

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧАСТИ МЕТОДОЛОГИИ УЧЁТА  
ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

**IMPROVING HIGHWAY DESIGN STANDARDS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN  
METHODOLOGY OF ACCOUNTING FOR PECULIARITIES  
OF NATURAL-CLIMATIC CONDITIONS**

*Жол төшөлгөсүн бышыктык шарты боюнча долбоорлоо максатында топурактын мүнөздөмөсүн эсептөөнүн усулдук схемасы берилди. Схема изилдөөнүн эки бөлүгүнөн турат. Биринчи бөлүгү бир ыңгай аймактарды (жол аймактарын) аныктап алууга арналган операцияларды камтыйт. Экинчи бөлүгү мурда жол үчүн бөлүнгөн аймактагы жерлердин чополуу топурагынын мүнөздөмөсүн эсептөөгө негизделген иштерди чагылдырат.*

***Ачкыч сөздөр:** автомобиль жолдору, жер кыртышы, жол-климаттык аймакка бөлүштүрүү, чополуу кыртыштардын мүнөздөмөсүнүн эсеп-кысаптык негиздемеси.*

*Приведена методологическая схема, обоснования расчётных значений характеристик грунтов для проектирования дорожных одежд по условию прочности. Схема представлена в виде двух блоков исследований. Первый блок включает операции, направленные на выделение однородных территорий (дорожных районов). Второй блок отражает работы по обоснованию расчётных значений характеристик глинистых грунтов земляного полотна для ранее выделенных дорожных районов.*

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, земляное полотно, дорожно-климатическое районирование, расчётные характеристики глинистых грунтов, экономический эффект.*

*The present paper offers methodological scheme to validate calculated values of soil properties for the design of road pavement considering strength conditions. The scheme includes two-stage research. The first stage includes the steps to define homogeneous areas (road district). The second stage includes work to validate the calculated values of subgrade clay soils properties for the road district defined earlier.*

***Keywords:** road, subgrade, road-climatic zoning, the calculated characteristics of clay soils, economic effect.*

Одной из наиболее актуальных проблем, требующих незамедлительного решения в дорожной отрасли является обеспечение требуемого уровня качества проектирования автомобильных дорог вновь осваиваемых регионов. Среди путей решения проблемы можно обозначить детальный учёт природно-климатических условий при формировании норм проектирования автомобильных дорог. Так, например, расчётные значения характеристик влажности, прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна для проектирования дорожных одежд, рекомендуемые отраслевыми дорожными нормами ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», получены в основном, по результатам исследований, выполненных в прошлом веке на территории европейской части России, а для районов Зауралья дифференцированы по дорожно-климатическим зонам без достаточных проверок и обоснования. Поэтому, неслучайно, при проектировании дорожных одежд для конкретных объектов транспортного строительства, ОДН 218.046-01 в ряде пунктов (п.п. 1.7, 2.37, 3.28) предлагает учитывать

сведения регионального научно-практического опыта. Кроме того, действующее дорожно-климатическое районирование территории Российской Федерации требует уточнения, из-за выявленных в последние годы критериальных несоответствий.

Решение задач, направленных на уточнение районирования отдельных территорий, например, для целей, связанных с обеспечением качества проектирования автомобильных дорог, исследователи реализуют, как правило, путем применения опыта покомпонентного наложения картографических схем распространения геокомплексов зонального, азонального, интразонального и регионального характера. Опыт разработки принципов дорожного районирования [1-2] показывает, что рациональный учет комплекса территориальных природно-климатических условий может базироваться на применении элемента «дорожный район» в таксономической системе – «зона – подзона – район – участок», ранее показанной в работе В.М. Сиденко, О.Т. Батракова и М.И. Волкова [3]. Отметим, что таксон «участок» можно применять при проектировании и строительстве уникальных сооружений. В условиях массового дорожного строительства им можно пренебречь. Так, в Германии с 1986 г. применяют Директивы «RStO 01 Richtlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen», в которых для отдельных районов страны, со специфическими природно-климатическими условиями, предложены варианты типовых конструкций дорожных одежд. На территории США Межведомственным руководством дорожных исследований выделено 97 физико-географических районов по несущей способности грунтов и их изменению под влиянием увлажнения, а также по наличию дорожно-строительных материалов [2].

