



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ХАРАКТЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ

Приказ Председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 21 декабря 2018 года № 124

Предисловие

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ | Акционерным обществом "Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт" (АО "КаздорНИИ") |
| 2 | УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ | Приказом Председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан № 124 от 21 декабря 2018 года |
| 3 | СОГЛАСОВАНЫ | Акционерным обществом "НК "КазАвтоЖол" № 03/14-2-2623-И от 14 ноября 2018 г о д а |
| 4 | СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ | 2023 год |
| | ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ | 5 лет |
| 5 | ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ | |

Содержание

Введение

Автомобильная дорога должна обеспечить круглосуточное бесперебойное движение транспортных средств в течение всего срока службы. Главными конструктивными элементами автомобильной дороги являются дорожная одежда и земляное полотно, которые подвержены многократным механическим воздействиям транспортных средств и изменчивых климатических и гидрологических факторов. Из числа последних температура играет ключевую роль в обеспечении проектного срока службы автомобильной дороги. Так, в зависимости от температуры в очень широких пределах изменяются механические и реологические свойства асфальтобетонов и других дорожно-строительных материалов, содержащих битумы. При отрицательных

температурах часть влаги в порах грунта переходит из жидкого состояния (вода) в твердое состояние (лед) с выделением теплоты. Необходимо уделять большое внимание изучению температурного режима автомобильной дороги и его влиянию на деформацию и прочность дорожной одежды.

Следует отметить, что сбор данных и их обработка с установлением закономерностей изменений температуры и влажности в дорожных одеждах и земляном полотне участков автомобильных дорог должны проводиться достаточно длительный период времени, так как имеет место изменчивость распределения температуры и влажности из года в год вследствие изменения температуры воздуха, грунтово-гидрологических и других климатических условий в регионах республики.

В документе представлены основные показатели водно-теплого режима дорожных конструкций для различных климатических регионов Казахстана, а также методика получения экспериментальных данных о температуре и влажности в земляном полотне и дорожной одежде.

1 Область применения

1.1 Настоящие рекомендации распространяются на сеть автомобильных дорог общего пользования Республики Казахстан и предназначены для решения вопросов, связанных с текущим и перспективным планированием дорожных работ и распределением объемов финансирования, выделяемых на ремонтные работы.

1.2 Рекомендации устанавливают нормы проектирования нежестких дорожных одежд и покрытий применительно к дорожно-климатическим условиям Казахстана.

1.3 Рекомендациями следует руководствоваться при проектировании конструкций дорожных одежд для автомобильных дорог общего пользования, для расчета дорожных одежд на стадиях проектирования и эксплуатации, а также при решении инженерно-экономических задач применительно к автомобильным дорогам [1-7].

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящих рекомендаций необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология.

СТ РК 2068-2010 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования.

СТ РК 2607-2015 Технические средства организации движения в местах производства дорожных работ. Основные параметры. Правила применения.

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 21718-84 Материалы строительные. Диэлькометрический метод измерения влажности.

Примечание - При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов по ежегодно издаваемому информационному указателю "Нормативные документы по стандартизации", составленному по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Максимальная температура воздуха: Величина температуры воздуха, характеризующая ее экстремально высокое значение в течение рассматриваемого периода времени в районе эксплуатации автомобильной дороги.

3.2 Минимальная температура воздуха: Величина температуры воздуха, характеризующая ее экстремально меньшее значение в течение рассматриваемого периода времени в районе эксплуатации автомобильной дороги.

3.3 Влажность: Показатель содержания воды в конструктивных материалах дорожной одежды и грунтовом основании. Влажность характеризуется количеством воды в веществе, выраженным в процентах (%) от первоначальной массы влажного вещества или ее объема.

3.4 Дорожная одежда: Многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая ее на грунт.

3.5 Земляное полотно: Конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги.

3.6 Конструктивный слой: Каждый слой дорожной одежды, состоящий из однородных материалов и отличающийся от соседних слоев видом материалов, его прочностью и составом. Учитывается при расчете прочности дорожной одежды.

3.7 Покрытие дорожное: Одно- или многослойная верхняя часть дорожной одежды, устраиваемая на дорожном основании, непосредственно воспринимающая нагрузки от

транспортных средств и предназначенная для обеспечения заданных эксплуатационных требований и защиты дорожного основания от воздействия атмосферных факторов.

3.8 Основание дорожное: Нижний несущий слой дорожной одежды, воспринимающий нагрузки от транспортных средств совместно с покрытием и предназначенный для ее распределения на дополнительные слои или непосредственно на грунт земляного полотна.

3.9 Земляного полотна водно-тепловой режим: Закономерность изменения в течение года влажности и температуры грунта верхних слоев земляного полотна, свойственная данной дорожно-климатической зоне и местным гидрогеологическим условиям.

3.10 Земляного полотна регулирование водно-теплого режима: Система мероприятий, направленных на снижение увлажнения и уменьшение величины морозного пучения рабочего слоя земляного полотна.

4 Общие положения

4.1 Дорожная одежда и земляное полотно являются основными конструктивными элементами, от которых зависят прочность и долговечность автомобильной дороги. На автомобильную дорогу оказывают воздействие механические нагрузки от движущихся автомобилей, климатические и гидрологические факторы. Из числа климатических факторов наиболее значимыми можно считать температуру и влажность. Так, в зависимости от температуры в широких пределах изменяются механические и физические характеристики асфальтобетонных слоев дорожной одежды. При отрицательных значениях температуры в слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна имеющаяся влага переходит из одного (жидкого) в другое (твердое) агрегатное состояние, что сопровождается выделением скрытой теплоты льдообразования и изменением объема.

