

УДК 625.76

**М. Т. Насковец, С. П. Мохов, С. А. Голякевич,  
Н. И. Жарков, Д. А. Кононович**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

В статье рассмотрен процесс экспериментальных исследований по определению эксплуатационных характеристик противогололедных составов на химической основе хлорида кальция. В процессе исследований определен гранулометрический состав базового фрикционного сырья, в качестве которого использован карбонат кальция. С помощью барабана Деваля оценена стойкость базового сырья в виде гранул карбоната кальция к истиранию. Исследования проводились в климатической камере с возможностью постоянного поддержания отрицательных температур для диапазона  $-(5-15)^{\circ}\text{C}$ . Концентрация хлоридов кальция в исходном сырье варьировалась в диапазоне 10–15%. В качестве лабораторного оборудования использовался барабан Деваля с шарами 50–57 мм и массой 430–445 гр; климатическая камера «Термокон ТХВ-225»; весы лабораторные; чашки Петри; ступка фарфоровая и др. По результатам исследований даны рекомендации по разработке комбинированных химико-фрикционных составов для зимнего содержания лесных автомобильных дорог и заключение о возможности использования карбонатов кальция в качестве фрикционной основы таких составов.

**Ключевые слова:** противогололедный состав, эксперимент, фракция, истираемость, обледенение, реакция, таяние, дорога, безопасность.

**M. T. Naskovets, S. P. Mokhov, S. A. Golyakevich,  
N. I. Zharkov, D. A. Kononovich**  
Belarusian State Technological University

### **EXPERIMENTAL RESEARCH OF COMBINED ANTI-ICE COMPOSITION FOR WINTER CONTENT FOREST ROADS**

The article discusses the process of experimental research to determine the operational characteristics of anti-icing compositions based on calcium chloride. In the process of research, the particle size distribution of the base friction raw material, in which calcium carbonate was used, was determined. It is believed that the calcium content of calcium for abrasion is low. The studies were carried out in a climatic chamber with the possibility of constant determination of the temperature range  $-(5-15)^{\circ}\text{C}$ . The concentration of calcium chlorides in the feedstock varied in the range of 10–15%. The Deval drum with balls of 50–57 mm and a mass of 430–445 g was used as laboratory equipment; climatic chamber "Thermocon TXV-225"; laboratory balance; petri dishes; porcelain mortar and others. Based on the research results, recommendations are given on the development of combined chemical-friction compositions for the winter maintenance of forest roads and a conclusion on the possibility of using calcium carbonates as a friction base for such compositions.

**Key words:** anti-icing composition, experiment, fraction, abrasion, icing, reaction, melting, road, safety.

**Введение.** В последние годы участились случаи дорожно-транспортных происшествий с участием сортиментовозных автопоездов. В ряде случаев они произошли в зимний период, а их причиной стала потеря управляемости машин ввиду низких сцепных свойств шин с дорогой.

Возникновение на дорожных покрытиях снежно-ледяных отложений в зимний период является неизбежным природным явлением, которое может наблюдаться в течение 2–4 месяцев. Помимо возникновения ДТП на дорогах со скользким покрытием снижаются скорости движения машин и производительность транспортных

средств. Добиться улучшения транспортно-эксплуатационного состояния лесных автомобильных дорог в настоящее время можно двумя методами: предварительной обработкой покрытий антигололедными средствами, предотвращающими образование снежно-ледяных отложений, и (или) повышением сцепных качеств образовавшихся на проезжей части дорожных одежд снежно-ледяных отложений за счет создания шероховатой поверхности фрикционными или комбинированными противогололедными средствами. Анализу противогололедных свойств комбинированных средств посвящена данная статья.

**Основная часть.** Для приготовления противогололедных материалов применяют:

- пески с модулем крупности, определяемым по ГОСТ 8735, обеспечивающие требования табл. 1 (для фрикционных противогололедных материалов – не менее 1,5; для химико-фрикционных – не менее 1,1);
- натрий хлористый по ГОСТ13830 и [1–4];
- кальций хлористый по ГОСТ450 и [5];
- рапу по [6];
- ингибиторы коррозии (фосфаты) по ГОСТ 201 и ГОСТ 23999;
- антислеживатель по [7];
- воду по СТБ 1114.

Также допускается применение других взаимозаменяемых материалов, предусмотренных технологическим регламентом, разрешенных к применению в установленном порядке и обеспечивающих соответствие противогололедного материала требованиям стандартов. На конкретный противогололедный материал могут быть приведены дополнительные показатели, отражающие его потребительские свойства.

