

ISSN 2224-5227

2015 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Уздир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

E d i t o r i n c h i e f

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TEMPERATURE AND MOISTURE IN THE “ALMATY-BISHKEK” HIGHWAY

B.B. Teltayev

Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan
bagdatbt@yahoo.com

Key words: highway, pavement, subgrade, asphalt pavement, temperature, moisture, sensor of temperature and moisture, temperature gradient, unfrozen water.

Abstract. The article presents some investigation results of temperature and moisture in pavement structure and subgrade of the “Almaty-Bishkek” highway. Investigations are executed on the road section located at the 59th km from Almaty. Investigations are executed by means of experimental way with using the special automatic measuring complex, which includes sensors of temperature and moisture. Monitoring period of temperature and moisture begins on July 1, 2013 and ends on March 6, 2015. It is shown that in asphalt pavement temperature varies in both annual and daily cycles, and in the lower part of pavement structure and in subgrade temperature varies only in annual cycle. Graph of temperature gradient in the lower part of pavement structure and in subgrade in the annual cycle are given. Features of moisture variations in points of subgrade are defined. During autumn, spring and summer seasons of the year moisture locates in the range of 4-9 %. With negative temperature in the top part of subgrade, part of moisture turns to ice. Correlation dependence exists between unfrozen water content and negative temperature.

УДК 625.7/.8:625.72

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ «АЛМАТЫ-БИШКЕК»

Б.Б. Телтаев

Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан
bagdatbt@yahoo.com

Ключевые слова: Автомобильная дорога, дорожная одежда, земляное полотно, асфальтобетонное покрытие, температура, влажность, датчик температуры и влажности, градиент температуры, незамерзшая вода.

Аннотация: В статье представлены некоторые результаты исследования температуры и влажности в конструкции дорожной одежды и в земляном полотне автомобильной дороги «Алматы-Бишкек». Исследования выполнены на участке дороги, расположенном на 59-м километре от г. Алматы, экспериментальным способом с помощью специального автоматического измерительного комплекса, включающего датчики температуры и влажности. Период наблюдения за температурой и влажностью начинается с 1 июля 2013 года и заканчивается 6 марта 2015 года. Показано, что в асфальтобетонном покрытии температура изменяется как в годовом, так и в суточном циклах, а в нижней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне дороги температура изменяется только в годовом цикле. Дан график изменения градиента температуры в нижней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне в годовом цикле. Определены особенности изменения влажности в точках земляного полотна. В осенний, весенний и летний сезоны года влажность находится в пределах 4-9 %. С наступлением отрицательных температур в верхней части земляного полотна часть влаги переходит в лед. Имеется корреляционная связь между содержанием незамерзшей воды и отрицательной температурой.

1. ВВЕДЕНИЕ

Казахстан по величине своей территории (свыше 2,72 млн. кв. км) в мире занимает 9-ое место. Города, населенные пункты и крупные промышленные объекты рассредоточены практически по всей ее огромной территории, что требует эффективного функционирования транспортной системы.

В настоящее время в Казахстане функционируют свыше 90 тыс. км общественных автомобильных дорог, из которых около 25 тыс. км имеют статус автомобильных дорог международного и республиканского значения. Практически все автомобильные дороги с дорожной одеждой капитального типа (за исключением 300-400 км новых автомобильных дорог, построенных в последние 3-4 года) имеют асфальтобетонное покрытие.

Климат Казахстана является резкоконтинентальным. На западной и южной части республики максимальные летние температуры воздуха могут достигать до $+45...+50$ °С, тогда как зима на северной и восточной части страны, как правило, является суровой и минимальные температуры воздуха нередко достигают $-45...-50$ °С. Зимой практически на всей территории республики имеет место промерзание грунтового основания инженерных сооружений, в том числе автомобильных дорог. По доступным материалам установлено, что глубина промерзания автомобильных дорог на юге республики составляет примерно 60 ... 80 см, а на ее северной части доходит до 240-250 см. Естественно предположить, что продолжительность промерзания грунтового основания увеличивается с юга на север республики.

