

УДК 551.582.2/625.8

ОБОСНОВАНИЕ СРЕДНЕЙ ГЛУБИНЫ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Горячев Михаил Геннадьевич д-р техн. наук, проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, kafedra_sed@mail.ru,

Яркин Сергей Васильевич, инженер,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, kafedra_sed@mail.ru,

Аннотация. По заданию Государственного комитета Республики Башкортостан по транспорту и дорожному хозяйству специалистами МАДИ начата разработка стандарта организации на типовые конструкции нежестких дорожных одежд для региональных и межмуниципальных автомобильных дорог. Протяжённость дорог регионального или межмуниципального Республики Башкортостан составляет 13665,1 км или 28,28% от всех дорог общего пользования, расположенных на её территории.

При разработке проектов на строительство и реконструкцию автомобильных дорог в Республике Башкортостан во многом опираются на внутренние территориальные нормативные документы. В задании на проектирование Заказчик вправе указывать перечень тех нормативных документов, в соответствии с которыми следует выполнить проектирование дороги, в том числе дорожных одежд. Применяются на практике территориальные строительные нормы по климатологии, содержащие значительно более детализированные сведения о климатических факторах, чем это описано в иных нормативных документах. Специалистами МАДИ выполнено дорожно-климатическое районирование Республики Башкортостан для расчёта дорожных одежд на морозоустойчивость.

Ключевые слова: глубина промерзания; дорожно-климатическое районирование; дорожные одежды.

SUBSTANTIATION OF THE MIDDLE DEPTH OF FROZEN SOIL AT ROAD-CLIMATIC ZONING OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN FOR DESIGN OF PAVEMENTS

Goryachev Mihail G., Dr. Sc., professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, kafedra_sed@yadi.ru

Yarkin Sergey V., engineer
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, kafedra_sed@yadi.ru

Abstract. On the instructions of the State Committee for Transport and Road Facilities of the Republic of Bashkortostan, MADI specialists began the development of an organization standard for standard designs of flexible pavements for regional and intermunicipal roads. The length of the roads of the regional or inter-municipal Republic of Bashkortostan is 13665.1 km or 28.28% of all public roads located on its territory.

When developing projects for the construction and reconstruction of roads in the Republic of Bashkortostan, they rely largely on internal territorial regulatory documents. In the design task, the Customer has the right to indicate the list of those regulatory documents in accordance with which the design of the road should be performed, including the pavements. Territorial building codes on climatology are applied in practice, containing significantly more detailed information about climatic factors than is described in other regulatory documents. MADI specialists performed road-climatic zoning of the Republic of Bashkortostan for calculating pavements for frost resistance.

Keywords: freezing depth; road-climatic zoning; pavements.

Введение

Территория Республики Башкортостан расположена в 1-й подзоне III дорожно-климатической зоны со средней глубиной промерзания 170 см [1, 2]. В то же время довольно большая территория Республики Башкортостан характеризуется значительным размахом значений ряда климатических параметров.

Территориальные строительные нормы [7] содержат информацию о климатических параметрах в 34 поселениях Республики Башкортостан, в том числе: Стерлитамаке, Туймазах, Бирске, Баймаке, Мраково, Верхнеяркеево, что по сравнению с географией пяти поселений, сведения о климате которых содержатся в СП 131.13330.2012: Белорецка, Дувана, Мелеуза, Уфы, Янаула [6].

В ТСН 23-357-2004 приведены статистические сведения о многих климатических физических параметрах, основные из которых следующие [7]:

- температура воздуха;
- скорость ветра;

- количество дней с различными погодными явлениями (метель, гроза, туман и др.);
- влажность территории;
- глубина промерзания почвы.

При проектировании дорожных одежд непосредственное влияние на расчёт оказывают такие климатические параметры территории как температура воздуха и глубина промерзания почвы. Влажность территории обуславливает тип местности по характеру и степени увлажнения, характеризуемые по СП 34.13330.2012 [5]. Однако при проектировании автомобильных дорог вертикально-планировочными и регулирующими водно-тепловой режим решениями можно обеспечить любую расчётную схему увлажнения. Поэтому влажность территории не может являться определяющим фактором районирования территорий для проектирования дорожных одежд.

Основная часть

Рекомендуемая схематическая карта районирования Республики Башкортостан включает семь районов (рис. 1) [7].

