

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

УДК 625.831.083.74 (571.17)

*ЕФИМЕНКО СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
svefimenko_80@mail.ru*

*ЕФИМЕНКО ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук,
профессор,*

svefimenko80@gmail.com

*БАДИНА МАРИЯ ВЛАДИМИРОВНА, канд. техн. наук,
mvbadina@yandex.ru*

*СУХОРУКОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, аспирант,
homesuhov@mail.ru*

*ЧУРИЛИН ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ, аспирант,
lex-16-2008@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная 2*

*АФИНОГЕНОВ АЛЕКСЕЙ ОЛЕГОВИЧ, канд. техн. наук,
afinogenov@smtpr.ru*

*ООО «Кузбасский центр дорожных исследований»,
650010, г. Кемерово, ул. Якимова, 82*

СТАНДАРТИЗАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ КУЗБАССА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье показан подход к разработке стандарта организации с учётом регионального научно-практического опыта, накопленного специалистами кафедры «Автомобильные дороги» Томского государственного архитектурно-строительного университета за период более 40 лет. Уточнено территориальное распространение линий границ дорожно-климатических зон с выделением однородных по геокомплексам дорожных районов на территории Кузбасса. Рекомендован комплекс значений характеристик глинистых грунтов для расчёта дорожных одежд по условию морозоустойчивости и прочности для 1, 2 и 3-го типов местности по характеру и степени увлажнения. Предложены методы расчёта дорожных одежд по условию морозоустойчивости для случаев близкого и глубокого залегания уровня грунтовых вод, не отраженные в ОДН 218.046-01.

Ключевые слова: стандарт организации; проектирование; автомобильная дорога; дорожная одежда; прочность; морозоустойчивость; глинистые грунты; модуль упругости; угол внутреннего трения; удельное сцепление; морозное пучение.

SERGEI V. EFIMENKO, PhD, A/Professor,

svefimenko_80@mail.ru

VLADIMIR N. EFIMENKO, DSc, Professor,

svefimenko80@gmail.com

MARIA V. BADINA, PhD,

mvbadina@yandex.ru

ALEXEY V. SUKHORUKOV, Research Assistant,

homesuhov@mail.ru

VLADIMIR S. CHURILIN, Research Assistant,

lex-16-2008@mail.ru

Tomsk State University of Architecture and Building,

2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

ALEKSEI O. AFINOGENOV, PhD,

afinogenov@smtp.ru

ООО «Kuzbasskii tsentr dorozhnykh issledovaniy»

82, Yakimov Str., 650010, Kemerovo, Russia

STANDARDIZATION OF ESTIMATED VALUES OF CLAYEY SOIL PROPERTIES FOR THE QUALITY ASSURANCE IN ROAD DESIGN IN KUZBASS

The paper describes the approach to the standard development considering the regional scientific and practical experience gained by experts of the Automobile Roads Department of Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, for a period of more than 40 years. The territorial distribution of the boundaries of the road-building climatic zones together with the road geocomplexes in Kuzbass is presented herein. A range of clay soil properties is recommended for the pavement design accounting for the frost resistance and strength for the 1st, 2nd, and 3rd land types classified by the nature and degree of moisture. The pavement design methods accounting for the frost resistance, are suggested for both shallow and deep groundwater that is not reflected in the Industry Road Code 01 218.046.

Keywords: corporate standard; design; road; pavement; durability; frost resistance; clay soils; elasticity modulus; angle of internal friction; specific adhesion; frost heaving.

Свод правил СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги»¹ выделяет на территории Кемеровской области три дорожно-климатические зоны (ДКЗ) (рис. 1). При этом исследования влияния геоконплексов на протекание водно-тепловых процессов в грунтах земляного полотна автомобильных дорог Кузбасса, выполненные специалистами Томского государственного архитектурно-строительного университета, и выявленные при этом закономерности позволили установить, что более 60 % территории Кемеровской области по зо-

¹ СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Министерство регионального развития РФ. М., 2013.

нальным, интразональным и региональным признакам соответствует географической зоне лесов с избыточным увлажнением, относящейся ко II ДКЗ. Также установлено, что на территории Кузбасса отсутствуют геокомплексы, обладающие характерными для I ДКЗ признаками [1, 2].