Понятно, что деформационные и прочностные показатели грунтового основания оказывают влияние на долговечность автомобильных дорог. Деформационные и прочностные показатели грунтового основания зависят при прочих равных условиях от распределения температуры и влажности в нем.

Регулярные исследования водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд автомобильных дорог на территории Казахстана были выполнены в 60-80 годах прошлого столетия Н.П. Ивлевым, А.М.Каменевым и др.[1-4]. Эти исследования, главным образом, были экспериментальными. Влажность измерялась обычным способом закладки шурфа, отбора из него проб грунта с последующим использованием термостатного весового метода. Но, к сожалению, по возможностям того времени, эти исследования были выполнены только в предгорных районах Юго-Восточного Казахстана (территория бывших Алма-Атинской и Талды-Курганской областей).

Анализ показателей природно-климатических условий, выполненный в работе [3], выявил, что по данным метеостанций для района г. Алма-Аты глубина промерзания почвы в отдельные годы достигает 70-110 см при продолжительности зимнего периода 85-100 дней.

В работе [2] приведены подробные данные о выполнении экспериментов по изучению глубины промерзания грунтов. Отмечено, что основное внимание было уделено предгорным районам. Одновременно велись наблюдения в горной лесной зоне (на участках с земляным полотном из лёссов) и в зоне песчаных пустынь. Опытные участки на автомобильных дорогах республиканского и областного значения имели однотипную двухслойную конструкцию дорожной одежды, состоящую из водонепроницаемого покрытия (асфальтобетона, покрытия из гравийных или щебеночных материалов с поверхностной обработкой их жидким битумом) и основания из местных гравийных или щебеночных материалов.

Результаты исследований, выполненных в течение трех зимних периодов (1966-1967, 1967-1968, 1968-1969 гг.) показали, что во всех зонах, от пустынной до лесной горной, как правило, глубина промерзания более 100 см. Наименьшая глубина промерзания, равная 88 см, установлена в пустынно-степной предгорной зоне (зима 1967-1968 гг.). Наибольшая, равная 236 см, – в пустынной горизонтальной зоне зимой 1968-1969 годах. На основе сравнения всех полученных данных А.М. Каменев пришел к заключению, что среднеголетняя глубина промерзания дорожной конструкции для рассматриваемой территории превышает 100 см [2].

В начале 90-х годов прошлого века нами были начаты работы по исследованию температурного режима, сначала асфальтобетонных покрытий, а затем и других конструктивных слоев дорожных одежд и земляного полотна на территории Казахстана с использованием специально сконструированных датчиков транзисторных [5, 6] и термосопротивления [7]. В последующем один из способов измерения температурного режима дорожной одежды и земляного полотна автомобильных дорог был запатентован [8].

По результатам наблюдений с применением метода конечных элементов были разработаны математические модели, описывающие стационарное и нестационарное температурные поля в слоистых конструкциях дорожных одежд и земляного полотна [9-12].

В 2010 году специалистами КаздорНИИ начат новый этап более углубленного изучения водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог. В ноябре того же года на автомагистрали «Астана-Бурабай» были установлены 3 комплекта специальных датчиков, предназначенных для измерения температуры и влажности. Аналогичные датчики, но с устройством для запоминания данных измерений в 2013 году были заложены в конструкции дорожных одежд и земляное полотно автомобильных дорог «Шымкент-Кызылорда», «Атырау-Актобе», «Оскемен-Зыряновск» и «Алматы-Бишкек». Результаты, полученные в первые годы изучения температурного и влажностного режима, были обсуждены и опубликованы в трудах современных престижных научных форумов по геотехнике [13-15].

В настоящей статье представлены результаты экспериментального изучения изменения температуры и влажности в конструкции дорожной одежды и земляном полотне автомобильной дороги «Алматы-Бишкек», относящиеся к периоду времени с 1 июля 2013 года по 6 марта 2015 года.

Фактическая информация о распределении температуры и влажности в точках земляного полотна получена с помощью комплектов специальных датчиков температуры и влажности.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ УЧАСТОК АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Экспериментальный участок, где был установлен комплект датчиков температуры и влажности, находится недалеко от г. Алматы (58 км + 895 м) на автомобильной дороге «Алматы-Бишкек». Эта дорога в соответствии с нормативным документом [16] относится ко II технической категории, имеет 2 полосы движения и находится в эксплуатации после реконструкции в 2005 году.

