренко О.Е. Обоснование показателей случаев образования зимней скользкости на сети автомобильных дорог регионального или муниципального значения ХМАО – Югры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 200–212.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-45-700010 p_a).

E.I. KIRYAKOV¹, I.V. KUZHEVSKAIA², M.A. VOLKOVA²,
O.E. NECHEPURENKO²,

¹Tomsk State University of Architecture and Building,

²National Research Tomsk State University

ICE COVERING OF REGIONAL AND MUNICIPAL ROADS OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

Relevance: The road safety, the quality and effectiveness of maintenance works in winter directly relate to the volume and frequency of ongoing anti-icing. For federal roads, indicators determining the use of anti-icing materials and their cyclic processing are determined by industry regulations. For regional or municipal roads, these norms are sometimes adopted as well as for federal roads, but without considering the climatic conditions of territories of their location. **Purpose:** Determination of evidence-based indicators of the road ice-covering in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and their anti-icing treatment depending on the climatic conditions of the Okrug. **Methodology:** Statistical processing of observation results of climatic parameters affecting the formation of ice covering in 8 districts and 6 meteorological stations outside the Okrug for the years 2000–2017. The kriging method (SURFER software) was used as a method of point interpolation. **Research findings:** The number of days with possible ice covering during the cold period and the number of cycles of anti-icing treatment of road surfaces in the administrative regions of the Okrug are obtained with a 50 and 95 % probability, depending on the climatic conditions.

Keywords: road safety; winter road maintenance; ice covering; climatic conditions; anti-icing materials.

For citation: Kiryakov E.I., Kuzhevskaja I.V., Volkova M.A., Nechepurenko O.E. Obosnovanie pokazatelei sluchaev obrazovaniya zimnei skol'zskosti na seti avtomobil'nykh dorog regional'nogo ili munitsipal'nogo znacheniya KhMAO – Yugry [Ice covering of regional and municipal roads of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 200–212. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

Введение

В современном мире транспортная отрасль является важной составляющей развития промышленности и социальной структуры общества. Актуальной проблемой для стран, расположенных севернее 50° широты, в том числе и России, является эксплуатация дорог в холодный период (winter road maintenance, WRM). Во избежание серьезных дорожно-транспортных происшествий в холодный период, вызванных скользкостью дорог, необходимо разрабатывать точные и надежные методики для её устранения.

Для повышения безопасности движения и снижения затрат на техническое обслуживание существуют различные подходы к управлению работами дорожного обеспечения. Наиболее распространенным в мировой практике считается подход, основанный на использовании климатических данных. Дорожные службы Финляндии и Норвегии [1, 2] используют методику по оценке зимнего обслуживания дорог на основе данных о количестве случаев со снегопадом и температурами ниже 0 °С и значений средней температуры воздуха за холодный период. Такой подход близок к изложенному в руководящем документе РФ по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах

(ОДМ 218.3.023–2003 «Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах». Приказ № ОС-548-р от 16.06.2003. Москва, 2003).

Ряд исследований [3, 4] посвящен обоснованию выбора оптимальных критериев оценки погодных условий и затрат на обслуживание с применением унифицированных индексов для оптимизации процесса климатической обработки и соблюдения условий пространственно-временной сравнимости параметров в разных регионах мира (индексы суровости погоды и Winter Severity Indices). В отдельных регионах России и странах СНГ используются различные упрощенные статистические модели расчета прогноза условий скользкости [5, 6].

Большое число научных работ посвящено оценке затрат на зимнее содержание дорог на основе климатических данных, прогнозу будущих затрат с учетом различных сценариев изменения климата [7–10].

Попытка введения климата как ресурса в экономический анализ транспортной отрасли предпринята и для территории РФ [12], хотя авторы отмечают ряд недостатков применяемого ими подхода – отсутствие свойства аддитивности.

В настоящее время набирает популярность оценка состояния дорожного покрытия с применением автоматических датчиков с разным принципом действия, в том числе в сочетании с информационными табло (Road weather information system, RWIS) и автоматизированными системами оповещения (AWS) вдоль дорог и/или индивидуальными сервисами водителя с GPS [13–17].