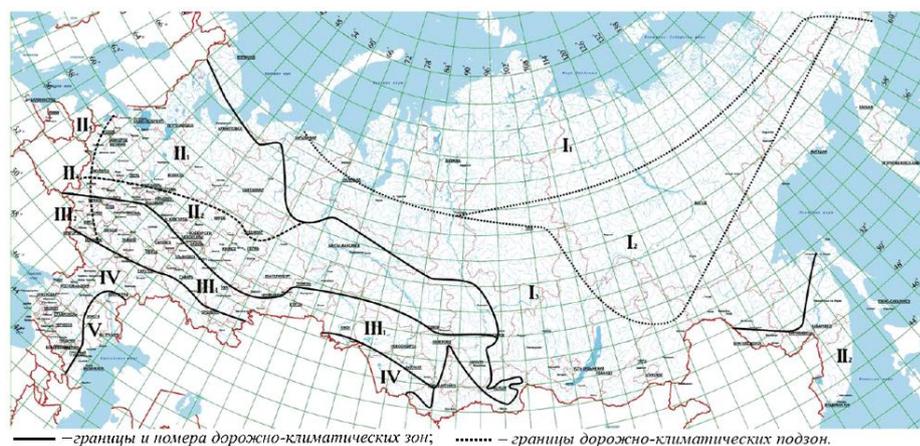


Рис. 1. Карта дорожно-климатического районирования по СП 34.13330.2012

Осреднение климатических и природных условий в пределах территории, охватываемой той или иной дорожно-климатической зоной, приводит к необоснованному назначению расчётных величин характеристик грунтов земляного полотна, завышая или занижая их в пределах конкретного района строительства, что снижает качество проектных решений и не позволяет обеспечить требуемую эксплуатационную надёжность дорожных одежд. В связи с этим в ряде пунктов (пп. 1.7, 2.37, 3.28) ОДН 218.046-01² предлагает учитывать сведения регионального научно-практического опыта, отражённого в действующих региональных технических условиях, нормах и правилах, утверждённых в установленном порядке.

Одним из способов обеспечения качества проектирования и строительства автомобильных дорог на территории отдельных административных образований Российской Федерации с учётом регионального научно-практического опыта является разработка стандартов организации.

Так, специалистами кафедры «Автомобильные дороги» Томского государственного архитектурно-строительного университета и «Кузбасского центра дорожных исследований» разработан стандарт организации СТО 11-2015³

² ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 2000 12 20. М.: Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации: Информавтодор, 2001. 145 с.

³ СТО 11-2015. Расчётные значения характеристик глинистых грунтов земляного полотна для проектирования по условиям прочности и морозоустойчивости нежестких дорожных одежд автомобильных дорог Кузбасса. Утверждён приказом № 74 от 24.07.2015 г. Дирекции автодорог Кузбасса. Кемерово: Дирекция автодорог Кузбасса, 2016. 29 с.

в развитие ОДН 218.046-01 и СТП 32-03-97⁴ применительно к природным условиям Кемеровской области, который устанавливает основные требования по назначению расчётных значений характеристик глинистых грунтов земляного полотна при проектировании по условиям прочности и морозоустойчивости нежестких дорожных одежд вновь строящихся и реконструируемых автомобильных дорог на территории Кузбасса.

В основу детализации районирования Кемеровской области положена таксономическая система: «зона – подзона – дорожный район». В этой системе таксон «дорожный район» соответствует генетически однородной территории, характеризующейся типичными, только ей свойственными климатом, геологией, рельефом местности и другими условиями. На территории дорожного района однотипные дорожные конструкции характеризуются примерно одинаковой прочностью и устойчивостью [3–5].

На основе обобщения и анализа основных географических комплексов, влияющих на срок службы автомобильных дорог на территории Кемеровской области, рекомендовано две дорожно-климатические зоны (II и III), три подзоны (равнинная, холмистая и горная) и 8 дорожных районов, которые отражены на карте-схеме дорожно-климатического районирования (рис. 2).