Конструкция дорожной одежды на этой автомобильной дороге состоит из следующих слоев (рисунок 1): мелкозернистый асфальтобетон (5 см), крупнозернистый асфальтобетон (10 см), старый мелкозернистый асфальтобетон (6,5 см), старый холодный асфальтобетон (15 см), песчано-гравийная смесь (60 см). Грунт земляного полотна – суглинок тяжелый песчанистый.

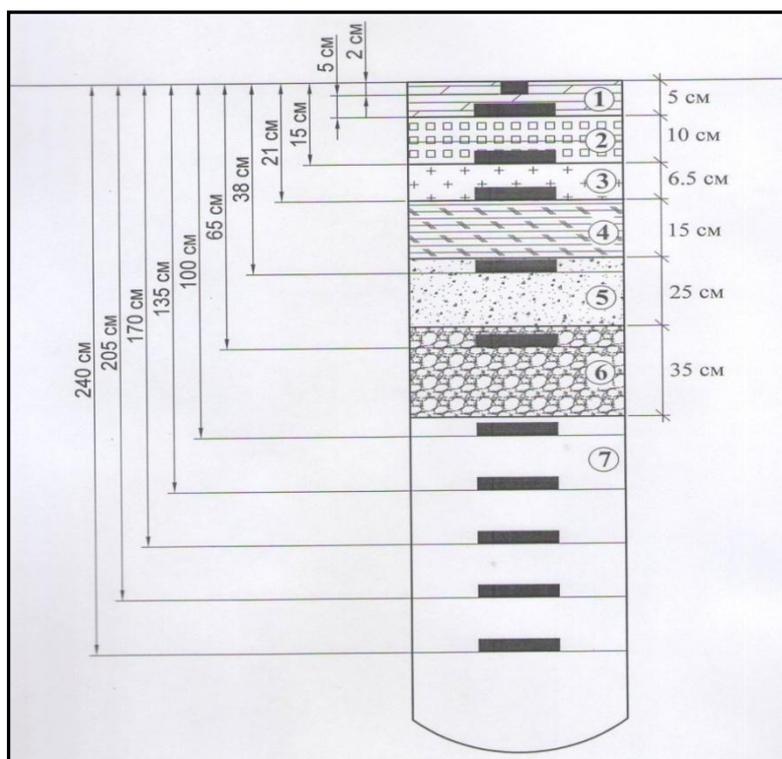


Рисунок 1. Конструкция дорожной одежды

3. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Комплект датчиков температуры и влажности на указанном выше экспериментальном участке был установлен летом 2013 года. Особенностью этих датчиков является то, что один

температурный датчик, работающий по принципу изменения термического сопротивления, и один датчик влажности, работающий по принципу изменения диэлектрической проницаемости, вмонтированы в одну металлическую капсулу. Такая совмещенная конструкция датчиков позволяет получить информацию о температуре и влажности в интересующих точках дорожной конструкции одновременно. Более подробную информацию об этих датчиках можно получить в работах [14, 17]. Общий вид одного комплекта датчиков температуры и влажности и вид наземной части системы автоматического измерения температуры и влажности показаны на рисунках 2 и 3. Система в автоматическом режиме осуществляет измерение температуры и влажности в каждый час и полученную информацию записывает в запоминающее устройство.

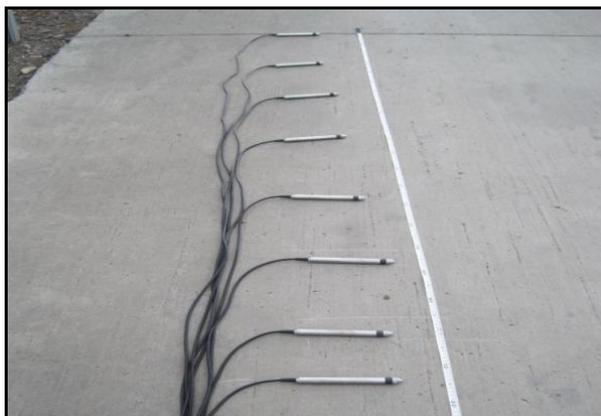


Рисунок 2. Общий вид одного комплекта датчиков температуры и влажности



Рисунок 3. Вид наземной части системы автоматического измерения температуры и влажности