4.2 Глубина промерзания грунтов является одним из основных факторов водно-теплого режима. Известно, что все грунты земляного полотна промерзают при температуре ниже 0°C. Существенное влияние на этот процесс оказывают вид грунта, его влажность и продолжительность действия отрицательной температуры. Чем выше теплопроводность грунта, тем больше глубина его промерзания. Начальная влажность грунта также способствует промерзанию, так как увеличивает его теплопроводность [8]. Это связано с тем, что при замерзании воды выделяется теплота льдообразования, поэтому скорость и глубина промерзания более влажного грунта будут меньше, чем грунта с меньшей влажностью. Следует отметить, что на глубину промерзания влияет сумма отрицательных температур воздуха, продолжительность и интенсивность действия отрицательной температуры, высота снежного покрова, залегание уровня грунтовых вод, влажность грунта и др. Таким образом, глубина

промерзания грунтов в основном зависит от климатических, гидрологических, грунтовых и других природных условий, которые варьируются в широких пределах. Поэтому и глубина промерзания не остается постоянной, а изменяется из года в год [9, 10].

4.3 В нормативном документе [11] представлена карта глубины промерзания грунта земляного полотна, разработанная с использованием расчетных данных, полученных по формуле профессора В.М. Сиденко [9]. При этом, использованы климатические характеристики ограниченного числа метеостанций республики. В связи с этим, данные о глубинах промерзания грунта земляного полотна нуждаются в уточнении. Позже, эта карта была также представлена и в документе [4].

5 Методика получения экспериментальных данных

5.1 Сущность метода

Сущность метода заключается в определении температуры и влажности в слоях дорожной одежды и земляного полотна.

5.2 Общие требования

Наличие участков автомобильных дорог, с установленными на них измерительными комплексами (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Система датчиков для измерения температуры и влажности



Рисунок 2 – Вид наземной части измерительных комплексов (системы датчиков)

5.3 Требования к условиям, при которых проводят измерения

5.3.1 Датчики каждого комплекта устанавливаются на различных глубинах вертикальной скважины, пробуренной в многослойной дорожной одежде и земляном полотне автомобильной дороги, в зависимости от конструкции дорожной одежды и климатических условий региона.

5.3.2 Каждый датчик, изготовленный в виде металлической капсулы, включает в себя элемент для измерения температуры, основанный на эффекте термосопротивления и элемент для измерения влажности через диамагнитную проницаемость (модификация датчиков соответствует техническим условиям [12]). Такое конструктивное решение позволяет осуществить одновременное измерение температуры и влажности в точках дорожной одежды и земляного полотна.

5.3.3 Температурные части датчиков должны быть откалиброваны изготовителем, а влажностные части - откалиброваны в соответствии с ГОСТ 21718-84.

5.3.4 Калибровка датчиков должна быть выполнена с использованием грунта, отобранного с места их закладки. Измерительные концы датчиков выводятся на поверхность дороги и собираются в измерительной камере надземного блока комплекта.

5.3.5 По способу защиты от поражения электрическим током датчики должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0-75.

5.3.6 Датчики работают в автоматическом режиме, осуществляют измерение температуры и влажности каждый час с записью полученной информации в запоминающее устройство.

5.3.7 Результаты измерений передаются по кабелю связи в интерфейс [13-16].

5.3.8 Технические характеристики датчиков приведены в таблице 1. Информация о конструкции датчиков температуры и влажности изложена в [17-20].

Таблица 1 – Технические характеристики датчиков температуры

и влажности

Технические данные датчиков	Единицы измерения	Количество
1 Диапазон измерения температуры	°С	-55...+80
2 Точность измерения температуры	°С	±0,2
3 Диапазон измерения влажности	%	0...40
4 Абсолютная погрешность измерения влажности	%	± 1 , 5
5 Объем памяти	значения	не менее 200 000
6 Периодичность записи в память результатов измерений температуры и влажности	час	каждый час
7 Температурные условия эксплуатации	°С	-20...+70
8 Срок службы комплекта оборудования	лет	не менее 5

5.3.9 Снятие показаний с датчиков осуществляется посредством подключения портативного компьютерного устройства к центральному устройству, расположенному во внешнем металлическом блоке.

5.3.10 В местах проведения работ необходимо устанавливаются дорожные знаки в соответствии со СТ РК 2607-2015.

5.3.11 Полученные данные, имеют вид числовых значений, собранных в одном электронном файле Terem-4 (единицы измерения температуры - °С, а влажности - %, в соответствии с ГОСТ 8.417-2002). Формат файла Terem-4 не соответствует обычному представлению данных в табличной форме, как это делается в Microsoft Office Word и Microsoft Office Excel (рисунок 3).

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Config	29.12.2014 11:25	Папка с файлами	
Data	29.12.2014 11:25	Папка с файлами	
FTDI-Driver	29.12.2014 11:25	Папка с файлами	
Help	29.12.2014 11:25	Папка с файлами	
130623_2200.trm4	24.06.2013 10:11	Файл "TRM4"	2 КБ
130629_2000.trm4	08.07.2013 0:38	Файл "TRM4"	3 КБ
interpribor	08.12.2005 21:10	Ярлык Интернета	1 КБ
Screenshot	17.05.2014 18:21	Точечный рисунок	141 КБ
Terem4	23.05.2013 10:31	Приложение	963 КБ
Terem-4	07.04.2016 10:29	Параметры конф...	1 КБ
unins000	21.06.2013 15:54	Файл "DAT"	12 КБ
unins000	21.06.2013 15:53	Приложение	692 КБ

Терем-4/Теплограф

Файл Правка Команды Параметры Помощь

29 июня Копировать таблицу в буфер обмена
 7 июля 2013, 18:00:00 - 27 ноября 2013, 18:59:59
 21 июля 2013, 18:00:00 - 24 января 2014, 01:59:59
 29 ноября 2013, 17:00:00 - ???
 7 мая 2014, 14:00:00 - ???