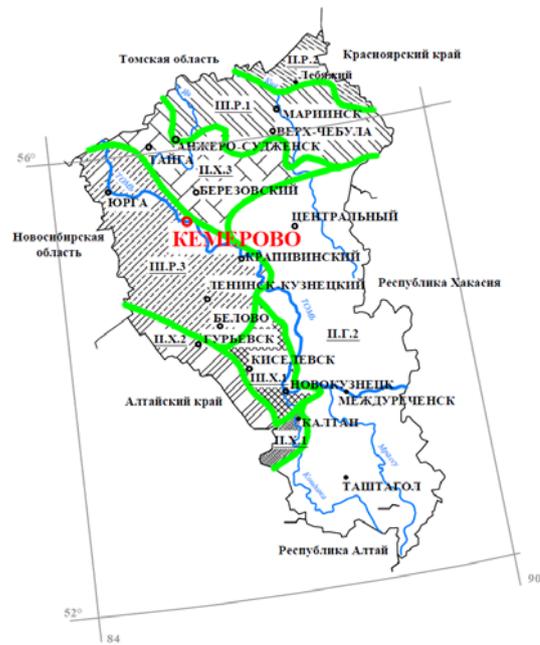


Рис. 2. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории Кемеровской области:

II, III – дорожно-климатические зоны; P, X, Г – подзоны по типу рельефа (равнинный, холмистый, горный); 1–3 – номера дорожных районов

⁴ СТП 32-03-97. Расчётные значения характеристик суглинистых грунтов земляного полотна для проектирования по условиям морозоустойчивости и прочности нежестких дорожных одежд автомобильных дорог Кузбасса. Введ. 1998 01 01. Кемерово: Дирекция областного дорожного фонда, 1998. 20 с.

Для характеристики увлажненности отдельных районов применён гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который является показателем естественного обеспечения территории влагой и определяется как отношение суммы осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С к сумме температур за это же время, уменьшенной в 10 раз. Так, для II ДКЗ значения ГТК > 1,40; для III ДКЗ ГТК = 1,00–1,40 [4, 6].

Исследования по изучению водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог Кемеровской области дают основание рекомендовать для выделенных дорожных районов значения характеристик глинистых грунтов земляного полотна для расчёта дорожных одежд по условиям прочности и морозостойкости.

При расчётах дорожных одежд по условию прочности применяют характеристики деформируемости (модуль упругости $E_{гр}$) и прочности (угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление $C_{гр}$) глинистых грунтов земляного полотна.

К факторам, оказывающим влияние на изменение значений прочности и деформируемости глинистых грунтов, относятся природно-климатические, грунтово-гидрологические условия и, как следствие, влажность грунта земляного полотна, особенно к концу периода его оттаивания [6, 7].

При назначении расчётной влажности глинистых грунтов W_p учтены результаты длительного изучения водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд в условиях близкого и глубокого залегания уровня грунтовых вод на автомобильных дорогах Кузбасса [Там же].

Для определения расчётной влажности грунта в условиях глубокого залегания грунтовых вод профессором В.Н. Ефименко установлена зависимость, учитывающая температурный и влажностный режимы выделенных на территории Кемеровской области дорожных районов [6]:

$$W_p = \frac{(e \cdot K_c)}{\lg \Theta_p - 1}, \quad (1)$$

где K_c – гидротермический коэффициент Селянинова, мм/градусо-сутки; e – коэффициент размерности, равный 0,97.

Учитывая, что значительная часть Кемеровской области характеризуется избыточным увлажнением, а грунтово-гидрологические и климатические условия предопределяют увлажнение земляного полотна в жидкой форме, оценку влажности грунта для ряда населённых пунктов осуществляли теоретически, оценив возможность применения и уточнив решения, предложенные профессором И.А. Золотарём [7–9].

Значения характеристик прочности и деформируемости глинистых грунтов для условий глубокого и близкого залегания уровня грунтовых вод (табл. 1, 2), рекомендуемые для расчёта дорожных одежд, получены на основе экспериментально установленных зависимостей вида

$$E_{гр}, \varphi_{гр}, C_{гр} = f(W_{от}). \quad (2)$$

Таблица 1

**Расчётные значения характеристик глинистых грунтов
земляного полотна участков дорог
с глубоким залеганием уровня грунтовых вод**

Индекс дорожного района	Тип покрытия	W_p , д.ед.	$E_{гр}$, МПа	$\varphi_{гр}$, град.	$C_{гр}$, МПа
П.Х.1	А	0,82	15,6	9	0,041
	Б	0,79	18,4	10	0,043
П.Х.2	А	0,80	22,5	13	0,049
	Б	0,79	23,0	13	0,049
П.Х.3	А	0,86	22,0	11	0,009
	Б	0,82	25,0	12	0,011
П.Г.2	А	0,90	19,5	11	0,007
	Б	0,86	22,0	11	0,009
П.Р.2	А	0,77	22,0	16	0,019
	Б	0,76	22,5	17	0,020
Ш.Р.1	А	0,76	30,0	14	0,016
	Б	0,71	37,0	16	0,022
Ш.Р.3	А	0,76	30,0	14	0,016
	Б	0,71	37,0	16	0,022
Ш.Х.1	А	0,75	32,0	14	0,017
	Б	0,70	38,5	16	0,023

Примечания: А – усовершенствованные покрытия капитального типа. Б – усовершенствованные покрытия облегченного типа.