К противогололедным материалам также предъявляются требования безопасности и охраны окружающей среды, которые, как правило, являются следствием требований, предъявляемых к их компонентам [8–10].

Каждую партию твердого химико-фрикционного противогололедного материала подвергают приемосдаточным испытаниям по следующим показателям:

- внешнему виду;
- содержанию зерен противогололедного материала;
- содержанию водорастворимых веществ;
- содержанию пылевидных и глинистых частиц;
- плавящей способности.

На кафедре лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства Белорусского государственного технологического университета проведены экспериментальные исследования нового комбинированного противогололедного состава.

При проведении исследований использованы следующие средства:

- весы лабораторные по ГОСТ 24104 с погрешностью взвешивания  $\pm 0,05$  г (рис. 1, а);
- камера морозильная, обеспечивающая поддержание температуры до минус  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  по ГОСТ 26678;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709;
- чашки Петри диаметром 95 мм по ГОСТ 25336 в количестве 15 шт. (рис. 1, б);
- бумага фильтрованная по ГОСТ 12026;
- ступка с пестиком фарфоровая по ГОСТ 9147.



Рис. 1. Весы лабораторные (а) и чашка Петри (б)

Аналитическая проба химико-фрикционного противогололедного материала массой более 100 г была высушена до постоянной массы при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  и растерта в ступке (рис. 2). Крупные частицы соли (гранулированный хлорид кальция) измельчены. Из подготовленной пробы отобраны три навески, которые термостатированы в морозильной камере при температуре  $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$  более 1 ч.



Рис. 2. Приготовление химико-фрикционного противогололедного материала

Масса навески рассчитывалась исходя из содержания химического реагента в испытываемом противогололедном материале ( $m_0 = (1,50 \pm 0,01)$  г соли на чашку Петри диаметром 95 мм).

В чашки Петри налита дистиллированная вода, по  $(40 \pm 0,1)$  г (рис. 3) в каждую, и они помещены в морозильную камеру при температуре  $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менее чем на 2 ч. После образования льда определены массы чашек со льдом  $m_1$ .

В чашках по поверхности льда распределены равномерным слоем навески противогололедного материала. Образцы выдержаны при температуре  $(-5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$  в течение 1 ч (рис. 4).

По истечении указанного времени за 30 с слита образовавшаяся жидкость. При ее наличии ледяная кашка снималась вместе с фрикционным материалом мягкой кистью. Каждая из чашек  $m_2$  с остатками льда взвешена (рис. 5).



Рис. 3. Взвешивание противогололедного материала и дистиллированной воды

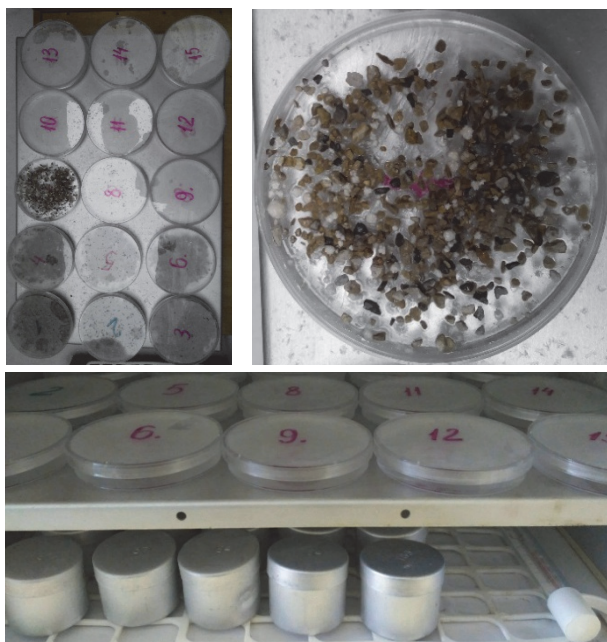


Рис. 4. Распределение противогололедного материала по поверхности льда в чашке Петри



Рис. 5. Слив образовавшейся суспензии и взвешивание остатков

Слитая из каждой чашки суспензия отфильтрована. Фильтры  $m_{\text{ф}}$  предварительно взвешены. Остатки на фильтрах промыты водой для вымывания соли и помещены вместе с фильтрами в сушильный шкаф при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  для высушивания до постоянной массы. Полученный сухой остаток взвешен вместе с фильтром  $m_3$  и определена разница масс  $m_4$  (г) до и после высушивания по формуле  $m_4 = m_3 - m_{\text{ф}}$ .