Комментарий к пр
 Новый процесс. С

Дата	Время	Ад1Д1	Ад1Д2	Ад1Д3	Ад1Д4	Ад1Д5
д.м.г	час:мин	Влажность,	Температур	Влажность,	Температур	Влажность,
7.5.2014	14:00	5,994	15,13	5,991	15,75	5,247
7.5.2014	15:00	5,992	15,13	5,991	15,75	5,246
7.5.2014	16:00	5,993	15,13	5,991	15,81	5,247
7.5.2014	17:00	5,993	15,13	5,993	15,81	5,248
7.5.2014	18:00	5,992	15,19	5,993	15,81	5,250
7.5.2014	19:00	5,993	15,13	5,994	15,88	5,250
7.5.2014	20:00	5,993	15,19	5,995	15,81	5,253
7.5.2014	21:00	5,994	15,19	5,995	15,88	5,250

Рисунок 3 – Извлечение информации с электронного приложения датчиков Terem4

5.3.12 Затем, первичная информация переводится в формат Microsoft Office Excel. После чего, полученные данные о температуре и влажности оформляются в виде таблиц и анализируются.

5.3.13 Количество измерений зависит от продолжительности периода наблюдений.

6 Показатели водно-теплового режима дорожных конструкций для различных климатических регионов Казахстана

6.1 В рекомендациях представлены числовые данные за 20-летний период, полученные с 40 метеорологических станций, расположенных в различных климатических зонах Казахстана.

6.2 Метеорологические данные представлены непрерывно с интервалом в три часа.

6.3 Установлена корреляционная связь между суммой отрицательных температур и глубиной максимального промерзания автомобильной дороги за зимний период, описываемая следующей степенной функцией:

$$h_{\text{пр}} = 2,647 \cdot \theta^{0,6} \quad (1)$$

где $h_{\text{пр}}$ – максимальная глубина промерзания автомобильной дороги, см;

θ – сумма отрицательных температур воздуха за весь зимний период, град·сут.

6.4 Информация с метеорологических станций позволила получить показатели холодного периода: значения экстремальных температур (T_{min} и T_{max}), сумму отрицательных температур и количество суток с отрицательной температурой в 40 населенных пунктах Казахстана за многолетний период (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели холодного периода и глубина промерзания

Метеостанция	Количество суток с отрицательной температурой t_{θ} , сут	Сумма отрицательных температур θ , град·сут	Глубина промерзания $h_{\text{пр}}$, см	Многолетняя средняя температура, °С	
				мини-мальная T_{min}	макси-мальная T_{max}
1 Акколь	147	1803,3	237,9	-41,5	37,4
2 Актау	41	219,1	67,2	-24,6	41,9
3 Актобе	131	1357,4	200,6	-39,0	40,9
4 Алматы	79	434,2	101,2	-22,1	37,8
5 Аральское море	109	1089,4	175,8	-33,9	42,2
6 Аркалык	138	1651,0	225,6	-39,4	39,2
7 Астана	138	1608,3	222,1	-39,4	38,6
8 Атырау	87	673,2	131,7	-35,9	41,0
9 Аягоз	137	1699,2	229,6	-38,0	37,8
10 Бейнеу	84	702,8	135,2	-33,1	44,0
11 Екибастуз	132	1689,0	228,7	-41,3	40,2
12 Есиль	142	1720,7	231,3	-39,4	38,7
13 Женибек	96	854,8	152,0	-33,2	42,0
14 Жаркент	83	542,7	115,7	-30,1	38,8
15 Жезказган	127	1365,0	201,3	-37,4	41,6
16 Зайсан	137	1735,2	232,5	-39,8	39,8
17 Индерборский	99	871,0	153,7	-34,9	43,1
18 Кайнар	145	1639,5	224,7	-38,9	37,2
19 Капшагай	88	627,8	126,3	-29,3	40,8
20 Карабутақ	136	1606,8	222,0	-37,4	39,4
21 Караганда	135	1499,7	213,0	-35,6	38,3
22 Каркаралы	129	1379,9	202,6	-34,8	36,0

2 3 Кишкенеколь	146	1968,2	250,7	-45,0	38,8
24 Костанай	136	1658,6	226,3	-41,4	37,4
25 Кульсары	89	787,7	144,7	-31,7	42,8
26 Кызылорда	81	634,0	127,1	-31,4	43,5
27 Павлодар	138	1883,8	244,2	-44,2	39,9
2 8 Петропавловск	144	1843,6	241,1	-42,5	35,7
29 Рузаевка	142	1751,7	233,8	-40,6	36,8
3 0 Семипалатинск	137	1684,0	228,3	-41,6	40,4
3 1 Талдыкорган	98	769,2	142,7	-31,6	40,1
32 Тараз	65	410,6	97,9	-27,9	40,2
33 Туркестан	54	365,5	91,3	-26,4	44,2
34 Уральск	116	1151,7	181,8	-35,8	40,8
35 Оскемен	136	1727,0	231,8	-44,6	38,0
36 Учарал	113	1038,0	170,8	-39,4	42,0
37 Чапаево	107	1014,2	168,4	-37,3	40,1
38 Чиганак	105	977,0	164,7	-33,0	43,0
39 Шалкар	124	1352,7	200,2	-38,7	40,6
40 Шымкент	44	231,0	69,3	-21,7	41,7

6.5 Максимальные глубины промерзания в различных регионах Казахстана определяются по формуле 1.

6.6 Сравнение полученных показателей холодного периода (таблица 2) и аналогичных данных, приведенных в СП РК 2.04-01-2017, показывает, что специальные термины СП РК 2.04-01-2017 относятся к гражданскому строительству.

6.7 В дорожной области представляет интерес глубина промерзания, как фактор, способствующий морозному пучению.