Анализируя дорожно-климатическое районирование территории Китая можно сделать вывод, что в его основе лежат методологические приёмы, ранее применявшиеся в республиках и регионах бывшего Советского Союза. Именно поэтому, в пределах линии границы двух стран распространены одинаковые по комплексу географических признаков дорожно-климатические зоны. В зависимости от степени увлажнения, глубины промерзания грунтов и температурного режима территория КНР разделена на семь дорожно-климатических зон. В пределах каждой дорожно-климатической зоны, с учетом рельефа местности, условий микроклимата, выделяют 33 дорожных района.

За основу дорожно-климатического районирования Кыргызской Республики, принята карта районирования бывшего Советского Союза [4]. Так, её территория в зависимости от природно-климатических условий, разделена на 4 дорожно-климатические зоны. Основными критериями деления территории республики на зоны являются абсолютная высота над уровнем моря и годовое количество осадков [5].

Предлагаемая авторами статьи - методология обоснования расчётных значений характеристик влажности, прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна включает в себя два блока исследований. Первый блок включает операции связанные с выделением однородных территорий (дорожных районов) [6]. Реализация операций в этом блоке предполагает: формирование информационной базы для моделирования показателями геокомплексов зонального, интразонального и регионального характеров; уточнение границ зон, подзон и дорожных районов с привлечением информационно-вычислительных технологий; осуществление корректировки положения границ районов, подзон и зон для смежно расположенных территорий административных образований. Содержание выше обозначенных операций подробно отражено в работе [2].

Результатом работ, выполненных в рамках первого блока, является карта-схема распространения линий границ дорожно-климатических зон территории Западной Сибири, включающей в себя 14 административных образований (Республики Алтай и Хакасия, Алтайский и Красноярский края, Кемеровская, Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Томская, Тюменская, Челябинская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа). Территории зон разбиты на подзоны по типам рельефа и однородные по геокомплексам дорожные районы с детальной характеристикой

основных геокомплексов. Всего для территории Западной Сибири рекомендовано четыре дорожно-климатические зоны (I, II, III и IV), три подзоны (Р – равнинная, Х – холмистая, Г – горная) и 112 дорожных районов [2].

Так, например, на территории Омской области выделено три дорожно-климатические зоны (II, III и IV), одна подзона (равнинная) и 8 дорожных районов (от 1 до 4 в зависимости от зоны и подзоны) (Рис. 1.).