В районах сезонного промерзания грунтов на участках дорог, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных конструкций. Обоснованное расчётом назначение общей толщины дорожной одежды из морозостойких материалов позволяет ограничить зону промерзания глинистых грунтов земляного полотна и уменьшить отрицательную роль пучения.

Теоретические и экспериментальные исследования, а также анализ особенностей, характерных для автомобильных дорог Кемеровской области, показали, что влагонакопление и пучение в грунтах земляного полотна в значительной мере определяются режимом промерзания дорожных конструкций. При этом наибольшее влагонакопление наблюдается после «мягких» зим, характеризующихся незначительной суммой отрицательных температур воздуха [6]. Отмеченное обстоятельство учтено при определении расчётных значений характеристик глинистых грунтов для расчёта дорожных одежд по условию морозоустойчивости на территории Кузбасса.

К расчётным характеристикам, необходимым для определения толщины дорожной одежды по условию морозоустойчивости, являются: допустимое морозное пучение грунта ($l_{доп}$), величину которого определяют в зависимости от типа дорожной одежды и вида покрытия, см; относительная деформация морозного пучения, величину которой устанавливают экспериментально или по рекомендациям ОДН 218.046–01, д. ед.; комплексная характеристика грун-

та по степени пучинистости B , см²/сут; климатический показатель α_0 , см²/сут, определяемый по формуле профессора Н.А. Пузакова [8]; расчетная глубина промерзания Z_p , см.

Таблица 2

**Расчётные значения характеристик глинистых грунтов
земляного полотна для участков дорог
с близким залеганием уровня грунтовых вод (дорожный район Ш.Р.3)**

Коэффициент влагопроводности K_v	Характеристики грунтов для насыпи					Характеристики грунтов для выемки			
	Осенняя влажность грунта, д. ед.	Весенняя влажность грунта, д. ед.	$E_{гр}$, МПа	$\varphi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа	Весенняя влажность грунта, д. ед.	$E_{гр}$, МПа	$\varphi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
Разновидность грунта – суглинок пылеватый									
$H_v = 250$ см									
2,00	0,56	0,62	48,7	23,76	0,04	0,62	47,0	23,04	0,03
4,01	0,58	0,67	38,2	19,27	0,02	0,69	36,2	18,04	0,02
6,01	0,60	0,75	29,1	15,24	0,02	0,77	27,2	14,36	0,01
8,01	0,62	0,82	22,3	12,13	0,01	0,85	20,6	11,3	0,01
10,02	0,65	0,90	17,6	9,86	0,01	0,93	16,0	9,10	0,01
14,02	0,69	1,05	11,6	6,90	0,003	1,10	10,4	6,27	0,003
$H_v = 200$ см									
1,28	0,56	0,60	52,1	25,18	0,04	0,61	50,7	24,59	0,04
2,56	0,58	0,65	42,2	20,98	0,03	0,66	40,4	20,21	0,03
3,85	0,60	0,71	33,1	17,04	0,02	0,73	31,3	16,23	0,02
5,13	0,63	0,78	26,2	13,91	0,01	0,80	24,4	13,11	0,01
6,41	0,65	0,84	21,1	11,57	0,01	0,87	19,5	10,80	0,01
8,97	0,68	0,97	14,6	8,39	0,005	1,00	13,2	7,73	0,004
$H_v = 150$ см									
0,72	0,56	0,59	55,4	26,55	0,04	0,59	54,3	26,09	0,04
1,44	0,58	0,63	46,0	22,63	0,03	0,64	44,6	22,02	0,03
2,16	0,61	0,68	37,4	18,92	0,02	0,69	35,8	18,22	0,02
2,88	0,63	0,73	30,5	15,90	0,02	0,75	28,9	15,18	0,02
3,61	0,65	0,79	25,4	13,57	0,01	0,80	23,9	12,85	0,01
5,05	0,69	0,88	18,5	10,30	0,01	0,91	17,1	9,63	0,01
7,21	0,73	1,02	12,7	–	–	1,05	11,6	–	–
$H_v = 100$ см									
0,32	0,57	0,55	65,2	30,56	0,05	0,57	59,1	28,02	0,05
0,61	0,59	0,62	48,5	23,67	0,04	0,62	47,4	23,22	0,03
0,96	0,62	0,66	40,7	20,33	0,03	0,67	39,5	19,84	0,03
1,28	0,64	0,70	34,6	17,68	0,02	0,71	33,4	17,14	0,02
1,60	0,66	0,74	29,9	15,59	0,02	0,75	28,6	15,03	0,01
2,24	0,70	0,81	23,2	12,55	0,01	0,83	22,0	11,98	0,01
3,21	0,74	0,91	17,3	9,75	0,01	0,93	16,2	9,20	0,01