Глубина промерзания по СП РК 2.04-01-2017 таблица 3.6 дана для открытой местности (в поле) под естественным снежным покровом. Снежный покров в данном случае выступает в роли естественного "одеяла" и глубина промерзания определенная в этом случае по своим значениям ниже, чем глубина промерзания грунта, расположенного под дорожной одеждой на автомобильной дороге. В таблице 2 глубина промерзания грунта определена под автомобильной дорогой из условий, когда снежный покров на автомобильной дороге отсутствует, в связи с проводимыми эксплуатационными мероприятиями. В работах [21, 22] отмечено, что на основе численных экспериментов было определено, что только за счет изменчивости теплофизических параметров снежного покрова расчетная глубина промерзания грунтов может отличаться в несколько раз. К основным параметрам снежного покрова, влияющим на теплообмен, относится толщина снежного покрова h_s и его плотность ρ_s .

Приведенные данные о глубине промерзания грунтов в СП РК 2.04-01-2017 таблица 3.6 относятся к ограниченному количеству населенных пунктов, а данные таблицы 2 относятся к большему количеству населенных пунктов (всего 40) и охватывают практически всю территорию республики.

Сравнение имеющиеся одинаковых населенных пунктов (городов) по обеим таблицам (таблица 3.6 СП РК 2.04-01-2017 и таблица 2) приведено в таблице 3. Во всех рассмотренных географических точках имеет место занижение сведений о промерзании грунта по таблице 3.6 СП РК 2.04-01-2017.

Таблица 3 – Сравнение глубин промерзания грунта в разных географических точках

№ п/п	Географическая точка	Глубина промерзания		Разница, см
		Таблица 3.6 СП РК 2.04-01-2017	Рассчитанная по формуле (1), таблица 2	
1	Костанай	203	226	23
2	Джаныбек	126	152	26
3	Жаркент	99	116	17

6.8 Сравнение приводимых в СП РК 2.04-01-2017 данных об абсолютных значениях минимальных и максимальных температур (таблицы 3.1 и 3.2), показывает то, что они относятся к большому периоду времени (приведены за период наблюдений в 35 лет), когда вероятность наступления таких температур является небольшой. В таком случае закладывая такие высокие расчетные характеристики в дорожный проект, есть риск неоправданного удорожания строительства автомобильной дороги.

Приводимые в таблице 2 значения экстремальных значений температуры относятся к меньшему периоду времени и соответственно, вероятность их возникновения будет высокой. Таким образом, предлагаемые в таблице 2 значения экстремальных температур будут максимально приближенными к их реальным значениям.

Сравнение экстремальных минимальных температур воздуха (таблица 3.1 СП РК 2.04-01-2017 и таблица 2) приведено в таблице 4. Установлено, что во всех географических точках имеет место явное превышение абсолютных значений минимальных температур, приведенных в СП РК 2.04-01-2017 над значениями, представленными в таблице 2. Эта разница максимальна для городов Алматы, Тараз, Туркестан и Жаркент и составляет 15,6 °С, 13,1 °С, 12,2 °С и 12,2 °С, соответственно.

Таблица 4 – Сравнение минимальных температур воздуха в разных географических точках

Географическая точка	Минимальная температура воздуха, °С		Разница, °С
	Таблица 3.6 СП РК 2.04-01-2017	Таблица 2	

1 Петропавловск	-45	-41,5	-3,5
2 Костанай	-43,1	-41,4	-1,7
3 Аркалык	-43,2	-39,4	-3,8
4 Астана	-51,6	-39,4	-12,2
5 Павлодар	-45,5	-44,2	-1,3
6 Экибастуз	-43,1	-41,3	-1,8
7 Уральск	-43,0	-35,8	-7,2
8 Атырау	-37,9	-35,9	-2
9 Актау	-27,7	-24,6	-3,1
10 Бейнеу	-34,7	-33,1	-1,6
11 Актобе	-48,5	-39,0	-9,5
12 Жезказган	-42,7	-37,4	-5,3
13 Караганда	-42,9	-35,6	-7,3
14 Аягоз	-44,9	-38,0	-6,9
15 Зайсан	-40,9	-39,8	-1,1
16 Семей	-46,8	-41,6	-5,2
17 Оскемен	-48,9	-44,6	-4,3
18 Кызылорда	-37,2	-31,4	-5,8
19 Аральск	-37,9	-33,9	-4
20 Туркестан	-38,6	-26,4	-12,2
21 Шымкент	-30,3	-21,7	-8,6
22 Тараз	-41,0	-27,9	-13,1
23 Алматы	-37,7	-22,1	-15,6
24 Жаркент	-42,3	-30,1	-12,2
25 Талдыкорган	-42,0	-31,6	-10,4

6.9 Сравнение данных по глубине промерзания, рассчитанных по формуле 1 (таблица 2) и значений глубин промерзаний приведенных в нормативном документе [4] (рисунок 10) приведено в таблице 5. Установлено, что карта, показанная в СП РК 3.03-104-2014 (рисунок 10), в северной части республики занижает сведения о промерзании дорожных конструкций. В южной части территории Казахстана, напротив – завышает. Эта разница максимальна для городов Петропавловск и Кокшетау и составляет 33 см и 36,2 см, соответственно. В южной и западной частях разница анализируемых значений в результатах достигает 11 см.

Таблица 5 – Глубина промерзания в разных географических точках Казахстана

Географическая точка	Глубина промерзания, см		Разница, см
	по карте, рисунок 10 [4]	Рассчитанные по формуле (1)	
1 Актау	67,5	67,2	-0,3
2 Актобе	187,2	200,6	13,4
3 Алматы	111,7	101,2	-10,5

4 Астана	206,9	222,1	15,2
5 Атырау	134,7	131,7	-3,0
6 Жезказган	189,2	201,3	12,1
7 Караганда	202,0	213,0	11,0
8 Кокшетау	206,6	242,8	36,2
9 Костанай	204,9	226,3	21,4
10 Кызылорда	131,7	127,1	-4,6
11 Павлодар	211,7	244,2	32,5
12 Петропавловск	208,1	241,1	33,0
13 Семипалатинск	201,4	228,3	26,9
14 Талдыкорган	149,1	142,7	-6,4
15 Уральск	187,5	181,8	-5,7
16 Өскемен	201,2	231,8	30,6

6.10 В расчетах конструкций дорожных одежд на морозоустойчивость рекомендуется применять значения глубины промерзания, указанные в таблице 2, либо по карте [4] (рисунок 10)

6.11 Минимальные и максимальные значения температуры воздуха 40 метеорологических станций РК для удобства использования представлены в виде климатических карт Республики по экстремальным значениям температуры воздуха за многолетний период времени, построенные на программном комплексе SURFER (рисунки 4, 5). Кроме значений максимальной и минимальной температуры воздуха, для построения карт необходимы такие дополнительные данные как: географические координаты (широта и долгота) и высота над уровнем моря тех же 40 населенных пунктов, в которых расположены метеорологические станции РК (таблица 6).