В Российской Федерации, как и в мире, непрерывное и безопасное движение автомобилей по дорогам в зимний период обеспечивается выполнением комплекса мероприятий, предусматривающих работы по защите дорог от снежных заносов, очистке от снега проезжей части и обочин в период снегопадов, предупреждению и ликвидации зимней скользкости. При этом основной целью зимнего содержания сети автомобильных дорог должно являться недопущение или оперативная ликвидация скользкости.

Для предотвращения и ликвидации зимней скользкости проводятся профилактические обработки покрытий и образовавшегося на них ледяного или снежно-ледяного слоя противогололедными химическими веществами, повышается шероховатость покрытий проезжей части путем распределения фрикционных материалов (песок, высевки, щебень, шлак) и т. д. Перед началом зимнего периода осуществляется комплекс мероприятий, направленных на подготовку машин и оборудования к зимнему периоду, заготовку противогололедных материалов (ПГМ).

Объемы заготавливаемых ПГМ на весь зимний период для федеральных трасс рассчитываются в соответствии с действующим ОДМ 218.3.023–2003. По тому же документу ведутся расчеты и для сети региональных или межмуниципальных дорог, обеспечивающих основные объемы перевозок по субъектам федерации, но без учета климатических особенностей этих районов из-за отсутствия необходимых нормативных документов. В связи с этим на сети дорог, расположенных на значительном удалении от центров регионов, через которые проходят федеральные трассы, количество циклов обработки поверхности проезжей части противогололедными материалами часто не обеспечивает необходимых условий для безопасного движения автотранспорта. Кроме того, плани-

руемых и заготавливаемых объемов фрикционных и химических материалов на зимний период для борьбы с зимней скользкостью часто оказывается недостаточно из-за недоучета климатических особенностей регионов.

Так, нормативы по количеству циклов обработки и годовой объем необходимых реагентов для сети дорог Ханты-Мансийского автономного округа назначаются такие же, как для г. Тюмени, расположенного на федеральной трассе Р-351 Екатеринбург – Тюмень. Тюмень и Тюменская область географически расположены значительно южнее ХМАО (более 400 км), и по трудности снегоборьбы Тюменская область относится к II району (средней трудности). Территория же ХМАО относится и к II и к III (трудный), а северная часть округа может быть отнесена и к IV (очень трудному) району снегоборьбы по снегоприносу [18, 19].

Количество дней с возможными случаями образования зимней скользкости или циклов обработки покрытия за зимний сезон для Тюмени, согласно приложению «А» ОДМ 218.3.023–2003, составляет 64 раза, тогда как для районов, находящихся в непосредственной близости к ХМАО и имеющих схожие климатические особенности, количество дней с возможными случаями образования зимней скользкости составляет: Новосибирск – 101, Томск – 105, Пермь – 101, Сыктывкар – 107. Разница между данными для Тюмени и соседними с ХМАО областями свидетельствует о существенно заниженных значениях данного количественного показателя, влияющего на качество очистки дорожного полотна от снежно-ледяных отложений в ХМАО – Югре. Поэтому для уточнения сезонной стратегии борьбы с образованием зимней скользкости на существующей сети региональных или межмуниципальных дорог ХМАО – Югры были проведены работы по определению научно обоснованных показателей случаев образования зимней скользкости на основе статистических данных о фактической погоде в автономном округе.

Методы и материалы

Для расчетов периодов скользкости были использованы данные АО ГК «Северавтдор», ВНИИГМИ-МЦД [20, 21] суточного разрешения по температуре воздуха и атмосферным осадкам и срочного разрешения об основных метеорологических параметрах на 8 метеорологических станциях (Березово, Саранпауль, Няксимволь, Октябрьское, Ханты-Мансийск, Леуши, Угут, Ларьяк), расположенных на территории ХМАО, и 6 станциях (Ивдель, Тобольск, Ишим, Александровское, Толька, Надым), расположенных за пределами округа для интерполяции при картировании, за период с 2000 по 2017 г. В качестве метода интерполяции точек на трассы был использован метод крикинга (ПО Surfer).

