

**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 "ҚазАвтоЖол" № 03/14-2-2623-И от 14 ноября 2018 года
  |
|
 |
 |
 |
|
**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 проводится 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-теплового режима дорожных конструкций для различных климатических регионов Казахстана, а также методика получения экспериментальных данных о температуре и влажности в земляном полотне и дорожной одежды.

 **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-теплового 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-теплового режима. Известно, что все грунты земляного полотна промерзают при температуре ниже 0°С. Существенное влияние на этот процесс оказывают вид грунта, его влажность и продолжительность действия отрицательной температуры. Чем выше температуропроводность 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 - ºС, 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).





      **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:

      hпр = 2,647 · ? 0,6                              (1)

      где hпр – максимальная глубина промерзания автомобильной дороги, см;

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

      6.4 Информация с метеорологических станций позволила получить показатели холодного периода: значения экстремальных температур (Tmin и Tmax), 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 отрица-тельной темпера-турой
t?, сут |
Сумма отрицатель- ных темпе-ратур ϴ, град·сут |
Глубина промер-зания
hпр, см |
Многолетняя средняя температура, ºС |
|
мини-мальная Тmin |
макси-мальная Tmax |
|
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 Карабутак |
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 |
|
23 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 |
|
28 Петропавловск |
144 |
1843,6 |
241,1 |
-42,5 |
35,7 |
|
29 Рузаевка |
142 |
1751,7 |
233,8 |
-40,6 |
36,8 |
|
30 Семипалатинск |
137 |
1684,0 |
228,3 |
-41,6 |
40,4 |
|
31 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 hs и его плотность rs.

      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 ºС, 13,1 ºС, 12,2 ºС и 12,2 ºС, 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 CП 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 станций 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 |
Tmin, ˚С |
Tmax, ˚С |
Hпр, 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 |
|
13 Петропавловск |
54,8732209 |
69,1505479 |
137 |
-42,5 |
35,7 |
241 |
|
14 Рузаевка |
52,8186791 |
66,9548103 |
227 |
-40,6 |
36,8 |
234 |
|
15 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 ºС.

      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] CП 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-теплового 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-polotna).

      [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 c.

      [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, Baibatyrov 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. – pр. 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-теплового 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 & B. 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 работы
д.т.н., профессор |
 |
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