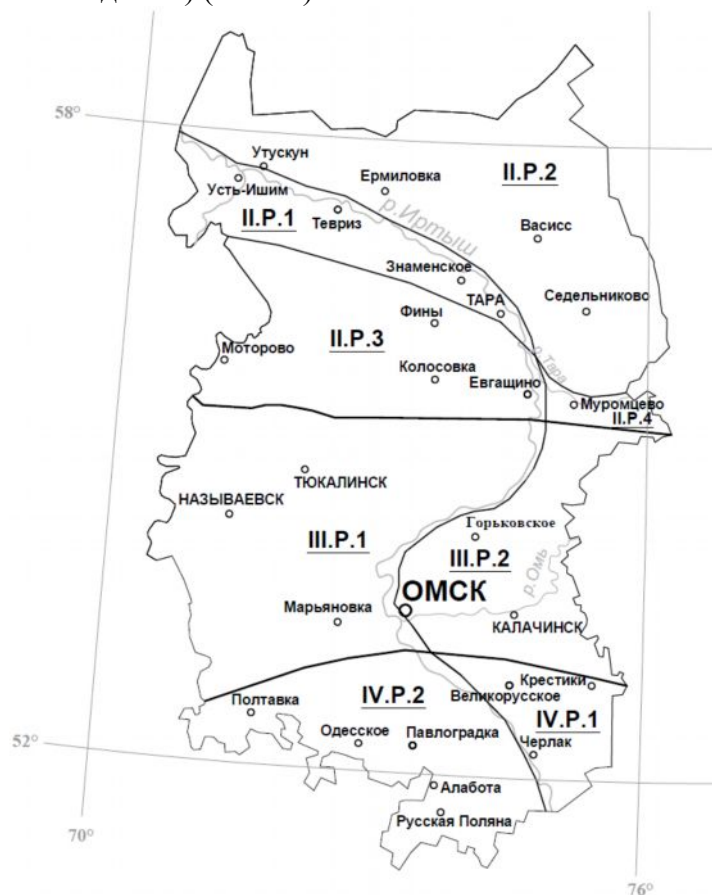


Рис. 1. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории Омской области:  
II, III, IV – дорожно-климатические зоны по результатам исследований  
выполненных в ТГАСУ; 1–4 – номера дорожных районов, выделенных на территории  
Омской области;  
Р – подзона по типу рельефа (равнинная)

Второй блок исследований отражает работы направленные, непосредственно, на обоснование расчётных значений глинистых грунтов земляного полотна, применяемых при конструировании и расчёте дорожных одежд автомобильных дорог, расположенных в выделенных в первом блоке исследований дорожных районах.

К основным факторам, обуславливающим значения прочности и деформируемости грунтов, относят природно-климатические, грунтово-гидрологические условия и, как следствие, влажность грунта земляного полотна и материалов слоёв дорожной одежды [2].

Натурные измерения влажности грунтов земляного полотна, при обосновании её расчётных значений, могут быть выполнены как на действующей сети автомобильных дорог, путём оборудования стационарных постов наблюдения, так и на специализированных полигонах. Большим опытом в этом вопросе обладают США, где с 1950-60г. были начаты многолетние крупномасштабные исследования на опытных участках в разных регионах с разными природно-климатическими условиями. Учитывая тот факт, что на территории, например, Российской Федерации сеть автомобильных дорог развита крайне неравномерно, выполнение натурных измерений, за влажностью грунтов земляного полотна, возможны далеко не для всех территорий. Кроме того, ограниченный

временной промежуток, отведённый на выполнение инженерных изысканий, не всегда позволяет выполнить отбор образцов грунтов в расчётный период года. Поэтому, на вновь осваиваемых территориях, назначение расчётной влажности грунтов земляного полотна осуществляют, в том числе, с использованием методов математического моделирования [2].

Для районов, характеризующихся глубоким сезонным промерзанием и избыточным увлажнением грунтов, наиболее приемлем метод проф. И.А.Золотаря [7], о чём свидетельствуют результаты исследований проф. В.Н.Ефименко [8] в Западной Сибири. Методическая схема назначения расчётных характеристик грунтов земляного полотна включает несколько последовательно выполняемых этапов: определение продолжительности периодов осеннего влагонакопления ( $\tau_{вл}$ ) и промерзания ( $\tau_{пр}$ ); установление средней осенней влажности грунта земляного полотна  $W^{oc}$  к концу периода осеннего влагонакопления; определение характеристики скорости промерзания ( $\alpha$ ) грунта рабочего слоя земляного полотна; назначение расчётной влажности грунта земляного полотна  $W_{om}$  с учётом миграции влаги при промерзании грунта; установление расчётных значений модуля упругости, угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна с учётом зависимостей, полученных по результатам полевых и лабораторных работ [9]. Так как содержание первого-четвёртого этапов достаточно подробно представлено нами в работах [10, 11], то подробно раскроем лишь содержание пятого этапа работы.

Комплекс полевых и лабораторных работ, выполненных авторами статьи на территории Западной Сибири, позволил установить состав и свойства глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог. На сети автомобильных дорог региона, было оборудовано более 100 участков для визуального, инструментального наблюдения за изменением параметров водно-теплового режима грунтов земляного полотна в течение нескольких годовых циклов, что позволяет учесть особенности водно-теплового режима в тех или иных природно-климатических условиях. В связи с тем, что количество отобранных образцов грунтов земляного полотна для лабораторных испытаний на территории исследования превысило 900, возникла необходимость выполнения статистической обработки результатов полевых и лабораторных испытаний влажностных, прочностных и деформационных свойств грунтов, установленных в течение нескольких лет наблюдений. Статистическая обработка включала в себя оценку совокупностей значений, полученных в процессе испытаний, на присутствие «выскакивающих» вариантов и проверку возможности объединения серий испытаний, выполненных для отдельных административных образований западно-сибирского региона, в один статистический ряд [11].

