

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-04>

УДК: 625.768.5:65.012.12

МРНТИ: 73.31.11

Обоснование факторов, влияющих на формирование снежных отложений на полосе отвода автомобильных дорог

*¹Киялбай С.Н., ¹Байзак Б.Т.

¹Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан
*Автор-корреспондент e-mail: sanina8@mail.ru

Поступила:
01 октября 2024
Рецензирование:
30 ноября 2024
Принята в печать:
03 декабря 2024

Аннотация

В данной статье приведены сведения о снегозаносах на автомобильных дорогах Казахстана, проанализированы физико-механические свойства снега и снежно-ледяных образований. Особое внимание уделено изменению механики снега в зависимости от температуры воздуха, скорости и направления ветра, также проанализированы плотность и пористость снежных отложений. Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований установлены основные факторы, определяющие образование снегоотложений на земляном полотне дороги, такие как: метелевый режим, высота снежного покрова, элементы земляного полотна, природный фактор (рельеф местности, по которому проходит дорога, наличие растительности и т.д.). По определению авторов, образование снежного наката больше всего происходит вследствие термодинамической неустойчивости зерен снега. Кроме того на изменение механики снега большое внимание оказывает температура и влажность атмосферного воздуха в зависимости от климатического региона местности. Авторы также подчеркивают, что снежный покров уплотняется под действием динамической нагрузки, передаваемой от движущихся транспортных средств и подвергается многократному прессующему воздействию, в результате этого образуется уплотненный слой снега, который гораздо плотнее и тверже, чем снежный покров. В статье проанализированы эти факторы и результаты сведены в таблицу. Результатом данной статьи являются практические рекомендации и технические требования к зимнему содержанию автомобильных дорог с учетом механики снега и климатических условий региона.

Ключевые слова: зимнее содержание автодорог, земляное полотно, снежные отложения, снежно-ледяной накат, плотность и пористость снега, влажность и температура воздуха.

Киялбай С.Н.

Информация об авторах:
Кандидат технических наук, кафедра «Транспортное строительство и производство строительных материалов», Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3880-2773>. E-mail: sanina8@mail.ru

Байзак Б.Т.

магистрант образовательной программы 7М07314 – «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» кафедры «Транспортное строительство и производство строительных материалов», Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7508-7393>. E-mail: batyrzhan11999999@gmail.com

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-04>

ӘОЖ: 625.768.5:65.012.12

ҒТАМР: 73.31.11

Әсер ететін факторларды негіздеу қатар қатарында қар қойынының қалыптасуы***¹Киялбай С.Н., ¹Байзақ Б.Т.**¹Л.Б.Гончаров ат. Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы, Қазақстан*Автор-корреспондент: e-mail: sanina8@mail.ru

Мақала келді:
01 қазан 2024
Сараптамадан өтті:
30 қазан 2024
Қабылданды:
03 желтоқсан 2024

Түйіндеме

Бұл мақалада Қазақстан жолдарындағы қар үйінділері туралы ақпарат берілген, қар және қар-мұзды түзілімдердің физикалық-механикалық қасиеттері талданған. Ауа температурасына, жел жылдамдығы мен бағытына байланысты қар механикасының өзгеруіне ерекше назар аударылады, сонымен қатар қар шөгінділерінің тығыздығы мен кеуектілігі талданады. Осылайша, теориялық және тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде жол төсемінде қар шөгінділерінің пайда болуын анықтайтын негізгі факторлар анықталды, олар: қарлы боран жағдайы, қар жамылғысының биіктігі, жол төсемінің элементтері, табиғи факторлар (жолдың бойымен өтетін жер бедері, өсімдіктердің болуы және т.б.). Авторлардың пікірінше, қар жамылғысының пайда болуы көбінесе қар түйіршіктерінің термодинамикалық тұрақсыздығына байланысты болады. Сонымен қатар, ауданның климаттық аймағына байланысты атмосфералық ауаның температурасы мен ылғалдылығы қар механикасының өзгеруіне үлкен әсер етеді. Сондай-ақ, авторлар қар жамылғысының қозғалатын көліктерден берілетін динамикалық жүктемелердің әсерінен тығыздалатынын және бірнеше рет басу әрекетіне ұшырайтынын, нәтижесінде қар жамылғысынан әлдеқайда тығыз және қаттырақ тығыздалған қар қабатының пайда болатынын атап көрсетеді. Мақалада осы факторлар талданады және нәтижелер кестеде жинақталады. Осы мақаланың нәтижесі облыстың қар механикасы мен климаттық жағдайларын ескере отырып, жолдарды қысқы күтіп ұстау бойынша практикалық ұсыныстар мен техникалық талаптар болып табылады.