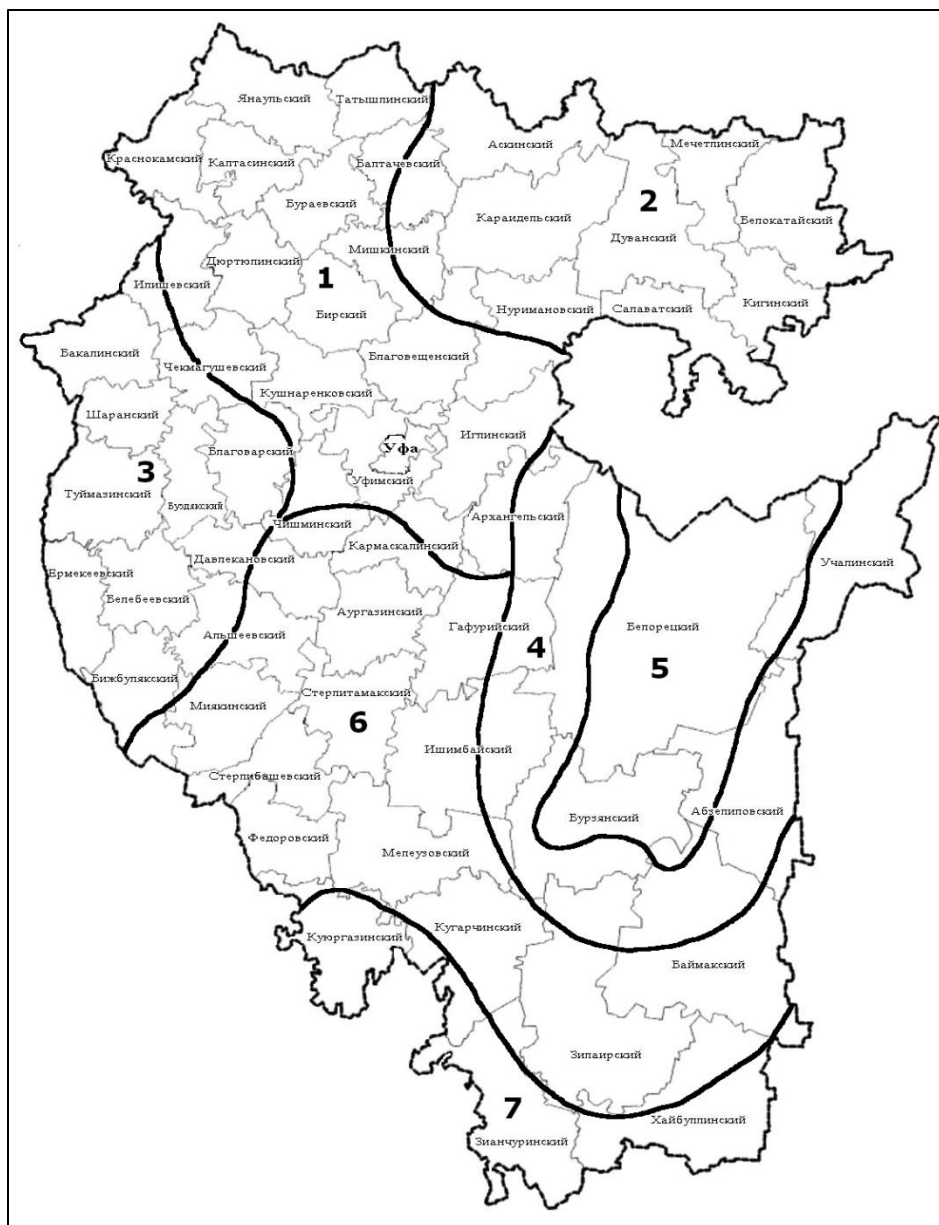


Рис. 1. Схематическая карта климатического районирования

Республики Башкортостан

Следует отметить, что размах в температуре воздуха по территории Республики Башкортостан не превышает 3°C как для тёплого, так и для холодного периода года, т.е. несущественен для конструирования и расчёта дорожных одежд. Так по данным [6], охватывающего наблюдения на метеорологических станциях за период 1966-2010 гг., зафиксировано, что среднегодовая температура по территории Республики Башкортостан составляет: в Белорецке – $0,6^{\circ}\text{C}$, в Дуване – 2°C , в Мелеузе – $2,8^{\circ}\text{C}$, в Уфе – $3,4^{\circ}\text{C}$, в Янауле – $2,5^{\circ}\text{C}$. Близкий размах значений температур сохраняется

для температуры воздуха наиболее холодных суток и максимальной температуры воздуха с обеспеченностью 0,98. Аналогичный вывод следует и из анализа ТСН 23-357-2004 [7]. Размах температуры воздуха по территории субъекта составляет порядка 3°C .