В результате обработки статистических рядов было установлено, что около 3% экспериментально полученных значений результатов определения свойств влажности, прочности и деформируемости необходимо выбраковать, как не относящиеся к генеральной совокупности.

Вследствие объединения статистических рядов результатов наблюдений, были установлены функциональные и графические зависимости  $E_{zp}$ ,  $\varphi_{zp}$  и  $C_{zp} = f(W_{om})$  для наиболее распространённых на территории исследования глинистых грунтов. Эти зависимости лучше всего аппроксимируются экспоненциальной кривой. Пример такой зависимости, полученной для территории Омской области, отражён на рис. 2.

В частности, модуль упругости глинистого грунта (суглинок пылеватый) для территории Омской области может быть установлен с помощью функциональной зависимости (1):

$$E_{zp} = 85,911 \cdot e^{-2,637W_{om}}, \quad (1)$$

где  $E_{zp}$  – модуль упругости грунта, МПа;  $W_{om}$  – относительная влажность грунта рабочего слоя земляного полотна, д.ед.

Коэффициент корреляции между двумя исследуемыми параметрами, в данном случае, составил  $r = 0,79$ , что послужило основанием для применения функциональной зависимости (1) при определении расчетных значений модуля упругости глинистых грунтов (суглинок пылеватый) рабочего слоя земляного полотна на территории Омской области.

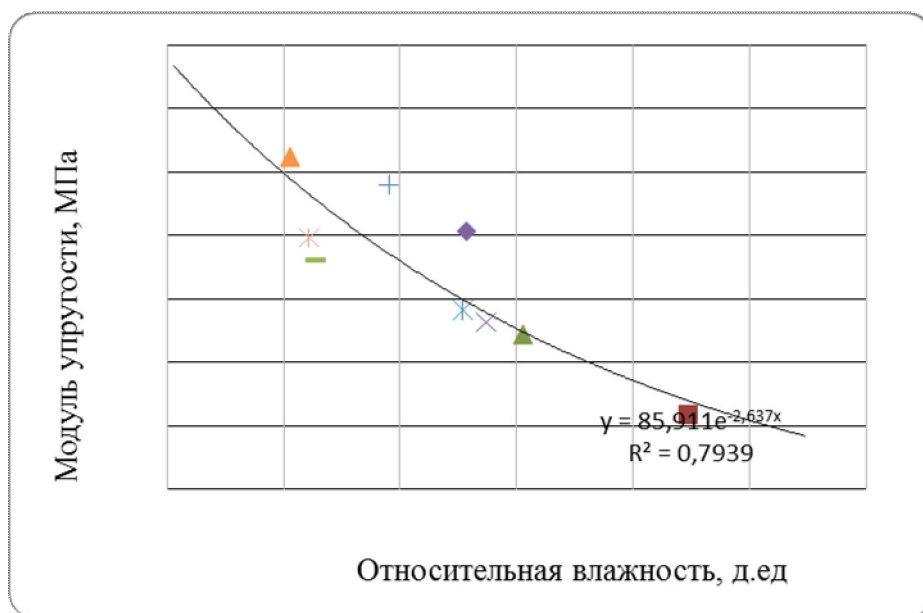


Рис. 2. График зависимости модуля упругости глинистого грунта (суглинок пылеватый) от его относительной влажности (по экспериментальным данным)

Для сопоставления результатов исследования свойств глинистых грунтов, расположенных на территории Омской области с Рекомендациями ОДН 218.046–01 проведём путём наложения зависимостей модуля упругости грунта рабочего слоя земляного полотна от относительной влажности друг на друга. Расхождение значений  $E_{gp}$ , полученных в результате эксперимента и приведённых в нормах ОДН 218.046–01 при различной влажности земляного полотна отражено на рис. 3.