Дополнительно привлекались данные о погоде в срок и между сроками по следующим атмосферным явлениям: гололед; изморозь кристаллическая и зернистая; гололедица; ледяной дождь. Отдельно были рассмотрены следующие атмосферные явления с различной интенсивностью – слабой, умеренной или сильной – снег; дождь со снегом или ледяной дождь; морось и дождь, образующие гололед; дождь или морось со снегом; снег с перерывами/непрерывный, ливневый снег, ледяная или снежная крупа с дождем, со снегом и дождем/без них.

При выполнении работы были определены количественные показатели:
– даты начала и окончания периода с зимней скользкостью (с 50 и 95% обеспеченностью), средняя продолжительность периода, число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %) по метеорологическим станциям и районам ХМАО – Югра за 2000–2017 гг. Для расчета обеспеченности использовалось распределение Гумбеля;

– число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %) за холодный период с 2000 по 2017 г. по метеорологическим станциям ХМАО – Югра.

В соответствии с ОДМ 218.3.023–2003 за число дней с возможными случаями образования зимней скользкости принимается число дней с выпадением снега с суточным количеством более 1 см (от слабого снега до обильного снегопада), с гололедно-изморозевыми явлениями (мокрый снег, изморозь, ледяной дождь) при температуре воздуха ниже 0 °С.

Согласно методике расчета цикличности выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, предложенной проф. Т.В. Самодуровой [6, 22], для расчета работ по распределению противогололедных материалов определяется количество возможных случаев образования зимней скользкости в виде стекловидного льда (гололед, гололедица, твердый налет, черный лед). Для каждого случая принимается один цикл распределения ПГМ при ликвидации или профилактике образования скользкости. В период же продолжительных метелей и затяжных снегопадов с интенсивностью более 1 мм в час необходимо проведение предварительной обработки покрытия, а по окончании снегоприноса следует повторная обработка ПГМ. Поэтому при длительных интенсивных снегопадах циклы снегоочистки должны повторяться после каждых 5–6 см выпавшего снега.

Результаты

Для расчета ориентировочной годовой потребности ПГМ для АО ГК «Северавтодор» приведены сведения о средних многолетних данных образования зимней скользкости, включающих в себя даты начала и окончания периода зимней скользкости, продолжительность этого периода и число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (табл. 1).

Средние даты начала периода скользкости для большинства рассмотренных пунктов приходятся на начало второй декады октября. Что касается даты его окончания, то для северо- и северо-восточной части ХМАО она отмечается в третьей декаде апреля, для остальной части – в начале апреля. Наиболее ранние и поздние даты с 95% обеспеченностью имеют меньший разброс и приходятся на 1–3 октября (за исключением Октябрьского) и 28–29 апреля соответственно. По вышеуказанной причине Октябрьский имеет самую короткую продолжительность периода со скользкостью (158 дней), при этом отметим, что пункт не расположен вблизи дорог федерального или регионального обслуживания. Ниже на рис. 1 приведена оценка продолжительности периода скользкости по трассам обслуживания АО ГК «Северавтодор», соотнесенная с административными районами ХМАО (табл. 2).

Таблица 1

Среднегодовалые данные образования зимней скользкости в ХМАО с обеспеченностью 50 и 95 %

Пункт	Дата начала		Дата окончания		Продолжительность периода		Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости	
	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
Березово	18.10	02.10	23.04	29.04	188	210	79	101
Саранпауль	12.10	02.10	20.04	28.04	191	209	54	79
Октябрьское	28.10	20.10	03.04	24.04	158	187	109	135
Ларьяк	12.10	01.10	20.04	28.04	191	210	94	118
Ханты-Мансийск	13.10	02.10	13.04	29.04	183	210	108	135
Угут	15.10	01.10	13.04	29.04	181	211	58	76
Леуши	22.10	03.10	08.04	28.04	169	208	67	92