Түйін сөздер: жолдарды, жол төсемін, қар шөгінділерін, қапталған қар мен мұзды, қардың тығыздығы мен кеуектілігін, ауаның ылғалдылығын және температурасын қысқы күтіп ұстау.

Киялбай С.Н.**Авторлар туралы ақпарат:**

Техникалық ғылымдар кандидаты Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3880-2773>. E-mail: sanina8@mail.ru

Байзақ Б.Т.

«Көлік құрылысы және құрылыс материалдарының өндірісі» кафедрасының 7М07314 – «Автомобиль жолдары мен аэродромдар құрылысы» білім беру бағдарламасының магистранты. Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7508-7393>. E-mail: batyrzhan11999999@gmail.com

Technical Sciences. Architecture and Construction

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-04>

UDC: 625.768.5:65.012.12

IRSTI: 73.31.11

Ustification of factors affecting formation of snow deposits on the row row***¹Kiyalbay S.N., ¹Baizak B.**¹Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B.Goncharov, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author e-mail: sanina8@mail.ru

Received:
01October2024
Peer-reviewed:
30October2024
Accepted:
03December2024

Abstract

This article provides information about snowdrifts on the roads of Kazakhstan, the physical and mechanical properties of snow and snow-ice formations are analyzed. Particular attention is paid to the change in snow mechanics depending on air temperature, wind speed and direction, and the density and porosity of snow deposits are also analyzed. Thus, as a result of theoretical and experimental studies, the main factors determining the formation of snow deposits on the roadbed were established, such as: snow-storm conditions, snow cover height, roadbed elements, natural factors (terrain along which the road passes, presence of vegetation, etc.). According to the authors, the formation of snowpack occurs mostly due to the thermodynamic instability of snow grains. In addition, the temperature and humidity of the atmospheric air, depending on the climatic region of the area, have a great influence on the change in snow mechanics. The authors also emphasize that the snow cover is compacted under the action of dynamic loads transmitted from moving vehicles and is subjected to repeated pressing action, resulting in the formation of a compacted snow layer, which is much denser and harder than the snow cover. The article analyzes these factors and summarizes the results in a table.

The result of this article is practical recommendations and technical requirements for winter maintenance of roads, taking into account snow mechanics and climatic conditions of the region.

Keywords: winter maintenance of roads, roadbed, snow deposits, packed snow and ice, snow density and porosity, air humidity and temperature.

Kiyalbay S.N.

Information about authors:

Candidate of Technical Sciences, Kazakh Automobile and Road Institute named after. Goncharova, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3880-2773>. E-mail: sanina8@mail.ru

Baizak B.

Master's student of the educational program 7M07314 - "Construction of highways and airfields" of the department "Transport construction and production of building materials" Kazakh Automobile and Road Institute named after. Goncharova, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7508-7393>. E-mail: bayrzhan11999999@gmail.com

Введение

Наиболее сложным периодом обслуживания автомобильных дорог является зимний период времени, который можно исчислять со дня появления строительных отрицательных температур воздуха до полного оттаивания замерзшего грунта весной [1].

Со дня появления отрицательных температур воздуха до начала установления устойчивого снежного покрова происходит переход дороги из летних условий в зимние. Этот период можно условно считать входным периодом. Установления устойчивого снежного покрова осенью до полного окончания схода снежного покрова весной дорога работает в условиях систематических отрицательных температур и снежного покрова. Этот период можно считать штатным периодом зимы. В связи с этим к зимнему содержанию автомобильных дорог общего пользования в автодорожной отрасли Казахстана предъявляются высокие требования, которые приведены в таблице 1 [2].

При проходе автомобиля создается ветровой импульс продолжительностью T_l , в течение которого скорость ветра изменяется от скорости автомобиля до нуля.

При высокой влажности и отрицательной температуре в приземном воздухе до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ содержится намерзшая вода в виде капель диаметром около 2 мм. Чем холоднее воздух, тем меньше диаметр незамерзших частиц: при $T_{\text{в}} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воздухе взвешены частицы воды диаметром около 0,3 мм. При $T_{\text{в}} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ парообразная влага представляет собой переохлажденный туман.