При этом глубина промерзания почвы в зависимости от района Республики Башкортостан варьируется в широком диапазоне.

В ТСН 23-357-2004 приведены карты изолиний максимальных глубин промерзания возможных соответственно 1 раз в 10 и 50 лет [7]. Глубина промерзания почвы в зависимости от района Республики изменяется в 2...3 раза. Информация, содержащаяся в климатологических источниках, предназначена для использования при расчётах строительных конструкций, оснований и фундаментов, например, когда за нормативную глубину промерзания принимают её значение вероятное к появлению 1 раз в 10 лет [4]. При проектировании дорожных одежд проверка по критерию морозоустойчивости производится исходя из средней глубины промерзания. Сведения о средних глубинах промерзания почвы в ТСН 23-357-2004 отсутствуют. Из этого вытекает необходимость определения средних глубин промерзания почвы по территории Республик Башкортостан на основе имеющейся в ТСН 23-357-2004 информации.

Максимальная глубина промерзания почвы, возможная в 10 и 50 лет, рассчитывалась из ряда максимальных величин глубины промерзания почвы за каждый год по функции распределения Гумбеля (двойное экспоненциальное распределение). Применение распределения Гумбеля наиболее вероятно в случае, если распределение основных данных выборки является нормальным. Поэтому в дальнейшем будем исходить из предпосылки соответствия распределения максимальных глубин промерзания нормальному закону (закону Гаусса).

В нормативных документах на проектирование дорожных одежд указано: «Если данные натурных наблюдений отсутствуют, глубину

промерзания дорожной конструкции допускается определять по формуле»

(1) [1, 2]

$$z_{np} = z_{np(cp)} \cdot 1,38, \text{ м.} \quad (1)$$

где $z_{np(cp)}$ – средняя глубина промерзания для данной территории, м.

Постоянная в формуле (1) равная 1,38 представляет собой поправку на увеличение глубины промерзания под дорожной одеждой по сравнению с глубиной промерзания в полевых условиях. Увеличение глубины промерзания под дорожной одеждой связано с большей теплопроводностью плотных материалов покрытий и оснований, чем грунтов в поле.

Выражение (1) является первой составляющей системы уравнений для решения рассматриваемого вопроса. Взаимосвязь между максимальными возможными глубинами промерзания почвы $z_{np(mcn)}$, которые следует принимать за расчётные значения и средней глубиной промерзания почвы $z_{np(cp)}$, запишем на основе известного выражения из теории вероятности

$$z_{np(mcn)} - t \cdot \sigma = z_{np(cp)}, \quad (2)$$

где t – коэффициент нормированного отклонения;

σ – среднеквадратическое отклонение максимальных годовых глубин промерзания, м,

или

$$z_{np(mcn)} \cdot (1 - t \cdot C_v) = z_{np(cp)}. \quad (3)$$

Система уравнений примет следующий вид:

$$\begin{cases} z_{np} = z_{np(cp)} \cdot 1,38; \\ z_{np(mcn)} \cdot (1 - t \cdot C_v) = z_{np(cp)}. \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициент вариации промерзания почвы в первом приближении можно принять равным 15% или 0,15. Такая вариация обусловлена факторами, которые способствуют относительно равномерному распределению глубины промерзания почвы от года к году: открытая и оголенная от снега горизонтальная площадка метеостанции, уровень подземных вод расположен ниже глубины сезонного промерзания грунтов.

Решая систему уравнений (4), получим вероятные средние значения глубины промерзания почвы. При этом элемент уравнения $t \cdot C_v$ при решении задачи относительно вероятных глубин промерзания почвы, возможных один раз в 10 лет, определяется при одностороннем ограничении и уровне значимости 0,1 $t=1,64$, а при решении задачи относительно вероятных глубин промерзания почвы, возможных один раз в 50 лет – при уровне значимости 0,02 $t=2,33$ [3]. Вычисленные вероятные значения средних глубин промерзания почвы на территории Республики Башкортостан при коэффициенте вариации равном 15% приведены таблице. Вероятные значения средней глубины промерзания почвы (см. табл.) получены из области вероятных значений (рис. 2) путём усреднения.