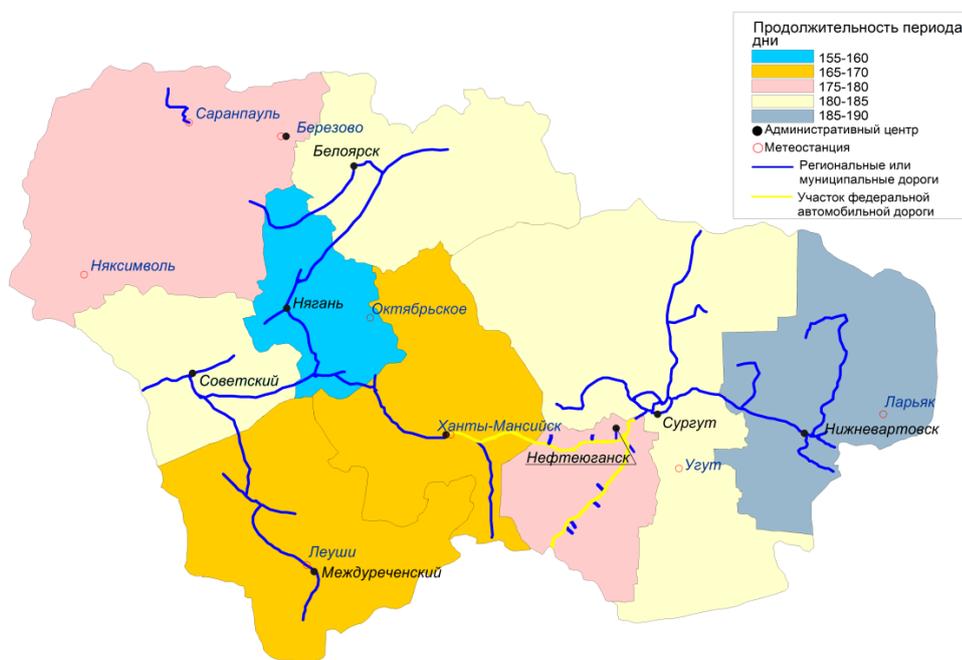


Рис. 1. Продолжительность периода скользкости (дни) с 50% обеспеченностью по территории ХМАО

На участке федеральной автомобильной дороги Р-404 на территории ХМАО продолжительность периода скользкости составляет 177–178 дней. Наиболее длительный период (более 185 дней) с вероятностью возникновения скользкости приходится на участки региональных и муниципальных дорог Нижневартовского административного района. В Кондинском районе продолжительность зимней скользкости в среднем на 18 дней меньше и составляет около

170 дней в сезон. Неравномерность продолжительности периодов скользкости по административным районам ХМАО – Югра свидетельствует о необходимости учета этих особенностей при распределении средств подрядным организациям на зимнее содержание обслуживаемых участков автомобильных дорог.

Таблица 2

Трассы и районы обслуживания АО ГК «Северавтодор»

Трассы	Район
Шаим – Урай – Междуреченск	Кондинский
Пойковский – Нефтеюганск – Сентябрьский – граница ХМАО	Нефтеюганский
Лангепас – Нижневартовск	Нижневартовский
Нижневартовск – Радужный – Новоаганск	Нижневартовский
Нягань – Талинка	Октябрьский
Таежный – Советский – Зеленоборск	Советский
Талинка – Советский	Советский – Октябрьский
Югорск – Советский – Верхнеказымский – граница к ХМАО. Подъезд к г. Белоярскому	Советский – Октябрьский – Белоярский
Сургут – Лянтор – Сытомино	Сургутский
Сургут – Федоровский	Сургутский
Сургут – Ульт-Ягун – Лангепас	Сургутский
Федоровский – Когалым – Ноябрьск (граница ХМАО)	Сургутский
Ханты-Мансийск – Талинка	Ханты-Мансийский
Ханты-Мансийск – Горноправдинск (от примыкания к федеральной трассе)	Ханты-Мансийский
Ханты-Мансийск – Пойковский	Ханты-Мансийский – Нефтеюганский

Более подробно информация об образовании зимней скользкости в административных районах ХМАО приведена в табл. 3.

В табл. 4 представлен временной ход со случаями образования зимней скользкости за холодный период с 2000 по 2017 г. Показано, что с 2011 г. наблюдается тенденция к асимметричности в отклонении в большую сторону дней с возможными случаями образования зимней скользкости. Особенно ярко это проявляется в Октябрьском, Ханты-Мансийском, Сургутском и Нижневартовском районах с наибольшей для округа плотностью автомобильных дорог. Именно в этих районах, несмотря на относительно небольшую продолжительность периода со скользкостью (177 дней), с 2011 г. наблюдается предельная наполненность этого периода днями с атмосферными явлениями, благоприятными для образования зимней скользкости.