Примечание. H_v – возвышения бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод.

Ожидаемое поднятие дорожной одежды, определяемое объёмом влаги в рабочем слое земляного полотна, в основном, зависит от глубины и скорости промерзания грунта. Расчётное значение глубины промерзания дорожной конструкции Z_p следует определять на основе сведений региональных исследований. При отсутствии сведений натуральных наблюдений за промерзанием дорожных конструкций среднюю глубину рекомендуется принимать по карте изолиний, представленной в ОДН 218.046–01 (см. рис. 4.4), предназначенной для целей фундаментостроения и не учитывающей специфику работы дорожных конструкций в зимний период.

С учётом результатов исследований профессора В.Н. Ефименко [6] за расчётную принята вероятностная глубина промерзания дорожной конструкции (рис. 3), которая формируется в данных климатических условиях района строительства в наиболее «мягкую» зиму. Такой подход в определении глубины промерзания дорожной конструкции вызван следующим:

– Пучение и влагонакопление в грунтах земляного полотна зависят от режима промерзания. Медленному промерзанию соответствует большее количество мигрирующей влаги. При прочих равных условиях одной и той же величине пучения грунтов может соответствовать различная влажность и плотность грунта рабочего слоя земляного полотна, а соответственно, и различная прочность грунтов в расчётный (весенний) период.

– При высоких скоростях промерзания дорожных конструкций (более 1,6 см/сут) в начальный период зимы (октябрь – декабрь) и значительной глубине расположения границы промерзания величина пучения может превысить допустимые пределы за счёт влажности слоёв грунта, расположенных ниже рабочего слоя, что не сказывается на прочности грунтов земляного полотна и дорожной одежды в расчётный (весенний) период. Следовательно, высокая скорость и значительная глубина промерзания в «суровые» зимы не всегда является причиной ухудшения эксплуатационного состояния дорожных одежд в отличие от медленного и сравнительно неглубокого промерзания грунтов в «мягкие» зимы.

Комплексная характеристика глинистых грунтов по степени пучинистости B назначена на основе результатов испытаний грунта на морозоустойчивость (табл. 3) [10, 11].

В условиях широкого распространения на территории Кемеровской области пучинистых, сильнопучинистых и чрезмернопучинистых глинистых грунтов расчёт конструкций дорожных одежд на морозоустойчивость следует выполнять отдельно для участков с глубоким и с близким залеганием уровня грунтовых вод. Для участков автомобильных дорог с глубоким залеганием уровня грунтовых вод общую толщину стабильных слоёв дорожной одежды Z_1 назначают по формуле [8]

$$Z_1 = Z_{кр} - \frac{l_{доп} \cdot \alpha_0}{(B \cdot \beta \cdot \gamma)}, \quad (4)$$

где $Z_{кр}$ – критическая глубина промерзания, в пределах которой пучение грунта оказывает влияние на неравномерность деформации покрытия дорожной одежды. Для глин и суглинков величина $Z_{кр}$ составляет 160 см, для тяжёлых

пылеватых суглинков $Z_{кр} = 140$ см; β – коэффициент, учитывающий гидрологические условия местности (для сухих мест $\beta = 1,0$ для сырых $\beta = 1,5$); γ – коэффициент, зависящий от конструкции земляного полотна (для насыпей $\gamma = 1,0$, для выемок $\gamma = 1,5$).