Таблица 6 – Распределение характерных параметров климата Казахстана по 40 метеорологическим станциям за многолетний период

Метеостанция	Широта (y)	Долгота (x)	H, высота над уровнем моря, м	T _{min} , °C	T _{max} , °C	H _{пр} , м
1	2	3	4	5	6	7
1 Акколь	51,9956496	70,9359277	261	-41,5	37,4	238
2 Аркалык	50,249639	66,914047	349	-39,4	39,2	226
3 Астана	51,1605227	71,4703558	358	-39,4	38,6	222
4 Екибастуз	51,725198	75,3150685	203	-41,3	40,2	229
5 Есиль	51,9534228	66,4121857	222	-39,4	38,7	231
6 Кайнар	49,2000804	77,3918196	837	-38,9	37,2	225
7 Карабутак	49,9608194	60,1093445	230	-37,4	39,4	222
8 Караганда	49,8046835	73,1093826	543	-35,6	38,3	213
9 Каркаралы	49,4129509	75,4772753	843	-34,8	36,0	203
10 Кишкенеколь	53,6362335	72,3382061	134	-45,0	38,8	251

11 Костанай	53,2198089	63,6354232	170	-41,4	37,4	226
12 Павлодар	52,2873032	76,9674023	133	-44,2	39,9	244
1 3 Петропавловск	54,8732209	69,1505479	137	-42,5	35,7	241
14 Рузаевка	52,8186791	66,9548103	227	-40,6	36,8	234
1 5 Семипалатинск	50,4233463	80,250811	206	-41,6	40,4	228
16 Уральск	51,227821	51,3865431	32	-35,8	40,8	182
17 Оскемен	49,9749295	82,6017244	288	-44,6	38,0	232
18 Актобе	50,2839339	57,166978	216	-39,0	40,9	201
19 Аральск	46	61	29	-33,9	42,2	176
20 Аягоз	47,9755808	80,432736	669	-38,0	37,8	230
21 Женибек	49,417314	46,846277	25	-33,2	42,0	152
22 Жезказган	47,7963655	67,7020019	371	-37,4	41,6	201
23 Зайсан	47,4701444	84,8752996	624	-39,8	39,8	233
24 Индерборский	48,5573405	51,751162	5	-34,9	43,1	154
25 Кульсары	46,9691061	54,0068191	-13	-31,7	42,8	145
26 Учарал	46,1720372	80,9474113	394	-39,4	42,0	171
27 Чапаево	43,4702807	76,8057776	634	-37,3	40,1	168
28 Шалкар	47,8313394	59,6188673	169	-38,7	40,6	200
29 Атырау	47,0944959	51,9238373	-24	-35,9	41,0	132
30 Бейнеу	45,3222362	55,181848	3	-33,1	44,0	135
31 Жаркент	44,166512	79,999974	631	-30,1	38,8	116
32 Капшагай	43,8666546	77,0513838	505	-29,3	40,8	126
33 Кызылорда	44,8488314	65,4822686	127	-31,4	43,5	127
34 Талдыкорган	45,0177112	78,3804417	596	-31,6	40,1	143
35 Чиганак	45,1062734	73,9739944	351	-33,0	43,0	165
36 Алматы	43,2220146	76,8512485	852	-22,1	37,8	101
37 Актау	43,6410973	51,1985113	-15	-24,6	41,9	67
38 Тараз	42,8983715	71,3979891	623	-27,9	40,2	98
39 Туркестан	43,3050854	68,2346884	215	-26,4	44,2	91
40 Шымкент	42,3416845	69,590101	545	-21,7	41,7	69

Примечание - в значениях географических координат, долготы и широты целая часть задана в градусах, а дробная – в десятичных цифрах. Географические координаты метеорологических станций получены посредством интернет ресурса по ссылке: <http://mapszoom.com>