Таким образом, начиная с 2011 г. наблюдается увеличение числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период. Например, в районе пунктов Угут и Березово превышение значений с 95% обеспеченностью отмечалось в холодный период 2015–2016 г. На рис. 2

приведен временной ход числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости для пунктов Ханты-Мансийск и Угут, представляющих административные районы ХМАО с наибольшей плотностью автомобильных дорог различного подчинения.

Таблица 3

Данные образования зимней скользкости по районам с 50 и 95% обеспеченностью

Пункт	Дата начала		Дата окончания		Продолжительность периода		Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости	
	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
Кондинский	22.10	03.10	07.04	27.04	168	207	75–80	90
Нефтеюганский	15.10	03.10	09.04	23.04	176	203	75	95
Нижневартовский	12.10	01.10	19.04	28.04	189	210	80–90	95–100
Октябрьский	28.10	20.10	03.04	24.04	158	187	110	125
Советский	17.10	04.10	14.04	28.04	180	207	80	95
Белоярский	20.10	08.10	16.04	27.04	180	202	90–95	110
Сургутский	14.10	02.10	12.04	24.04	180	205	75	90
Ханты-Мансийский	21.10	07.10	07.04	26.04	169	203	100	120
Березовский	19.10	08.10	15.04	27.04	179	202	75	95

Таблица 4

Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период с 2000 по 2017 г.

Пункт	Леуши	Саранпауль	Ларьяк	Угут	Октябрьское	Ханты-Мансийск	Березово	
50 %	67	54	94	58	109	108	79	
95 %	92	79	118	76	135	135	101	
Холодный период	Число дней							
2000	2001	83	68	59	56	81	75	99
2001	2002	81	63	74	67	103	95	101
2002	2003	60	47	88	53	107	110	69
2003	2004	67	45	90	51	108	116	74
2004	2005	91	55	113	60	97	135	70
2005	2006	70	49	100	40	86	112	64
2006	2007	69	58	80	58	103	135	96
2007	2008	47	57	106	54	112	118	77
2008	2009	36	49	77	48	116	98	85

Окончание табл. 4

Пункт	Леуши	Саранпауль	Ларьяк	Угут	Октябрьское	Ханты-Мансийск	Березово
50 %	67	54	94	58	109	108	79
95 %	92	79	118	76	135	135	101
Холодный период	Число дней						
2009 2010	89	51	82	44	98	90	73
2010 2011	52	44	91	43	73	80	69
2011 2012	71	77	103	56	132	112	89
2012 2013	95	47	121	65	<i>135</i>	127	74
2013 2014	52	85	91	57	123	103	80
2014 2015	51	44	101	60	122	84	59
2015 2016	56	58	117	87	<i>135</i>	121	103
2016 2017	75	29	110	72	116	129	55

Примечание. Серым цветом выделены значения случаев образования зимней скользкости, превышающие 50 % (среднее), курсивом – равные 95 %, жирным шрифтом – превышающие 95 %.

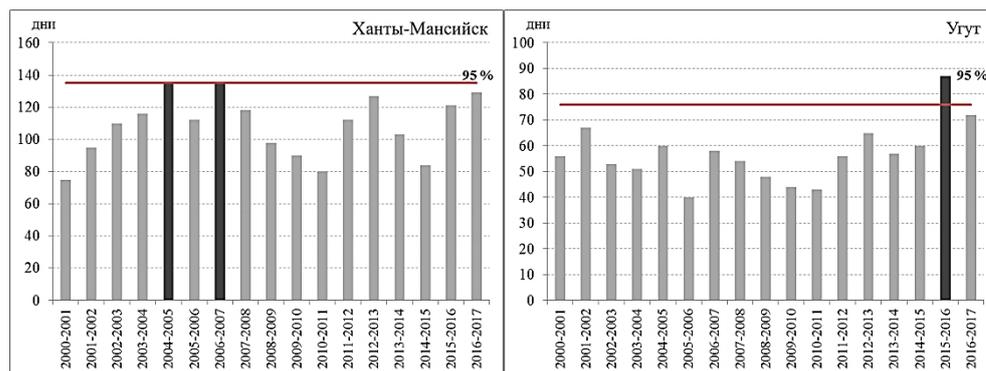


Рис. 2. Временной ход числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период с 2000 по 2017 г.