Как следует из таблицы, диапазон средней глубины промерзания почвы варьируется от 50 см до 190 см. Такое различие, безусловно, будет оказывать влияние на конструкцию дорожной одежды, прежде всего для автомобильных дорог с относительно небольшой интенсивностью движения. При невысокой интенсивности движения общая толщина дорожной одежды для выполнения критериев прочности невелика и обеспечение морозной устойчивости довольно часто становится приоритетной задачей.

Таблица

Показатели изолиний глубины промерзания почвы для условий
Республики Башкортостан

Макси- мальная глубина промерзания почвы возможная 1 раз в 10 лет, см	Макси- мальная глубина промерзания почвы возможная 1 раз в 50 лет, см	Средняя глубина промерзания почвы по данным с карты на рис. 2, см	Средняя глубина промерзания почвы по данным с карты на рис. 3, см	Средняя глубина промерзания почвы для расчёта дорожных одежд, см
50	100	38	65	51 (50)
100	150	75	98	86 (85)
150	200	113	130	122 (120)
250	300	189	195	192 (190)

Примечание. В скобках приведена средняя глубина промерзания почвы, принятая для проектирования типовых конструкций дорожных одежд

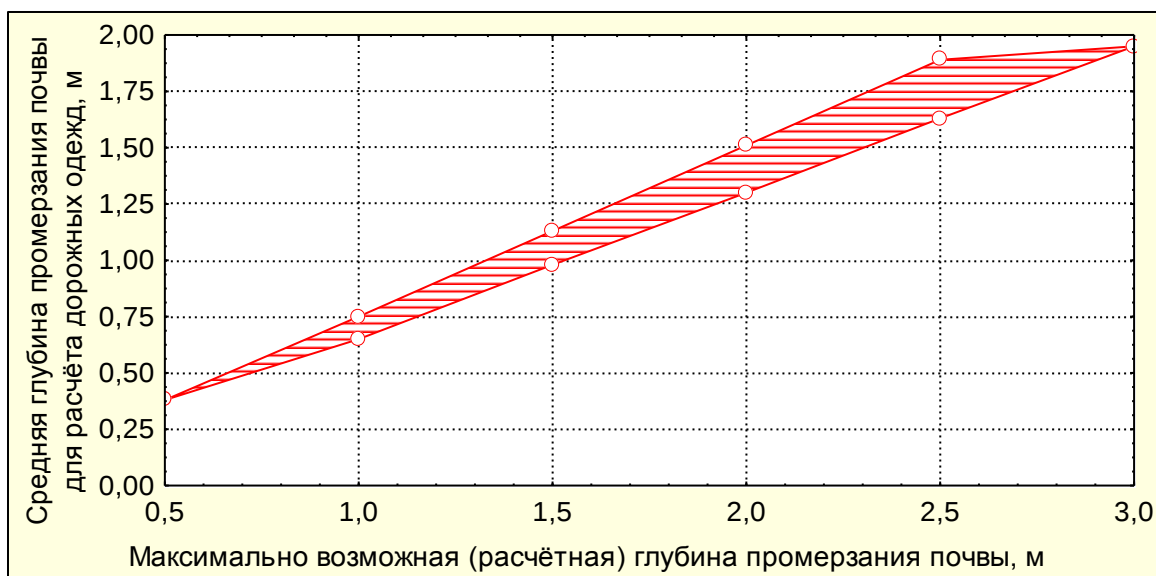


Рис. 2. Область вероятных значений средней глубины промерзания почвы при коэффициенте вариации $C_v = 0,15$

Как следует из рис. 3, средняя глубина промерзания зависит от принятого значения коэффициента вариации глубины промерзания C_v . На рисунке 3 показано насколько влияет размер предполагаемого коэффициента вариации глубины промерзания C_v на вычисляемую среднюю глубину промерзания почвы.