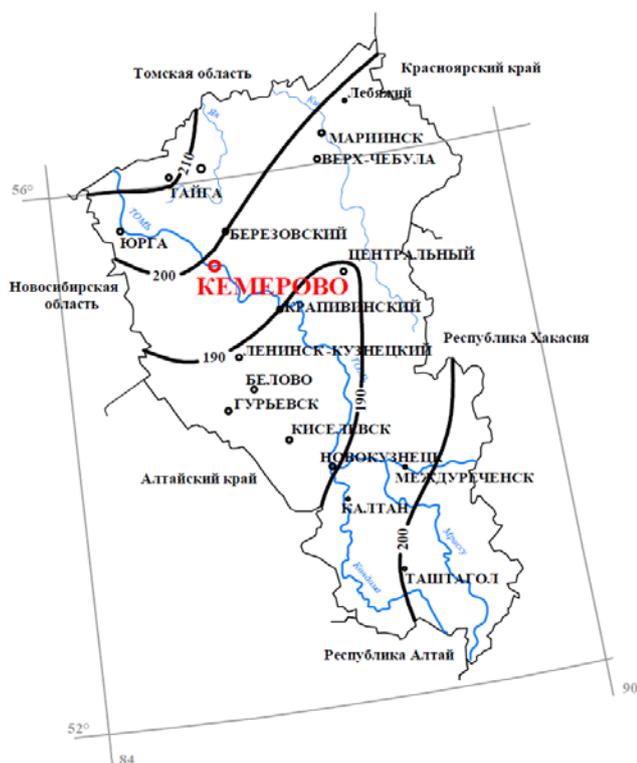


Рис. 3. Карта-схема изолиний расчётной глубины промерзания дорожных конструкций, Z_p , см

Для участков автомобильных дорог с близким залеганием уровня грунтовых вод общую толщину конструкции дорожной одежды для обеспечения морозоустойчивости авторы рекомендуют определять по методу, разработанному в СоюздорНИИ [8].

Таблица 3

**Значения комплексной характеристики пучинистости
глинистых грунтов на территории Кемеровской области**

Индекс дорожного района	Комплексная характеристика грунта по степени пучинистости B , см ² /сут		
	Пучинистый	Сильнопучинистый	Чрезмерно- пучинистый
П.Х.1	3,0–5,2	5,3–7,4	>7,5
П.Х.2	3,1–5,3	5,4–7,6	>7,7
П.Х.3	3,9–5,1	5,2–6,4	>6,5

Окончание табл. 3

Индекс дорожного района	Комплексная характеристика грунта по степени пучинистости V , $\text{см}^2/\text{сут}$		
	Пучинистый	Сильнопучинистый	Чрезмерно- пучинистый
II.Г.2	3,6–4,7	4,8–5,9	>6,0
II.Р.2	2,3–3,9	4,0–5,5	>5,6
III.Р.1	3,8–4,9	5,0–6,2	>6,3
III.Р.3	3,0–5,2	5,3–7,5	>7,6
III.Х.1	3,3–4,3	4,4–5,4	>5,5

Сопоставление результатов расчёта дорожных одежд по предложенным характеристикам для определения общей толщины морозоустойчивых конструкций с фактическими, находящимися в эксплуатации и работающими без разрушений, показало эффективность применения параметров при проектировании нежестких дорожных одежд. Это позволяет рекомендовать характеристики глинистых грунтов для расчёта дорожных одежд по условиям прочности и морозоустойчивости.

Выполненные исследования по обоснованию расчётных значений характеристик глинистых грунтов земляного полотна позволят повысить надёжность проектных решений по обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожных одежд автомобильных дорог на территории Кузбасса и увеличить срок их службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефименко, С.В. К уточнению схемы дорожно-климатического районирования территорий на примере районов Западной Сибири / С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко, А.О. Афиногенов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 1. – С. 125–134.
2. Учёт особенностей распространения геокомплексов при территориальной организации дорожно-климатического районирования / С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко, М.В. Бадина, А.О. Афиногенов // Дороги и мосты. – 2014. – № 31. – С. 42–52.
3. Ефименко, С.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири : монография / С.В. Ефименко, М.В. Бадина. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 244 с.
4. Ефименко, В.Н. Назначение расчётных характеристик грунтов земляного полотна для расчёта дорожных одежд / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, А.В. Сухоруков // Вестник КузГТУ. – 2015. – № 3. – С. 124–130.
5. Ефименко, С.В. Учёт территориальной однородности географических комплексов при проектировании автомобильных дорог / С.В. Ефименко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 226–236.
6. Ефименко, В.Н. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог при глубоком промерзании грунтов (На примере Юго-Востока Западной Сибири) : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.03 / В.Н. Ефименко. – М., 1978. – 216 с.
7. Ефименко, С.В. Обоснование расчётных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд автомобильных дорог (на примере Западной Сибири) : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 / С.В. Ефименко. – Омск, 2006. – 217 с.
8. Золотарь, И.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / И.А. Золотарь, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М. : Транспорт, 1971. – 416 с.