Тенденция увеличения числа дней со скользкостью дорожных покрытий также должна учитываться при планировании финансовых средств, направленных на выполнение работ по зимнему содержанию автомобильных дорог с целью обеспечения необходимой безопасности и удобства движения проезжающих.

По данным наблюдений на метеостанциях отдельными случаями выпадения осадков считаются такие, для которых время между окончанием предыдущего и началом последующего составляет более 0,2 ч. Для эксплуатационных организаций установлены директивные сроки уборки снега с момента окончания снегопада (ГОСТ Р 50597–2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля

(с поправками). Москва: Стандартинформ, 2017. 31с.), которые составляют несколько часов. Таким образом, для дорожных служб два снегопада будут разными, если временной разрыв между окончанием предыдущего и началом последующего будет превышать директивное время на уборку, что приводит к необходимости дополнительных циклов противогололедной обработки [6, 20]. Количество дополнительных циклов в таких случаях рассчитывается на основе данных метеонаблюдений.

По данным ФГБУ Обь-Иртышская УГМС, филиал Ханты-Мансийский ЦГМС, за 2006–2015 гг. был выполнен расчет циклов обработки покрытий ПГМ с учетом продолжительности метелей и затяжных снегопадов. Рекомендованное количество циклов обработки противогололедными материалами дорожных покрытий автомобильных дорог общего пользования по административным районам Ханты-Мансийского автономного округа – Югры приведено в табл. 5.

Таблица 5

Количество циклов обработки ПГМ

Район	Дата начала	Дата окончания	Продолжительность периода, дни	Количество циклов обработки покрытий ПГМ
Березовский	18.10	23.04	188	91
Октябрьский	28.10	20.04	176	114
Советский	17.10	09.04	176	93
Нижневартовский	12.10	16.04	188	99
Нефтеюганский	15.10	10.04	178	97
Ханты-Мансийский	21.10	14.04	177	109
Сургутский	14.10	10.04	180	92
Кондинский	22.10	09.04	170	95
Белоярский	20.10	14.04	178	105

Заключение

На основе статистических данных о фактической погоде для административных районов Ханты-Мансийского автономного округа получены следующие показатели случаев образования зимней скользкости:

– даты начала и окончания периода с зимней скользкостью (с 50 и 95% обеспеченностью);

– средняя продолжительность периода и число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %);

– количество циклов обработки противогололедными материалами дорожных покрытий автомобильных дорог с учетом продолжительности метелей и затяжных снегопадов;

– среднее значение показателя «число дней образования зимней скользкости» на территории ХМАО составило 86 дней, а с учетом дополнительных обработок покрытий из-за периодов продолжительных метелей и снегопадов возросло до 99. Используемое в настоящее время значение данного параметра

по пункту Тюмень, равное 64 циклам, явно является недостаточным для обеспечения требуемого уровня содержания и безопасности движения на сети дорог ХМАО – Югра.