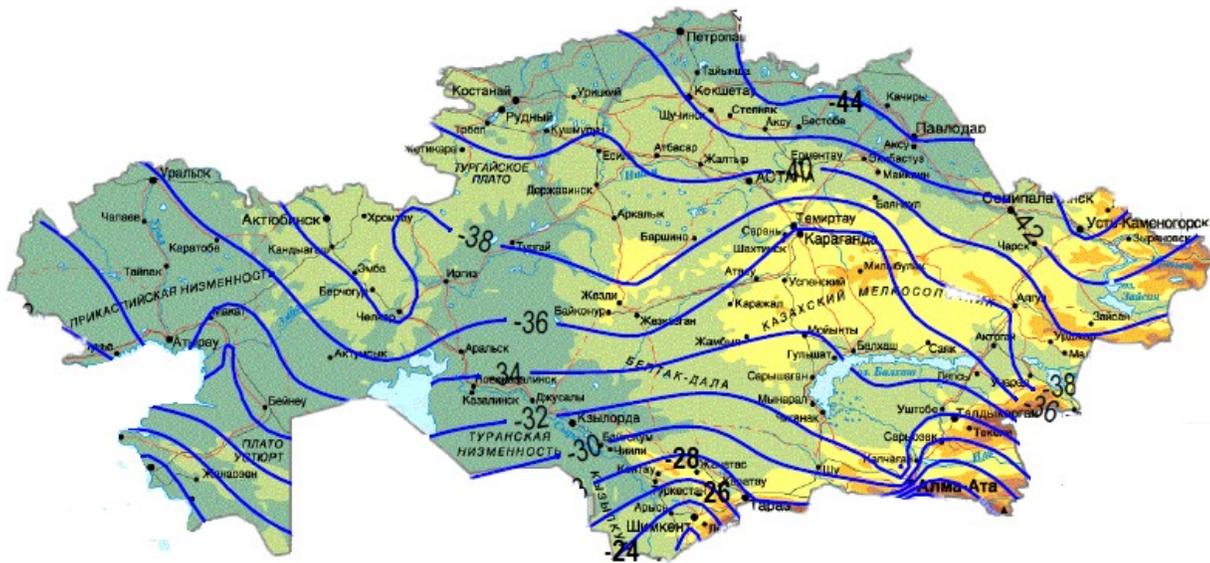


Рисунок 4 – Карта минимальных температур воздуха

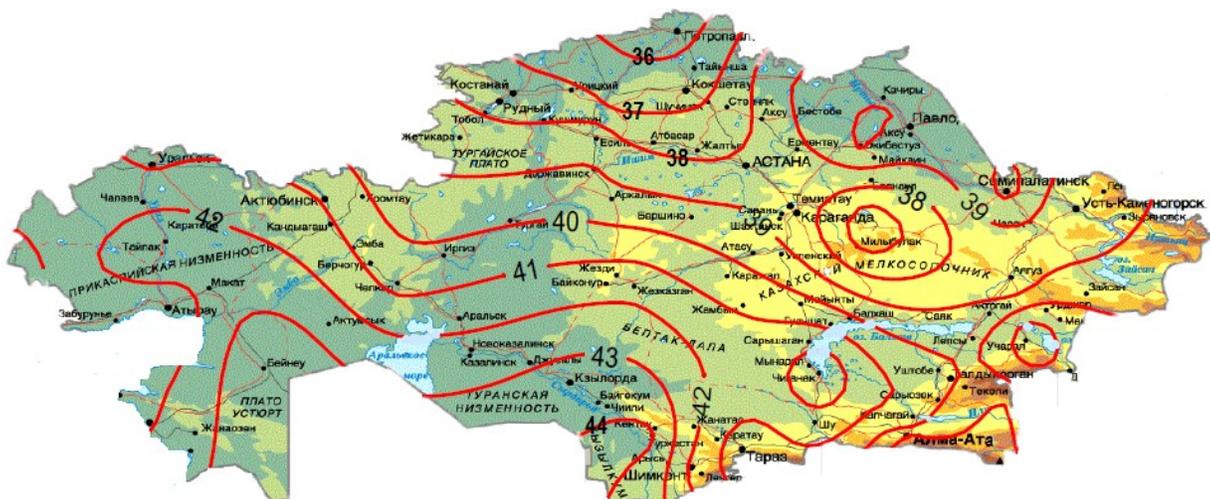


Рисунок 5 – Карта максимальных температур воздуха

6.12 В расчетах значений максимальных и минимальных температур асфальтобетонных покрытий [23] рекомендуется использовать данные о минимальных и максимальных температурах воздуха из таблицы 2.

7 Закономерности распределения температуры и влажности по глубине дорожной конструкции

7.1 Распределение температуры по глубине конструкции дорожной одежды автомобильной дороги в разные сезоны года представлено на рисунке 6 (в качестве примера приведен участок, расположенный в северной части республики, автомобильной дороги "Астана-Бурабай" (с асфальтобетонным покрытием). Графики

построены по данным, полученным с помощью датчиков температуры и влажности (рисунки 1 и 2). Как видно, на графиках, в разные сезоны года распределение температуры сильно отличается друг от друга: наибольшие значения температуры имеют место летом и с понижением температуры воздуха осенью происходит понижение температуры и в земляном полотне (на данном участке автомобильной дороги земляное полотно начинается на уровне 80 см). Зимой земляное полотно находится в мерзлом состоянии. С наступлением весны дорожная одежда и земляное полотно начинают оттаивать сверху вниз.

7.2 Графики распределения влажности по глубине земляного полотна в разные сезоны года на том же участке автомобильной дороги ("Астана-Бурабай") показаны на рисунках 7-9. Следует отметить, что в летний и осенний периоды года значения влажности в точках земляного полотна практически одинаковы.

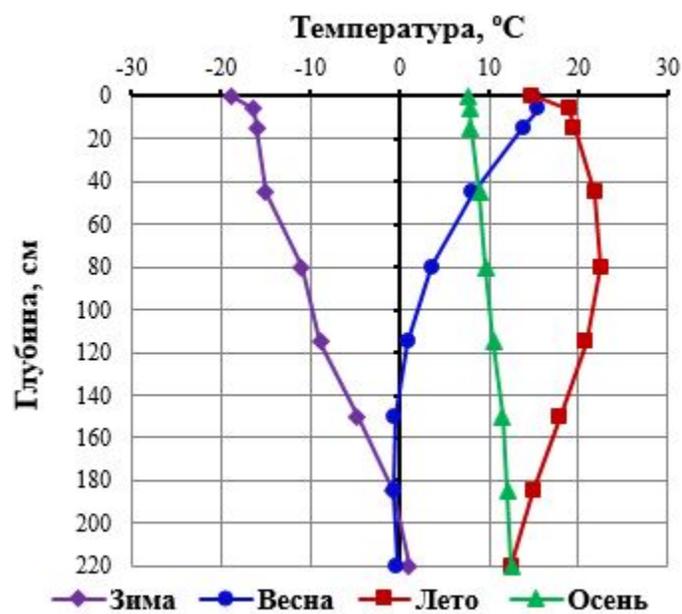


Рисунок 6 – Распределение температуры по глубине автомобильной дороги в разные сезоны года