4. ТЕМПЕРАТУРА

4.1. Температура в асфальтобетонных слоях

Если считать многослойную конструкцию дорожной одежды и земляного полотна автомобильной дороги термодинамической системой, внешними воздействиями, нарушающими её равновесие, являются температура воздуха и другие погодно-климатические факторы [12, 18]. График, показывающий непрерывный ход изменения температуры воздуха на рассматриваемом участке дороги с 1 июля 2013 года по 25 июня 2014 года, т.е. в течение одного полного года, представлен на рисунке 4. Видно, что температура воздуха изменяется как в годовом, так и в суточном циклах.

Максимальные температуры, равные 35-38 °С, были отмечены несколько (8-10) раз в июне-сентябре месяцах 2013 года и 4-5 раз в мае-июне месяцах

2014 года. Минимальные температуры (-25... -29 °С) имели место 7-8 раз в январе и феврале месяцах 2014 года. Также хорошо видно, что в зимний период несколько раз происходили продолжительные охлаждения (понижения температуры) воздуха.

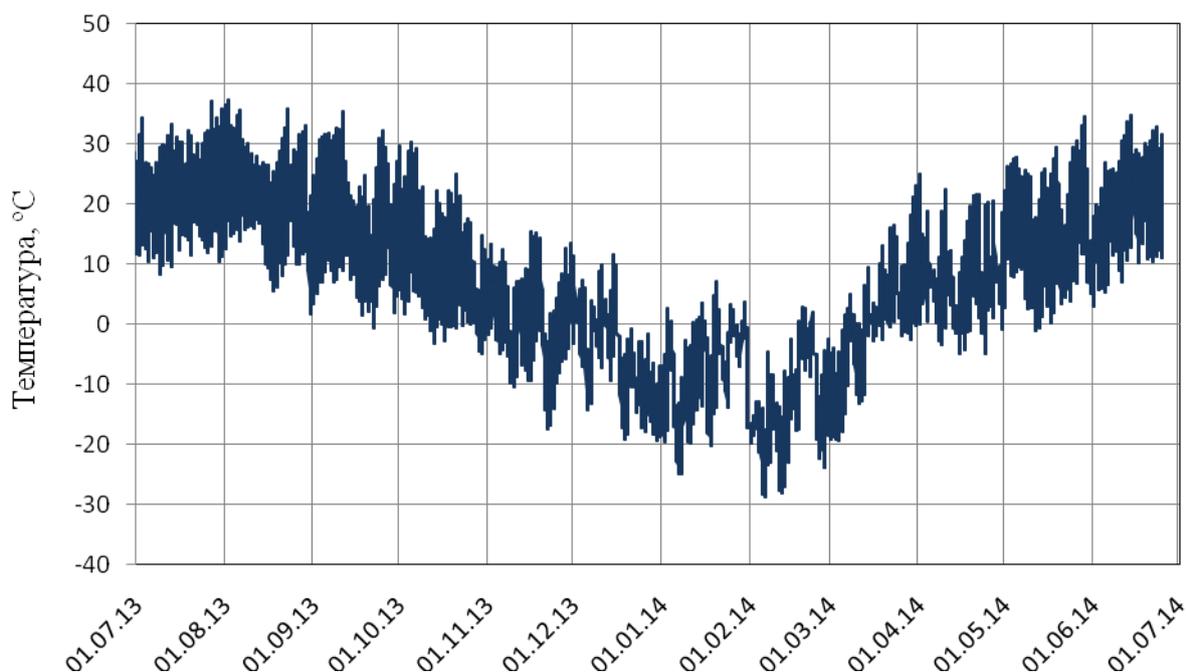


Рисунок 4. График изменения температуры воздуха над автомобильной дорогой "Алматы-Бишкек", км 58+895