Следует также отметить, что для уточнения сезонных стратегий борьбы с образованием зимней скользкости, особенно на сети региональных или муниципальных дорог Западной и Восточной Сибири, требуются научно обоснованные расчеты количества случаев образования зимней скользкости на основе статистических данных о фактической погоде по большому количеству пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Venäläinen A., Kangas M.* Estimation of winter road maintenance costs using climate data // *Meteorol. Appl.* 2003. 10. P. 69–73. DOI: 10.1017/S1350482703005073.
2. *Norem H.* Selection of strategies for winter maintenance of roads based on climatic parameters // *Journal of Cold Regions Engineering.* 2009. 23(4). P. 113–135.
3. *Walker C.L., Hasanzadeh S., Esmaili B., Anderson M.R., Dao B.* Developing a winter severity index: A critical review // *Cold Regions Science and Technology.* 2019. 160. P. 139–149. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.02.005.
4. *Boustead B., Hilberg S., Shulski M., Hubbard K.* The Accumulated Winter Season Severity Index (AWSSI) // *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 2015. 54. P. 1693–1712.
5. *Богданович С.В.* Прогнозирование зимней скользкости автомобильных дорог // *Вестник БНТУ.* 2007. № 1. С. 50–55.
6. *Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В.* Цикличность работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // *Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура.* 2014. № 1 (33). С. 72–82.
7. *Matthews L., Andrey J., Hambly D., Minokhin I.* Development of a Flexible Winter Severity Index for Snow and Ice Control // *Journal of Cold Regions Engineering.* 2017. 31(3). DOI: 10.1061/(ASCE)CR.1943-5495.0000130.
8. *Suggett J., Hadayegi Al., Mills B., Andrey J., Leach G.* Development of winter severity indicator models for Canadian winter road maintenance // *Transportation Association of Canada,* 2006.
9. *Juga I., Nurmi P., Hippi M.* Statistical modeling of wintertime road surface friction // *Meteorol. Appl.* 2013. 20. P. 318–329.
10. *Andersson A., Chapman L.* The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden // *Meteorol. Appl.* 2011. 18. P. 125–136.
11. *Энциклопедия климатических ресурсов РФ* / под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. Санкт-Петербург : Гидрометиздат, 2005. 320 с.
12. *Chien S., Meegoda J., Luo J., Corrigan P., Zhao L.* Road weather information system statewide implementation plan. In: Final Report. New York State Department of Transportation, 2014. URL: https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/trans-r-and-d-repository/C-11-54%20Final%20Report_4-2014.pdf
13. *Kangas M., Heikinheimo M., Hippi M.* RoadSurf: a modelling system for predicting road weather and road surface conditions // *Meteorol. Appl.* 2015. 22. P. 544–553. DOI: 10.1002/met.1486.
14. *Troiano A., Pasero E., Mesin L.* New System for Detecting Road Ice Formation // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.* 2011. 60 (3). P. 1091–1101. DOI: 10.1109/TIM.2010.2064910.
15. *Lufft – Traffic Weather.* URL: <https://www.lufft.com/applications/traffic-weather-145/>
16. *The Vaisala Remote Road Surface State Sensor, DSC111.* URL: <https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/dsc111/>
17. *Andersson A.* Winter road conditions and traffic accidents in Sweden and UK. Present and future climate scenarios // *Doctoral thesis A131, University of Gothenburg, Sweden, 2010.* URL: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21547/1/gupea_2077_21547_1.pdf.

18. *Ремонт и содержание автомобильных дорог* : справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. II / А. П. Васильев, Э. В. Дингес, М. С. Коганзон [и др.] ; под ред. А. П. Васильева. Москва : Информавтодор, 2004. 507 с.
19. *Климат ХМАО*. URL: https://geografyahmao.blogspot.com/2011/10/blog-post_4932.html
20. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>.
21. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Александрова Т.М., Коршунова Н.Н. Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620081. URL: <http://meteo.ru/data/345-atmosfernyue-yavleniya-sroki#описание-массива-данных>.
22. Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В. Методика расчета цикличности выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // Дороги и мосты : сборник. 2013. Вып. 30/2. С. 99–112.