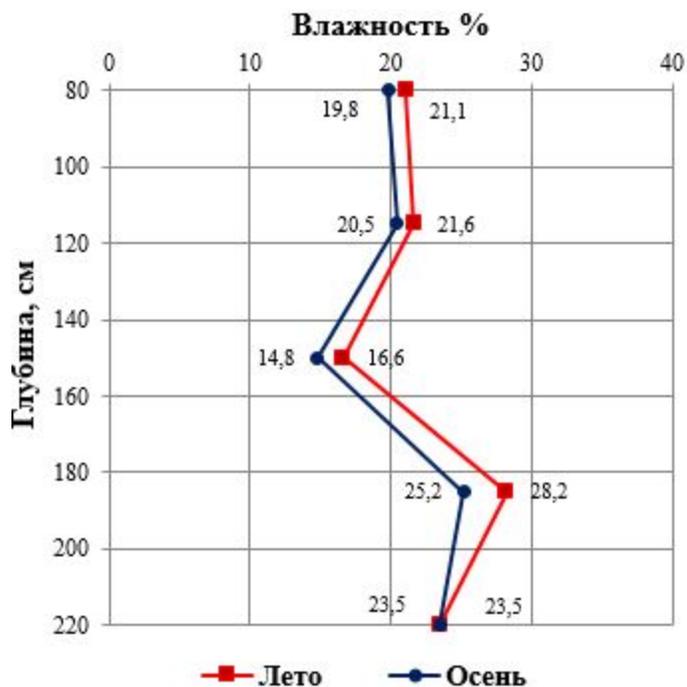


Рисунок 7 – Распределение влажности по глубине земляного полотна в летний и осенний периоды года

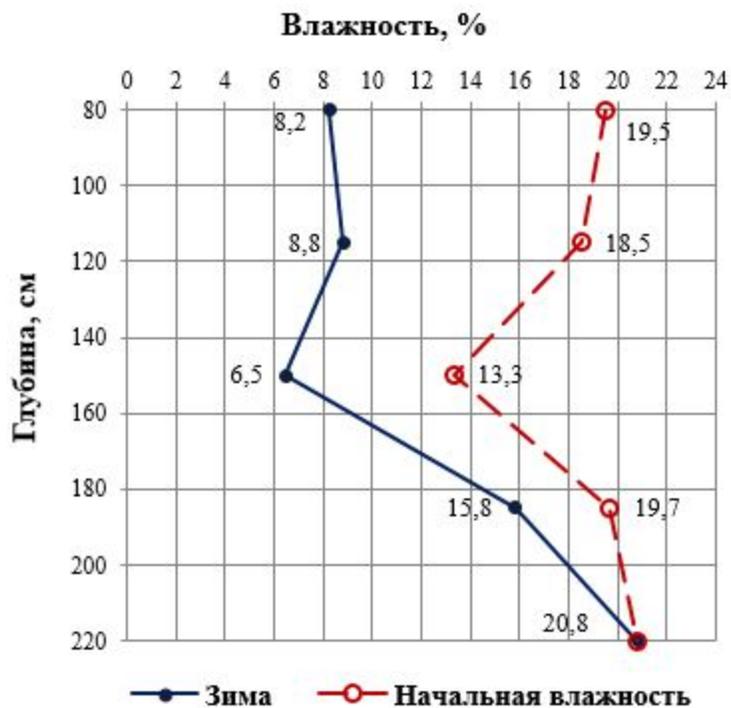


Рисунок 8 – Распределение влажности по глубине земляного полотна в зимний период года

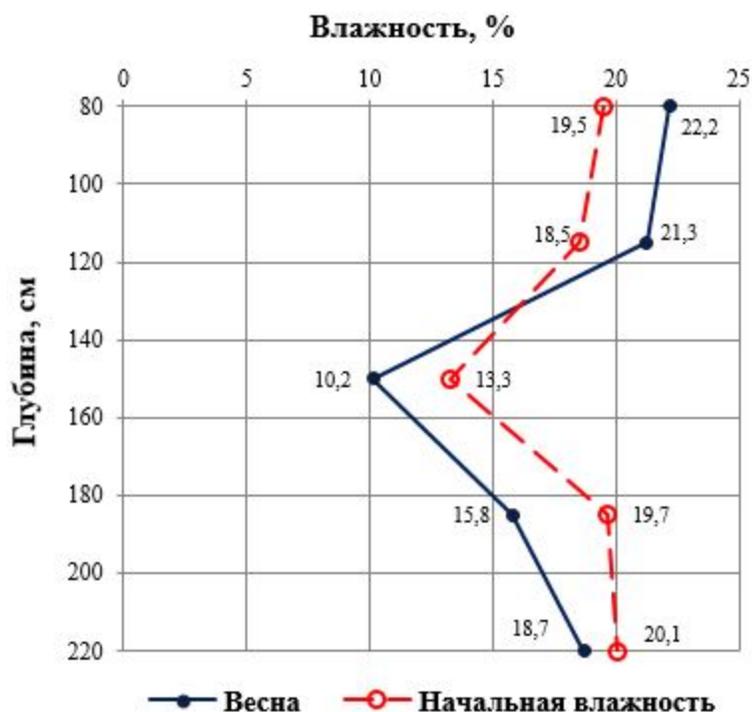


Рисунок 9 – Распределение влажности по глубине земляного полотна в весенний период года

7.3 Зимой с наступлением отрицательных температур в точках земляного полотна часть содержащейся воды переходит в лед. На рисунках 8 и 9 сплошная линия показывает содержание влажности в жидком состоянии (незамерзшая вода), а пунктирная линия соответствует начальной (перед зимой) влажности. Видно, что в зимний период содержание замерзшей воды (льда) в земляном полотне уменьшается с увеличением глубины (рисунок 8). Весной происходит оттаивание земляного полотна сверху вниз. На рисунке 9 хорошо видно, что весной верхняя часть земляного полотна до 130 см оттаяла, а остальная часть земляного полотна находится в мерзлом состоянии.