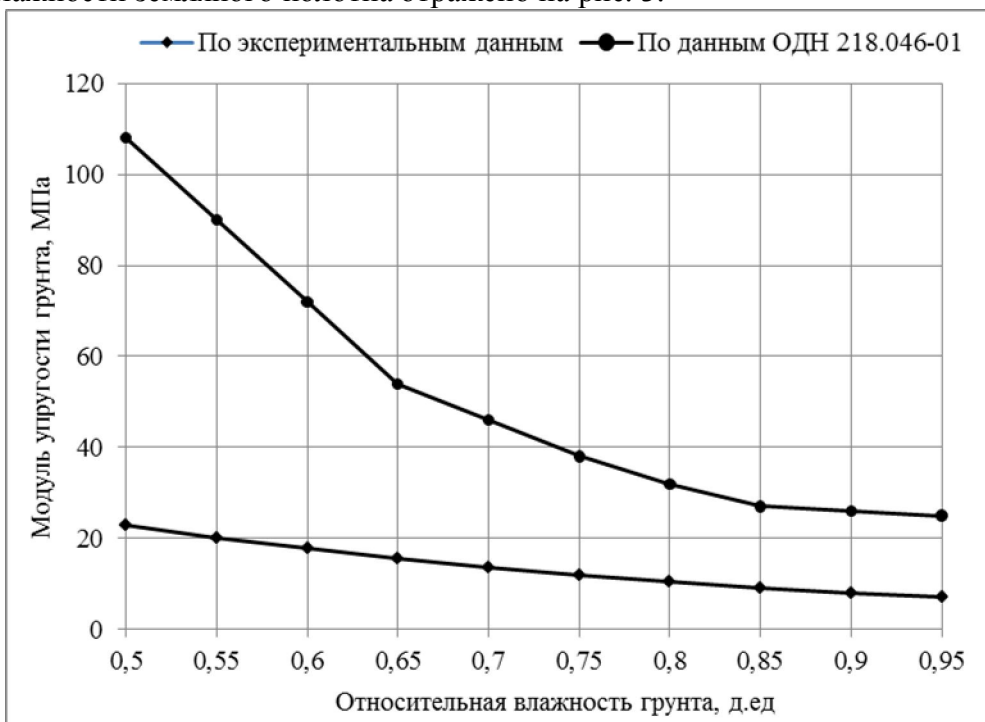


Рис. 3. Сопоставления результатов исследований с рекомендациями отражёнными в ОДН 218.046-01 выполненное на примере (суглинка пылеватого)

Полученные графические и функциональные зависимости позволили рекомендовать, в табличном виде, расчётные значения характеристик влажности, прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна для 112 дорожных районов, выделенных на территории Западной Сибири [12]. Так, например, в Таблице 1 отражены расчётные значения характеристик глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна для дорожного района III.P.2, выделенного на территории Омской области.

Таблица 1 - Значения расчётных характеристик глинистого грунта (суглинок пылеватый) для дорожного района III.P.2, выделенного на территории Омской области

Коэффициент влагопроводности	Уровень грунтовых вод	Расчетные значения показателей грунта			
		Весенняя относительная влажность	Модуль упругости	Угол внутреннего трения	Удельное сцепление
1,5	0,5	0,691	13,9	16,94	0,055
	1,0	0,624	16,6	20,40	0,067
	1,5	0,651	15,4	18,93	0,062
	2,0	0,631	16,3	20,00	0,066
	2,5	0,521	21,7	27,12	0,092
2,0	0,5	0,705	13,4	16,30	0,053
	1,0	0,635	16,1	19,78	0,065
	1,5	0,568	19,2	23,82	0,080
	2,0	0,536	20,9	26,02	0,088
	2,5	0,525	21,5	26,83	0,090
2,5	0,5	0,718	12,9	15,72	0,051
	1,0	0,644	15,7	19,30	0,063
	1,5	0,574	18,9	23,42	0,078
	2,0	0,541	20,6	25,66	0,086
	2,5	0,53	21,2	26,46	0,089
3,0	0,5	0,73	12,5	15,21	0,049
	1,0	0,653	15,4	18,82	0,062
	1,5	0,579	18,7	23,10	0,077
	2,0	0,545	20,4	25,38	0,085
	2,5	0,533	21,1	26,24	0,088

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в выделении однородных территорий (дорожных районов) в региональных административных образованиях по комплексу природных и климатических условий с учётом закономерностей и связей, учитывающих особенность протекания водно-теплового режима грунтов земляного полотна автомобильных дорог и насыщения их информацией по значениям расчётных характеристик глинистых грунтов.