9. Сухоруков, А.В. Некоторые вопросы обеспечения надёжного функционирования автомобильных дорог в сложных природных условиях Сибири / А.В. Сухоруков, С.В. Ефименко // Перспективы развития фундаментальных наук : труды XI Международной конференции студентов и молодых учёных. Россия, Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2014. – С. 825–828.
10. Бадина, М.В. Лабораторные исследования величины морозного пучения грунтов / М.В. Бадина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 3. – С. 150–156.
11. Чурилин, В.С. Расчётные характеристики глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд по условию морозостойчивости в Западно-Сибирском регионе / В.С. Чурилин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 3. – С. 291–294.

REFERENCES

1. Efimenko, S.V., Efimenko V.N., Afinogenov A.O. K utochneniyu skhemy dorozhno-klimaticheskogo raionirovaniya territorii na primere raionov Zapadnoi Sibiri [The outline of road building climatic zoning in Western Siberia]. *Vestnik TSUAB*, 2014. No. 1. Pp. 125–134. (rus)
2. Efimenko S.V., Efimenko V.N., Badina M.V., Afinogenov A.O. Uchet osobennosti rasprostraneniya geokompleksov pri territorial'noi organizatsii dorozhno-klimaticheskogo raionirovaniya [Geocomplex development at road-building climatic zoning]. *Dorogi i mosty*. 2014. No. 31. Pp. 42–52. (rus)
3. Efimenko S.V., Badina M.V. Dorozhnoe raionirovanie territorii Zapadnoi Sibiri [Road zoning of the West Siberia territory. Monograph]. TSUAB Publ., 2014. 244 p. (rus)
4. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Sukhorukov A.V. Naznachenie raschetnykh kharakteristik gruntov zemlyanogo polotna dlya rascheta dorozhnykh odezhd [Assignment of design values of subgrade soil properties for road pavement]. *Vestnik KuzSTU*. 2015. No. 3. Pp. 124–130. (rus)
5. Efimenko S.V. Uchet territorial'noi odnorodnosti geograficheskikh kompleksov pri proektirovani avtomobil'nykh dorog [Territorial homogeneity of geographic complexes in design of automobile roads]. *Vestnik TSUAB*. 2015. No 3. Pp. 226–236. (rus)
6. Efimenko V.N. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog pri glubokom promerzanii gruntov (Na primere Yugo-Vostoka Zapadnoi Sibiri) [Water and thermal conditions of subgrades at deep soil freezing (South-East of Western Siberia case studies)]. Moscow. 1978. 216 p. (rus)
7. Efimenko S.V. Obosnovanie raschetnykh znachenii kharakteristik glinistykh gruntov dlya proektirovaniya dorozhnykh odezhd avtomobil'nykh dorog (na primere Zapadnoi Sibiri): dis. ... kand. tekhn. nauk [Substantiation of calculated values of characteristics of clay soils for design of road pavements. PhD thesis]. Omsk, 2006. 217 p. (rus)
8. Zolotar' I.A., Puzakov N.A., Sidenko V.M. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd. [Water and thermal balance of road subgrades and pavements]. Moscow : Transport Publ., 1971. 416 p. (rus)
9. Sukhorukov A.V., Efimenko S.V. Nekotorye voprosy obespecheniya nadezhnogo funktsionirovaniya avtomobil'nykh dorog v slozhnykh prirodnykh usloviyakh Sibiri [Problems of ensuring the reliable operation of automobile roads in Siberian climatic conditions]. *Proc. 11th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development'*. 2014. Pp. 825–828. (rus)
10. Badina M.V. Laboratornye issledovaniya velichiny moroznogo pucheniya gruntov [Laboratory studies of frost heaving of soils]. *Vestnik TSUAB*. 2009. No 3. Pp. 150–156. (rus)
11. Churilin V.S. Raschetnye kharakteristiki glinistykh gruntov dlya proektirovaniya dorozhnykh odezhd po usloviyu morozoustoichivosti v Zapadno-Sibirskom regione [Frost resistant pavement design in West Siberian region]. *Vestnik TSUAB*. 2013. No 4. Pp. 291–294. (rus)