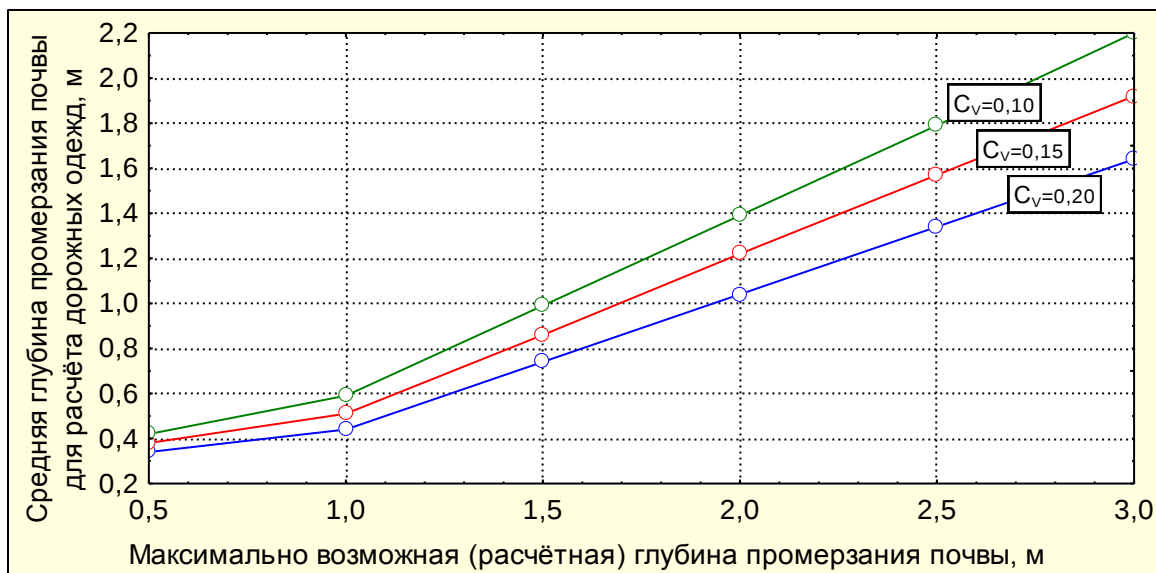


Рис. 3. Влияние величины коэффициента вариации почвы на среднюю глубину промерзания почвы

Заключение

Предложенный метод определения средней глубины промерзания почвы по картам изолиний максимальных глубин промерзания позволяет проводить обоснованное назначение главного параметра проверки конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость, а также осуществлять дорожно-климатическое районирование территорий, для которых промерзание почвы является основным или одним из основных факторов, влияющих на расчёт конструкций дорожных одежд.

Список литературы

1. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01 / Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства. – М., 2001. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015514>.
2. ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200158922>.
3. Рокас, С.Ю. Статистические методы обработки результатов испытаний / С.Ю. Рокас. – Вильнюс, 1977. – 91 с.
4. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М., 2011. – URL: <https://www.gvozdem.ru/stroim-dom/gost-snip/glubina-promerzaniya-grunta/snip22-13330-2011.pdf>.
5. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. – М., 2012. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524>.
6. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>.
7. ТСН 23-357-2004 РБ. Строительная климатология / Министерство строительства, архитектуры и дорожного комплекса Республики Башкортостан, Уфа, 2005. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200081635>.

Referens

1. Proektirovanie nezhyostkih dorozhnyh odezhd. ODN 218.046-01 (Design of flexible pavements. ODN 218.046-01), Moscow, 2001. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015514>.
2. PNST 265-2018. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Proektirovanie nezhyostkih dorozhnyh odezhd (PNST 265-2018. General automobile roads.

Flexible pavements design), Moscow, Standartinform, 2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200158922>.

3. Rokas, S.Yu. *Statisticheskie metody obrabotki rezul'tatov ispytanij* (Statistical methods for processing test results), Vilnius, 1977, 91 p.

4. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.02.01-83* (SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and structures. Updated edition of SNiP 2.02.01-83*), Moscow, 2011. – URL: <https://www.gvozdem.ru/stroim-dom/gost-snip/glubina-promerzaniya-grunta/snip22-13330-2011.pdf>.

5. SP 34.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.02-85* (SP 34.13330.2012. Automobile roads. Updated edition of SNiP 2.05.02-85*), Moscow, 2012. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524>.

6. SP 131.13330.2012 Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99* (s Izmeneniyami N 1, 2) (SP 131.13330.2012 Construction climatology. Updated version of SNiP 23-01-99* (as amended by N 1, 2)), URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>.

7. TSN 23-357-2004 RB. Stroitel'naya klimatologiya (TSN 23-357-2004 RB. Construction climatology), Ufa, 2005. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200081635>.