Установлены и систематизированы характеристики геокомплексов зонального, интразонального и регионального характера, определяющие протекание водно-теплового режима грунтов земляного полотна автомобильных дорог на территориях административных образований Западной Сибири, в виде исходной информации при территориальном выделении зон, подзон и дорожных районов.

Уточнено географическое положение линий границ дорожно-климатических зон, в пределах территорий административных образований. Выделены дорожные районы характеризующиеся однородными показателями геокомплексов. Для территории Западной

Сибири рекомендовано четыре дорожно-климатические зоны (I, II, III и IV), три подзоны (Р – равнинная, Х – холмистая, Г - горная) и 112 дорожных районов.

Предложена методологическая схема обоснования расчётных значений характеристик влажности, прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна для качественного проектирования автомобильных дорог во вновь осваиваемых районах России.

Для каждого дорожного района, выделенного на территории Западной Сибири, установлен и нормирован комплекс характеристик глинистых грунтов, необходимый для проектирования нежёстких дорожных одежд автомобильных дорог по условию прочности.

Результаты экспериментальных исследований по определению характеристик прочности и деформируемости глинистых грунтов на территории исследования существенно отличаются от нормированных значений, нашедших отражение в ОДН 218.046–01. Так, фактические значения расчётной влажности глинистых грунтов земляного полотна полученные по результатам наших исследований выше нормированных на 7–10% (в зависимости от типа местности по характеру и степени увлажнения) [11]. Нормированные значения модуля упругости ( $E_{zp}$ ) глинистых грунтов земляного полотна по сравнению с результатами фактических наблюдений, на примере территории Омской области, завышены.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-07-00673 А), отдельные элементы выполнены по плану НИР Федерального дорожного агентства (Росавтодор).

### Список литературы

1. Ефименко В.Н. К обоснованию территориального распространения границы II–III дорожно-климатических зон в Западно-Сибирском регионе [Текст] / В. Н. Ефименко, С. В. Ефименко, А. В. Сухоруков, Т. А. Кожухарь // Вестник Том. гос. архитектурно-строит. ун-та. – Томск: 2014. – №5(46) – С. 133-142
2. Ефименко С.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири [Текст] : монография / С.В. Ефименко, М.В. Багина. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.- строит. ун-та, 2014. – 244 с.
3. Сиденко В. М. Автомобильные дороги (Совершенствование методов проектирования и строительства) [Текст] / В.М.Сиденко, О.Т.Батраков, М.И.Волков. – Киев: Будивельник, 1973. – 278 с.
4. СНиП 2.05.02 – 85\*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР [Текст]. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 2004 – 56 с.
5. СНиП КР 32-01:2004. Проектирование. Автомобильные дороги [Текст]. – Бишкек.: Госкомархстрой при Правительстве Кыргызской Республики, 2004 – 85с.
6. Ефименко В.Н. Теоретическое обоснование дорожно-климатического районирования территории Юго-Востока Западной Сибири[Текст] / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко // Вестник Том.гос. архитектурно-строит. ун-та. – Томск: 2001. – №2 – С. 5 – 9.
7. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд [Текст] / Под.ред. И.А. Золоторя, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 416с.
8. Ефименко В.Н. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог при глубоком промерзании грунтов (На примере Юго-Востока Западной Сибири) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.Н.Ефименко. – Москва: 1978. – 216 с.
9. Ефименко В.Н. Назначение расчётных значений характеристик грунтов земляного полотна для расчёта дорожных одежд [Текст] / В. Н. Ефименко, С. В. Ефименко, А. В. Сухоруков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово: 2015. - № 3 – С. 124-130.

10.Полищук А.И. Расчётные значения характеристик глинистых грунтов для проектирования автомобильных дорог [Текст] / А. И. Полищук, С. В. Ефименко // Изв. вузов. Строительство. – 2005. – № 8. – С. 66 – 71.

11. Ефименко С.В. Обоснование расчетных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд автомобильных дорог (на примере Западной Сибири) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.В.Ефименко. – Омск, 2006. – 23 с.

12. Ефименко С.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири [Текст]: монография / С.В. Ефименко, М.В. Багина. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 244 с. + 10 л. вкл. + 2 л. Приложение.