Из графиков изменения температуры и влажности (рисунки 6 и 9) на поверхности земляного полотна и в верхних его слоях зимой в момент перехода температуры в отрицательную область имеет место резкое уменьшение влажности, с дальнейшим понижением температуры влажность также уменьшается. А весной при переходе температуры из отрицательной области в положительную, происходит скачкообразное увеличение влажности. Эти явления показывают фазовые переходы, имеющие место при температуре, приблизительно равной 0 °С.

7.4 Особенности водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна по регионам, отражены в [13-16, 24-30].

Библиография

- [1] СН РК 3.03-01-2013 Автомобильные дороги.
- [2] СП РК 3.03-101-2013 Автомобильные дороги.
- [3] СН РК 3.03-04-2014 Проектирование дорожных одежд нежесткого типа.
- [4] СП РК 3.03-104-2014 Проектирование дорожных одежд нежесткого типа.
- [5] СН РК 3.03-03-2014 Проектирование жестких дорожных одежд.
- [6] СП РК 3.03-103-2014 Проектирование жестких дорожных одежд.
- [7] Технический регламент Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог" (ТР ТС 014/2011) от 18.10.2011 года № 827.
- [8] И. Леонович, Н. Вырко. Глубина промерзания грунтов – важнейший фактор водно-теплого режима земляного полотна, Строительная наука и техника, № 5(38), 2011 (<https://www.bsc.by/ru/story/glubina-promerzaniya-gruntov-vazhneyshiy-faktor-vodno-teplovogo-rezhima-zemlyanogo-polc>).
- [9] Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 416 с.
- [10] Пузаков, Н. А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог / Н. А. Пузаков. – М.: Автотрансиздат, 1960. – 128 с.
- [11] Р РК 218-38-04 Рекомендации по учету районирования территории Казахстана по расчетной глубине промерзания грунтов земляного полотна автомобильных дорог
- [12] ТУ 4215-005-7453096769-04 "Измерители влажности ВИМС-2. Технические условия".
- [13] Bagdat Teltayev, Elena Suppes. Impact of freezing of subgrade on pavement deformation // Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul, Korea, 2017. – pp. 1-4
- [14] Teltayev B, Baibaturov A, Suppes E. Characteristics of highway subgrade frost penetration in regions of the Kazakhstan // The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Fukuoka, Japan, 2015. – pp. 1664-1668.
- [15] Teltayev B., Suppes E. Freezing characteristics of a highway subgrade // Sciences in Cold and Arid Regions, 9(3), China, 2017. – pp. 325-330.
- [16] Teltayev B.B. and Suppes E.A. Regularities for temperature variation in subgrade of highway // Geomechanics and Engineering, Vol. 13, No. 5, 2017. – pp. 793-807.
- [17] Инновационный патент РК № 30157 от 18.06.2015 г. Датчик температуры и влажности.
- [18] Инновационный патент РК № 30272 от 20.07.2015. Способ определения температуры и влажности дорожной конструкции и ее грунтового основания.
- [19] Евразийский патент "Способ определения температуры и влажности дорожной конструкции и ее грунтового основания", № 028207 от 31.10.2017 года.
- [20] Евразийский патент "Датчик температуры и влажности дорожной конструкции", № 030700 от 28.09.2018 г.

[21] Н.И. Осокин, А.В. Сосновский, П.Р. Накалов, С.В. Ненашев. Термическое сопротивление снежного покрова и его влияние на промерзание грунта, журнал Лед и снег, №1(121), 2013, с. 93-103.

[22] Н.И. Осокин, Р.С. Самойлов, А.В. Сосновский, В.А. Жидков, Р.А. Чернов. Роль снежного покрова в промерзании грунтов, Известия РАН. Серия география, №4, 2001, с. 52-57.

[23] Р РК 218-96-2013 Рекомендации "Районирование территории Казахстана по расчетным температурам асфальтобетонных покрытий".

[24] Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Е.А. Суппес. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильной дороги "Астана-Бурабай", Вестник КазАТК, №2(105), 2018, С. 266-274.

[25] Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Е.А. Суппес. Особенности водно-теплого режима земляного полотна автомобильной дороги "Кызылорда-Шымкент", Вестник КазАТК, №2(105), 2018, С. 274-282.

[26] Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Е.А. Суппес, Қ.Б. Тілеу. К усовершенствованию дорожно-климатического районирования Казахстана, Вестник КазАТК, №2(105), 2018, С. 141-148.

[27] Пшембаев М.К., Телтаев Б.Б., Суппес Е.А. Особенности температурного режима автомобильной дороги с цементобетонным покрытием в условиях северного региона Казахстана, Автомобильные дороги мосты, № 2 (18), 2016. с. 41-47.

[28] Nugmanova & В. Teltayev. Measured temperature and moisture distribution in the subgrade of the "Almaty-Bishkek" highway, Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, Astana, Kazakhstan, 2016, pp. 57-60.

[29] Телтаев Б.Б., Суппес Е.А. Температурный режим автомобильной дороги на юге Казахстана, Узбекский журнал Проблемы механики № 3, 2016, с. 89-92.

[30] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Суппес Е.А. Сравнительный анализ температуры в дорожных конструкциях в разных регионах Казахстана, Вестник 1(51) Кыргызского Государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, 2016, Бишкек, Киргизская республика, с. 124-130.

Ключевые слова: температура, влажность, дорожная одежда, земляное полотно

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Руководитель
д.т.н., профессор

работы Б.Б. Телтаев

Ответственные исполнители:

К.А. Айтбаев
Е.А. Суппес

Исполнители:

К. Тілеу

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан»
Министерства юстиции Республики Казахстан