Таблица 1. Технические требования к зимнему содержанию автодорог

Народнохозяйственное и административное значение дорог	Интенсивность движения, авт/сут	Минимальная ширина полностью очищенной поверхности проезжей части $B_{\text{ч}}, \text{м}$	Максимальная толщина слоя рыхлого снега на поверхности проезжей части $h_{\text{рых}}, \text{м}$	Допустимая толщина уплотненного слоя снега на покрытии $h_{\text{пл}}, \text{мм}$	Допустимая толщина уплотненного снега на обочинах $h_{\text{об}}, \text{мм}$	Максимальный срок окончания снегоочистки и ликвидации гололеда и зимней скользкости $t_{\text{д}}, \text{ч}$
Дороги общегосударственного и республиканского значения	Более 7000	На всю ширину	10	-	-	3
	3000-7000	7,5	20	-	50	4
	1000-3000	7	25	-	60	5
	500-1000	6	30	-	70	6
	200-500	6	35	-	80	8
Дороги областного значения, дороги местного значения с регулярным автобусным движением в зимний период	Более 7000	7,5	20	-	-	3
	3000-7000	7	30	-	60	4
	1000-3000	6	40	-	70	5
	500-1000	5	60	-	80	6
	До 500	3	70	50	100	10
Дороги местного значения непрерывного действия без автобусного движения	200-500	-	70	70	120	12
	До 200	-	80	100	150	16

ния						
Дороги местного значения с допусаемым кратковременным перерывом движения	Движение не регулярное	-	-	100-150	180-200	48

Методы

Образование снежного наката больше всего происходит вследствие термодинамической неустойчивости зерен снега. Это позволяет снегу, находясь в напряженном состоянии, претерпевать быстрые изменения под воздействием температуры или при увлажнении. Снежный покров уплотняется под действием проходящих транспортных средств, подвергаясь многократному прессующему воздействию. В результате этого образуется уплотненный слой снега, который гораздо плотнее и тверже, чем снежный покров (рис. 1). При проходе автомобиля создается ветровой импульс продолжительностью T_I , в течение которого скорость ветра изменяется от скорости автомобиля до нуля.

Плотность и пористость снега. Снег представляет собой пористую массу, состоящую из относительно прочных, но слабо связанных между собой кристаллов и зерен, между которыми содержится воздух. Отношение объема воздуха, заключенного в образце снега, к общему объему этого образца называется пористостью снега.

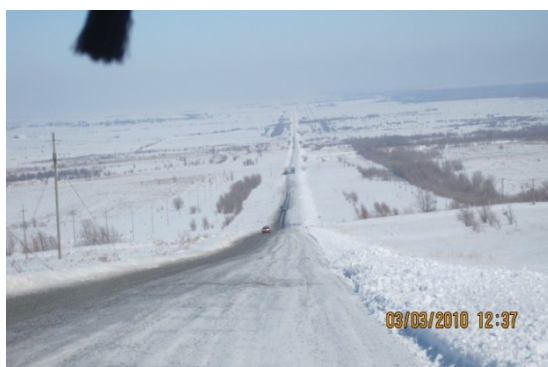


Рисунок 1. Образование снежного наката на автодорогах, проходящие степной местности (Восточный Казахстан) [3]

Для сухого снега [3]

$$n = 1 - p_{сн}/p_l \quad (1)$$

где $p_{сн}$ — плотность снега; $p_l = 917 \text{ кг/м}^3$ — плотность кристаллов льда.

Во влажном снеге поры между кристаллами льда частично заполнены водой. Отношение объема воздуха, заключенного в снеге, к общему объему, или воздушная пористость влажного снега, составляет [4]:

$$N_{возд} = 1 - p'/p_l(1 - 0,083 \cdot W), \quad (2)$$

где p' – плотность влажного снега (суммарная масса кристаллов льда и воды в единице объема); W – влажность снега, определяемая как отношение массы воды к общей массе снега, включая массу кристаллов льда и воды.

Результаты

Средние значения плотности и пористости различных видов снега представлены в таблице 2.