Плавящая способность  $q$  химических противогололедных материалов определена по формулам согласно СТБ 1158-2008 и приведена в табл. 1. За результат испытания принято среднеарифметическое значение трех определений.

Для обеспечения требований СТБ 1158-2013 необходимая концентрация хлорида кальция в противогололедной смеси должна составлять не менее 30%.

С целью уточнения эксплуатационных характеристик создаваемого противогололедного состава при его использовании в условиях более низких температур (табл. 2) были проведены дополнительные исследования, в которых для поддержания постоянной отрицательной температуры использовалась лабораторная климатическая камера «Термокон ТХВ-225» (рис. 6).



Рис. 6. Лабораторная климатическая камера «Термокон ТХВ-225»

Методика проведения исследований аналогична рассмотренной выше, однако оценка плавильной способности противогололедного состава проводилась при концентрации хлорида кальция, равной 10, 20 и 30% при температурах:  $-5$ ,  $-7,5$ ,  $-10$  и  $-15^\circ\text{C}$ .

Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о значительной нелинейности изменения плавильной способности противогололедной смеси с изменением концентрации хлорида кальция в ней и изменении отрицательной температуры. Графические данные приведены на рис. 7 и 8.

Анализ показывает, что значительное нелинейное снижение плавящей способности противогололедного состава при уменьшении концентрации хлорида кальция зачастую обусловлено спецификой гранулометрического состава фрикционной составляющей. При концентрации хлорида кальция около 10% выявлены случаи неполного вступления в реакцию реагента по причине его «зависания» на фрикционной составляющей противогололедного состава (рис. 7).

Таблица 1

## Результаты исследований противогололедных материалов различной концентрации

Содержание реагента, %	№ бюксы	Масса бюксы	Масса навески	Масса реагента, $m_0$ , г	№ чашки	Масса чашки (пустой), г	Масса чашки с водой	Масса чашки со льдом и реагентом, г	Масса чашки с остатками льда, г	Расчетная масса, г	$q$
10	111	22,13	37,17	15,04	1	7,76	47,84	62,88	60,89	1,99	1,33
	131	21,04	36,03	14,99	2	6,82	46,84	61,83	59,8	2,03	1,35
	132	20,36	35,37	15,01	3	7,35	47,35	62,36	60,34	2,02	1,35
15	133	21,11	31,11	10,00	4	6,83	46,83	56,83	54,69	2,14	1,43
	134	21,53	31,53	10,00	5	7,34	47,34	57,34	55,24	2,1	1,40
	137	21,02	31,02	10,00	6	7,73	47,76	57,76	55,57	2,19	1,46
20	140	21,31	28,82	7,51	7	6,89	46,92	54,43	51,84	2,59	1,73
	142	21,07	28,58	7,51	8	7,34	47,34	54,85	52,37	2,48	1,65
	154	21,47	28,98	7,51	9	6,82	46,82	54,33	51,83	2,5	1,67
25	157	21,81	27,81	6,00	10	7,73	47,74	53,74	49,64	4,1	2,73
	162	21,41	27,41	6,00	11	6,89	46,89	52,89	48,87	4,02	2,68
	164	21,24	27,25	6,00	12	7,34	47,34	53,34	49,4	3,95	2,63
30	165	21,34	26,34	5,00	13	6,82	46,82	51,82	43,96	7,86	5,24
	186	21,41	26,41	5,00	14	7,73	47,73	52,73	45,49	7,24	4,83
	189	21,78	26,78	5,00	15	6,88	46,88	51,88	44,28	7,6	5,07