REFERENCES

1. Venäläinen A., Kangas M. Estimation of winter road maintenance costs using climate data. *Meteorological Applications*. 2003. V. 10. Pp. 69–73. DOI: 10.1017/S1350482703005073.
2. Norem H. Selection of strategies for winter maintenance of roads based on climatic parameters. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2009. V. 23. No. 4. Pp. 113–135.
3. Walker C.L., Hasanzadeh S., Esmaeili B., Anderson M.R., Dao B. Developing a winter severity index: A critical review. *Cold Regions Science and Technology*. 2019. V. 160. Pp. 139–149. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.02.005.
4. Boustead B., Hilberg S., Shulski M., Hubbard K. The accumulated winter season severity index (AWSSI). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2015. 54. Pp. 1693–1712.
5. Bogdanovich S.V. Prognozirovanie zimnei skol'zlosti avtomobil'nykh dorog [Prediction of winter slippery roads]. *Vestnik BNTU*. 2007. No. 1. P. 50–55. (rus)
6. Samodurova T.V., Baklanov Yu.V. Tsiklichnost' rabot po zimnemu soderzhaniyu avtomobil'nykh dorog Stroitel'stvo i arkhitektura [Cyclic maintenance of winter roads]. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo GASU*. 2014. No. 1 (33). Pp. 72–82. (rus)
7. Matthews L., Andrey J., Hambly D., Minokhin I. Development of a flexible winter severity index for snow and ice control. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2017. V. 31 No. 3. DOI: 10.1061 / (ASCE) CR.1943-5495.0000130.
8. Suggett J., Hadayegi Al., Mills B., Andrey J., Leach G. Development of winter severity indicator models for Canadian winter road maintenance. *Transportation Association of Canada*. 2006.
9. Juga I., Nurmi P., Hippi M. Statistical modeling of wintertime road surface friction. *Meteorological Applications*. 2013. V. 20. Pp. 318–329.
10. Andersson A., Chapman L. The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden. *Meteorological Applications*. 2011. V. 18. Pp. 125–136.
11. Kobysheva N.V., Khayrullina K.Sh., Eds. Encyclopedia of climatic resources of the Russian Federation. St.-Petersburg: Gidrometizdat, 2005. 320 p. (rus)
12. Chien S., Meegoda J., Luo J., Corrigan P., Zhao L. Road weather information system statewide implementation plan. In: Final Report. New York State Department of Transportation, 2014. Available: www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/trans-r-and-d-repository/C-11-54%20Final%20Report_4-2014.pdf
13. Kangas M., Heikinheimo M., Hippi M. Road Surf: a modeling system for predicting road weather and road surface conditions. *Meteorological Applications*. 2015. V. 22. Pp. 544–553. DOI: 10.1002/met.1486.
14. Troiano A., Pasero E., Mesin L. New system for detecting road ice formation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2011. V. 60. No. 3. Pp. 1091–1101. DOI: 10.1109/TIM.2010.2064910.
15. *Lufft – Traffic Weather*. Available: www.lufft.com/applications/traffic-weather-145/

16. *The Vaisala remote road surface state sensor, DSC111*. Available: www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/dsc111/
17. *Andersson A.* Winter road conditions and traffic accidents in Sweden and UK. Present and future climate scenarios. DSc Thesis, University of Gothenburg, Sweden, 2010. Available: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21547/1/gupea_2077_21547_1.pdf
18. *Vasiliev A.P., Dinges E.V., Koganzon M.S., et al.* Repair and maintenance of roads: Road Encyclopedia of Reference. Moscow: Informavtodor, 2004. 507 p. (rus)
19. *Klimat KhMAO* [Climate of Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Available: https://geografiya-hmao.blogspot.com/2011/10/blog-post_4932.html/ (rus)
20. *Bulygina O.N., Veselov V.M., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M.* Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549 [Data array on the main meteorological parameters at stations in Russia. RF Certificate of State Registration of Database N 2014620549]. Available: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (rus)
21. *Bulygina O.N., Veselov V.M., Aleksandrova T.M., Korshunova N.N.* Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620081 [Data array on atmospheric phenomena at meteorological stations in Russia. RF Certificate of State Registration of Database N 2015620081]. Available: <http://meteo.ru/data/345-atmosferye-yavleniya-sroki#описание-массива-данных> (rus)
22. *Samodurova T.V., Baklanov Yu.V.* Methodika rascheta tsiklichnosti vypolneniya rabot po zimnemu sodержaniyu avtomobil'nykh dorog [Calculation of cyclic maintenance of winter roads]. *Dorogi i mosty*. 2013. No. 30/2. Pp. 99–112. (rus)

Сведения об авторах

Киряков Евгений Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, cknr@sibmail.com

Кужевская Ирина Валерьевна, канд. геогр. наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, ivk@ggf.tsu.ru

Волкова Марина Александровна, канд. геогр. наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, mv2101@mail.ru

Нечепуренко Ольга Евгеньевна, инженер кафедры метеорологии и климатологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, o.e.nechepurenko@gmail.com

Authors Details

Evgenii I. Kiryakov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, cknr@sibmail.com

Irina V. Kuzhevskaya, PhD, A/Professor, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, ivk@ggf.tsu.ru

Marina A. Volkova, PhD, A/Professor, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, mv2101@mail.ru

Olga E. Nechepurenko, Engineer, Department of Meteorology and Climatology, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, o.e.nechepurenko@gmail.com