Таблица 2. Плотность и пористость снега

Вид снега	Плотность ρ , кг/м ³	Пористость n
<i>Свежий снег</i>		
рыхлый, пушистый	10-30	0,99-0,97
порошкообразный	30-60	0,97-0,93
слабо уплотненный ветром	60-100	0,93-0,89
сильно уплотненный ветром	100-300	0,89-0,67
<i>Слежавшийся снег</i>		
снег-плавун	200-300	0,78-0,67
сухой осевший	200-400	0,78-0,56
мокрый осевший	400-550	0,70-0,50
сухой фирнизированный	400-700	0,56-0,24
мокрый фирнизированный	600-800	0,50-0,20

По физико-механическим свойствам снежно-ледяные образования резко отличаются друг от друга, что объясняется различными условиями их формирования и развития. Плотность – один из наиболее важных показателей физико-механических свойств снежно-ледяных образований, так как с ней непосредственно связаны все другие свойства.

Снежный покров – одна из разновидностей снежно-ледяных образований, которые могут формироваться на полотне автомобильных дорог. Наблюдения показывают, что в различных районах Сибири плотность снежного покрова различна. Даже в одних и тех же районах плотность изменяется в зависимости от погоды, времени выпадения снега и периода его существования. Плотность снежного покрова, сформированного из свежеснежавшего снега при безветренной погоде, зависит от типа снега. Для пушистого снега плотность равна 10-40 кг/м³, для игольчатого – 10-20 кг/м³. Снежный покров, переотложенный ветром, имеет плотность 200-300 кг/м³, иногда до 450 кг/м³. В результате схода лавин образуются лавинные отложения или мощные завалы высотой до 25-30 м, плотность которых достигает 600-700 кг/м³.

Обсуждения и выводы

В нашем случае целесообразней было бы климатическое районирование осуществить с учетом влажности воздуха, т.к. при одинаковой температуре воздуха в различных климатических зонах относительная влажность может колебаться в значительных пределах. Например, по метеорологическим данным при температуре воздуха -5 °С в Шымкенте относительная влажность достигает до 89 %, тогда как в Усть-Каменогорске этот показатель составляет 62-67 %, Петропавловске – 56-60 %, в Алматы – до 86 % и т.п..

Неоднородность распространения и формирования снежно-ледяных образований, как в пространстве, так и во времени, связано не только с вышеперечисленными особенностями, но и с конкретными дорожными условиями: типом дорожного покрытия, уклоном местности, поперечным профилем земляного полотна и расположения лесопосадков по ширине полосы отвода дороги.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Киялбай С.Н., Байзақ Б.Т. Обоснование факторов, влияющих на формирование снежных отложений на полосе отвода автомобильных дорог. Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 35-41. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-04>

Citethisarticleas: Bondar IS, Nugumanov NK. Obosnovanie faktorov, vliyayushchih na formirovanie snezhnyh otlozhenij na polose otvoda avtomobil'nyh dorog [Ustification of factors affecting formation of snow deposits on the row row]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo institute = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 35-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-04>

Литература

- [1] Метрологический справочник по климатическим условиям Казахстана. Ежегодник. Алматы: Гидрометреиздат. 2016, 356.
- [2] Кингери У.Д. Лед и снег. Москва: Мир. 1996, 480.
- [3] Киялбаев А.К., Киялбай С.Н. Эксплуатация автомобильных дорог. Учебное пособие. Москва-Алматы: МААДО, КазаДИ. 2017, 343.
- [4] ПР РК 218-64-2017 Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах общего пользования. Астана: Минтранском РК. 2016, 96.
- [5] New friction measuring device – for driving winter. Nordic road and transport research. 2000; 2:11-12.

References

- [1] Metrologicheskij spravochnik po klimaticheskim usloviyam Kazahstana [Metrological reference book on climatic conditions of Kazakhstan]. Ezhegodnik = Yearbook. Almaty: Gidrometreizdat. 2016, 356. (in Russ.).
- [2] Kingeri UD. Led i sneg [Ice and snow]. Moskva: Mir. 1996, 480. (in Russ.).
- [3] Kiyalbaev AK, Kiyalbaj SN. Ekspluatatsiya avtomobil'nyh dorog [Operation of motor roads. Study guide]. Uchebnoe posobie. Moskva-Alamaty: MAADO, KazADI. 2017, 343. (in Russ.).
- [4] PR RK 218-64-2017 Instruksiya po bor'be s zimnej skol'zkost'yu na avtomobil'nyh dorogah obshchego pol'zovaniya [Instructions for combating winter slipperiness on public roads]. Astana: Mintranskom RK. 2016, 96. (in Russ.).
- [5] New friction measuring device – for driving winter. Nordic road and transport research. 2000; 2:11-12.