Таблица 2

## Результаты исследований противогололедных материалов при различных температурах

Температура, °С	№ бюксы	Масса бюксы без крышки, г	Масса навески, г	Масса реагента, $m_0$ , г	№ чашки	Масса чашки (пустой), г	Масса чашки с водой, г	Масса чашки со льдом и реагентом, г	Масса чашки с остатками льда, г	Расчетная масса, г	$q$
-5	140	13,86	28,82	5,00	7	6,89	46,92	51,46	43,74	7,72	5,15
	142	13,76	28,58	5,00	8	7,34	47,34	52,14	44,28	7,86	5,24
	159	13,69	28,98	5,00	9	6,82	46,82	51,50	44,90	6,60	4,40
-7,5	168	13,89	27,81	5,00	10	7,73	47,74	52,33	47,58	4,75	3,16
	162	13,98	27,41	5,00	11	6,89	46,89	50,66	45,76	4,90	3,26
	1684	13,76	27,25	5,00	12	7,34	47,34	51,96	46,87	5,09	3,39
-10	111	13,8	37,17	5,00	1	7,76	47,84	52,2	48,07	4,13	2,75
	131	13,58	36,03	5,00	2	6,82	46,84	51,45	48,15	3,30	2,20
	132	13,39	35,37	5,00	3	7,35	47,35	52,04	48,18	3,86	2,57
-15	182	13,96	31,11	5,00	4	6,83	46,83	51,45	49,36	2,09	1,39
	154	13,83	31,53	5,00	5	7,34	47,34	51,88	49,45	2,43	1,62
	137	13,99	31,02	5,00	6	7,73	47,76	52,26	50,03	2,23	1,49

Для оценки эксплуатационной эффективности фрикционной составляющей противогололедного материала проведено уточнение гранулометрического состава материала. Для осуществления анализа физико-механических свойств материала уточнили гранулометрический состав материала для фракций 1,5–3,0 мм и 3,0–5,0 мм. Анализ производился с предварительной промывкой материала водой и определением содержания пылевидных и глинистых частиц [11–14]. Результаты испытаний представлены в табл. 3 и табл. 4.

Средства контроля и вспомогательного оборудования:

- весы настольные по ГОСТ 29329;
- шкаф сушильный;
- сита с отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции.

Для испытаний использовались лабораторные пробы массой  $m = 1,0$  кг. Проба материала помещалась в заранее взвешенную цилиндрическую емкость, смачивалась водой и взмучивалась.



Рис. 7. Зерна реагента, не вступившие в реакцию через 1 ч нахождения состава в камере при концентрации реагента 10%

Вода с неосевшими частицами слита сквозь сито с отверстиями диаметром 0,1 мм. Взмучивание и сливание производится до полного осветления. Частицы материала, оставшиеся на сите, смыты обратно в цилиндрическую емкость. Промытая проба высушена в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния. Затем произведено взвешивание и определение содержания пылевидных частиц.

Работа фрикционной составляющей противогололедного материала неразрывно связана с

его сопротивлением истираемости, что потребовало дополнительных экспериментальных исследований.

Взвешенная проба материала помещалась на верхнее сито и просеивалась через набор сит. После чего определялась масса каждой фракции.



Рис. 8. Определение гранулометрического состава

Истираемость – уменьшение массы или объема образца (пробы) материала под воздействием истирающих усилий. Для определения прочности материала на истирание использовался барабан Деваля (рис. 9) [15].

Для испытания отобрана проба материала массой 5 кг. Материал предварительно промыт и высушен до постоянной массы.

Подготовленная проба загружена в цилиндр вместе с шестью стальными шарами диаметром 50–57 мм и массой 430–445 г. каждый.

Таблица 3

#### Результаты испытания материала гранулометрического состава 1,5–3,0 мм

Наименование показателя	Диаметр отверстия сита, мм					
	7	5	3	2	1	Поддон
	Размер фракции материала					
	>7	7–5	5–3	3–2	2–1	<1
Масса тары, г	–	79,55	326,7	96,32	104,28	113,73
Масса тары с материалом, г	–	100,85	996,83	282,65	193,18	115,22
Масса грунта, г	–	21,30	670,13	186,33	88,90	1,49
Содержание фракции, %	–	2,20	69,22	19,24	9,18	0,16

Таблица 4

#### Результаты испытания материала гранулометрического состава 3–5 мм

Наименование показателя	Диаметр отверстия сита, мм					
	7	5	3	2	1	Поддон
	Размер фракции материала					
	>7	7–5	5–3	3–2	2–1	<1
Масса тары, г	91,44	79,54	104,54	96,33	104,21	113,64
Масса тары с материалом, г	92,88	641,5	515,14	98,11	104,72	114,90
Масса грунта, г	1,44	561,98	410,60	1,84	0,51	1,31
Содержание фракции, %	0,15	57,48	42,00	0,19	0,05	0,13



Рис. 9. Общий вид барабана Девалья

Цилиндр закрывается крышкой и приводится во вращение. Он должен совершить 10 000 оборотов. Исследуемый материал выгружают в отдельную емкость, а затем просеивают через сито с отверстиями 2 мм и промывают водой. Остаток на сите высушивается до постоянной массы и взвешивается с точностью до 10 г.

Истираемость материала  $H$ , %, вычисляется по формуле

$$H = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100,$$

где  $m$  – масса пробы материала, г;  $m_1$  – масса материала после испытания, г.

Истираемость материала считается очень большой при потерях его массы свыше 8%, большой – 6–8%, малой 4–6% и очень малой 4%.

1. Скорость вращения и обработка  $n = 34$  об/мин

2. Для свершения 10 000 оборотов необходимо 4 ч 54 мин.

3. Масса материала с чашей – 6382 г.

4. Масса чаши – 1490 г.

5. Масса материала  $m = 4,890$  г.

После 10 000 оборотов цилиндра и просеивания материала через сито ячейкой 2 мм получены:

масса остатка материала

$$m_1 = 3760 \text{ г};$$

истираемость материала

$$H = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 = \frac{4890 - 3760}{4890} \cdot 100 = 23,11\%.$$

Согласно критериям материалы с величиной  $H$  больше 8% имеют высокую истираемость.

### Литература

1. Борьба с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Г. В. Бялобжеский [и др.]. М.: Транспорт, 1975. 112 с.
2. Danielson U. Comment optimiser l'entretien des routes en hiver: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 1. P. 88–90.
3. Olander J. Winter Index by using RWI and MESAN: XI International Winter Road Congress, Sapporo, Japan, 28–31 January 2002. Sapporo, 2002. P. 105–108.

**Заключение.** Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что узкофракционированная крупа известняковых материалов, в частности доломитов с высоким содержанием  $\text{CaCO}_3$ , может рассматриваться в качестве составной части противогололедных составов для зимнего содержания автомобильных дорог. При этом следует провести ряд лабораторных исследований по определению истираемости данной узкофракционной крупы с получением данных об объемном либо массовом образовании пылеватых частиц, которые снижают сцепление колес с поверхностью движения.

В результате проведения научных исследований разработаны противогололедные составы и технологии их приготовления на основе узкофракционированной крупы известняковых материалов с учетом условий применения. Выполнены комплексные исследования технологических параметров и оптимизированы составы с учетом результатов испытаний. Проведен авторский контроль за изготовлением опытной партии.

В процессе исследований анализировались требования нормативно-правовых актов, регламентирующих использование противогололедных материалов, методики определения их плавающей способности, гранулометрического состава, истираемости и насыпной плотности исходного материала.

Установлено, что приемлемую плавающую способность исходный материал, основанный на узкофракционированной крупе известняковых материалов, обеспечивает лишь при 30%-ном содержании солей хлористого кальция. Истираемость материала повышена и составляет 23%. Материалы с такой истираемостью могут успешно применяться на пешеходных дорожках и дорогах с невысокой интенсивностью движения.

Установлен фракционный состав исходного материала, который имеет следующие показатели: частицы более 7 мм – менее 0,15%, 5–7 мм – 57,48%, 3–5 мм – 42,00%, до 3 мм суммарно не более 0,37%. Таким образом, данный узкофракционный состав по своему гранулометрическому составу может применяться как противогололедный материал без ограничений.

4. Васильев А. П., Ушаков В. В. Анализ современного зарубежного опыта зимнего содержания дорог и разработка предложений по его использованию в условиях России. М.: ФГУП «ИНФОРМ-АВТОДОР», 2003. 60 с.
5. Arkko Valtonen J., Mustonen J. How to reduce street dust in Spring: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 3. P. 112–113.
6. Laurihavicius A., Cygas D. Winter maintenance problems on the streets of Lithuanian cities. “X PIARC International Winter Road Congress”: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 3. P. 133–135.
7. Deshenes Daniel. Technological innovations supporting winter maintenance in Quebec: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 3. P. 62–64.
8. Dobosi T., Timar A., Toth S. Realisation des taches d'exploitation des routes publiques nationaux en hiver dans la forme de societe. “Mise en parallelede la pratique hongroise et celle de l'union Europeen” X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 1. P. 32–34.
9. Berichte Bast V. Оценка опасности применения противогололедных солей (Германия). 1995. № 21. С. 13–16.
10. Keranen P. F. Optimization of winter maintenance in the Minneapolis. “St. Paul Metropolitan area using performance targets”: XI International Winter Road Congress, Sapporo, Japan, 28–31 January 2002. Sapporo, 2002. P. 26–30.
11. Снег: справ. / под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Мэйла. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 751 с.
12. Зимнее содержание автомобильных дорог / Г. В. Бялобжеский [и др.]. М.: Транспорт, 1983. 197 с.
13. Расников В.П. Зимнее содержание автомобильных магистралей // Автомобильные дороги: обзор. информ. / ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. М., 1985. Вып. 4. 24 с.
14. Максименко К. Д. Применение нагретых фрикционных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог: автореф. дис... канд. техн. наук. СПб., 2005. С. 20.
15. Kaufmann D. W., Sodium Chloride. American Society. 1960. 140 p.

#### References

1. Byalobzheskiy G. V., Derbneva M. M., Mazopova V. I., Rudakov L. M. *Bor'ba s zimney skol'zkost'yu na avtomobil'nykh dorogakh* [Winter slippery on roads]. Moscow, Transport Publ., 1975. 112 p.
2. Danielson U. Comment optimizer l'entretien des routes en hiver: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998, vol. 1, pp. 88–90.
3. Olander J. Winter Index by using RWI and MESAN: XI International Winter Road Congress, Sapporo, Japan, 28–31 January 2002. Sapporo, 2002, pp. 105–108.
4. Vasil'yev A. P., Ushakov V. V. *Analiz sovremennogo zarubezhnogo opyta zimnego sodержaniya dorog i razrabotka predlozheniy po ego ispol'zovaniyu v usloviyakh Rossii* [Analysis of modern foreign experience in winter road maintenance and development of proposals for its use in Russia]. Moscow, INFORMAVTODOR Publ., 2003. 60 p.
5. Arkko Valtonen J., Mustonen J. How to reduce street dust in Spring: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998, vol. 3, pp. 112–113.
6. Laurihavicius A., Cygas D. Winter maintenance problems on the streets of Lithuanian cities: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998, vol. 3, pp. 133–135.
7. Deshenes Daniel. Technological innovations supporting winter maintenance in Quebec: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998, vol. 3, pp. 62–64.
8. Dobosi T., Timar A., Toth S. Realisation des taches d'exploitation des routes publiques nationaux en hiver dans la forme de societe. Mise en parallelede la pratique hongroise et celle de l'union Europeen: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16–19 march 1998. Lulea, 1998, vol. 1, pp. 32–34.
9. Berichte Bast V. *Otsenka opasnosti primeneniya protivogolelednykh soley (Germaniya)* [Hazard assessment of deicing salts (Germany)]. 1995, no. 21, pp. 13–16.
10. Keranen P. F., Optimization of winter maintenance in the Minneapolis. St. Paul Metropolitan area using performance targets: XI International Winter Road Congress, Sapporo, Japan, 28–31 January 2002. Sapporo, 2002, pp. 26–30.
11. *Sneg* [Snow]. Ed. by D. M. Grey, D. Kh. Meyl. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1986. 751 p.

12. Byalobzheskiy G. V., Dyunin A. K., Plaksa L. N., Rudakov L. M., Utkin B. V. *Zimneye sodержaniye avtomobil'nykh dorog* [Winter road maintenance]. Moscow, Transport Publ., 1983. 197 p.

13. Rasnikov V. P. Winter road maintenance. *Avtomobil'nyye dorogi* [Car roads]. Moscow, issue 4, 1985. 24 p.

14. Maksimenko K. D. *Primeneniye nagretykh friktsionnykh materialov pri zimnem sodержanii avtomobil'nykh dorog. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [The use of heated friction materials in the winter maintenance of roads. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. SPb., 2005. 20 p.

15. Kaufmann D.W., Sodium Chloride. American Society. 1960. 140 p.

### Информация об авторе

**Голякевич Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gsa@belstu.by

**Жарков Николай Иванович** – кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь) E-mail: zharkov@belstu.by

**Кононович Денис Александрович** – ассистент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: denkon\_92@mail.ru

**Насковец Михаил Трофимович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: naskovets@belstu.by

**Мохов Сергей Петрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: lmitlz@belstu.by

### Information about the authors

**Golyakevich Sergey Aleksandrovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gsa@belstu.by

**Zharkov Nikolay Ivanovich** – PhD (Engineering), Leading Engineer, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zharkov@belstu.by

**Kononovich Denis Aleksandrovich** – assistant lecturer, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: denkon\_92@mail.ru

**Mokhov Sergey Petrovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lmitlz@belstu.by

**Naskovets Mikhail Trofimovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: naskovets@belstu.by

Поступила 27.09.2019