На рисунках 5 и 6 представлены графики, показывающие изменение температуры на глубинах 2,5 см (в середине верхнего слоя асфальтобетонного покрытия) и 5 см (в нижней точке верхнего слоя и в верхней точке нижнего слоя асфальтобетонного покрытия). Сравнение их с графиком на рисунке 4 показывает, что в теплый период максимальная температура в асфальтобетонном покрытии всегда выше, чем температура воздуха. Разница между максимальными значениями температуры воздуха и в точках асфальтобетонного покрытия уменьшается с увеличением глубины. Так, максимальная температура в летний период на глубине 2,5 см достигает 54 °С, а на глубине 5 см – 48 °С. Зимой асфальтобетонное покрытие является более теплым, чем воздух. Слои дорожной одежды «теплеют» с увеличением глубины.

Следует подчеркнуть, что характер изменения температуры в точках асфальтобетонного покрытия качественно совпадает с характером изменения температуры воздуха. Из этого следует, что в моделировании температурного режима асфальтобетонных слоев конструкций дорожных одежд автомобильных дорог необходимо учитывать как годовые, так и суточные колебания температуры воздуха.

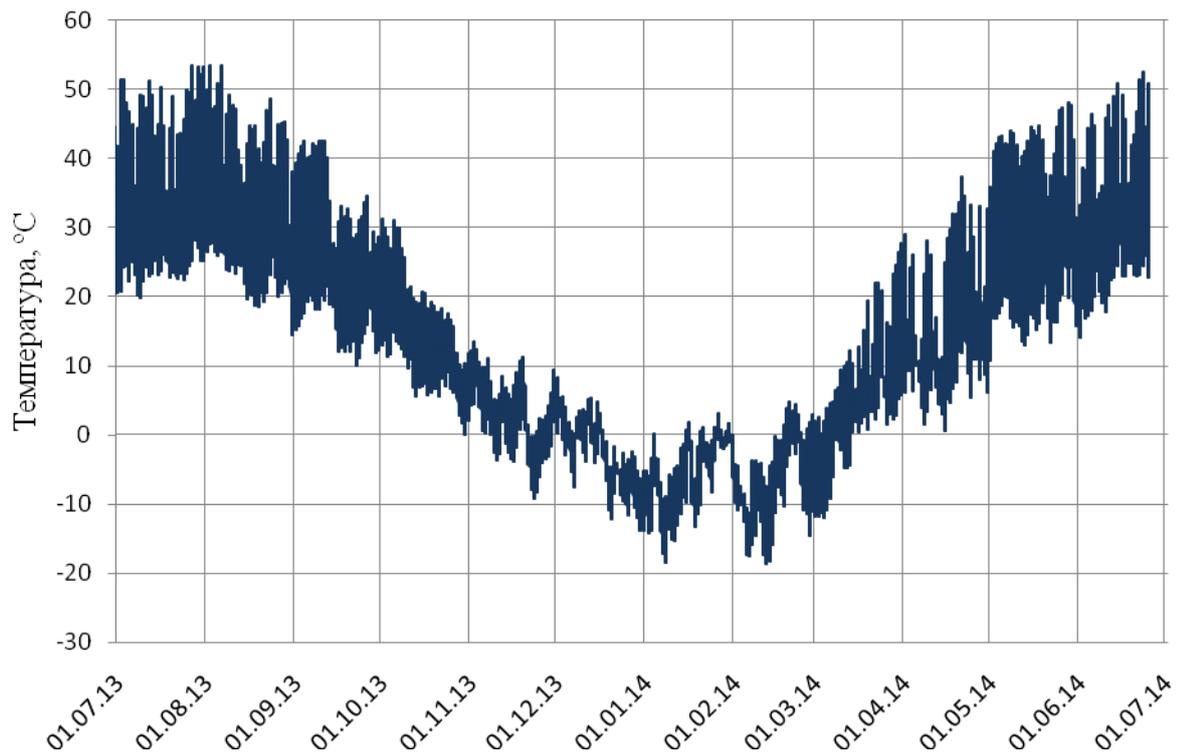


Рисунок 5. График изменения температуры на глубине 2,5 см асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895

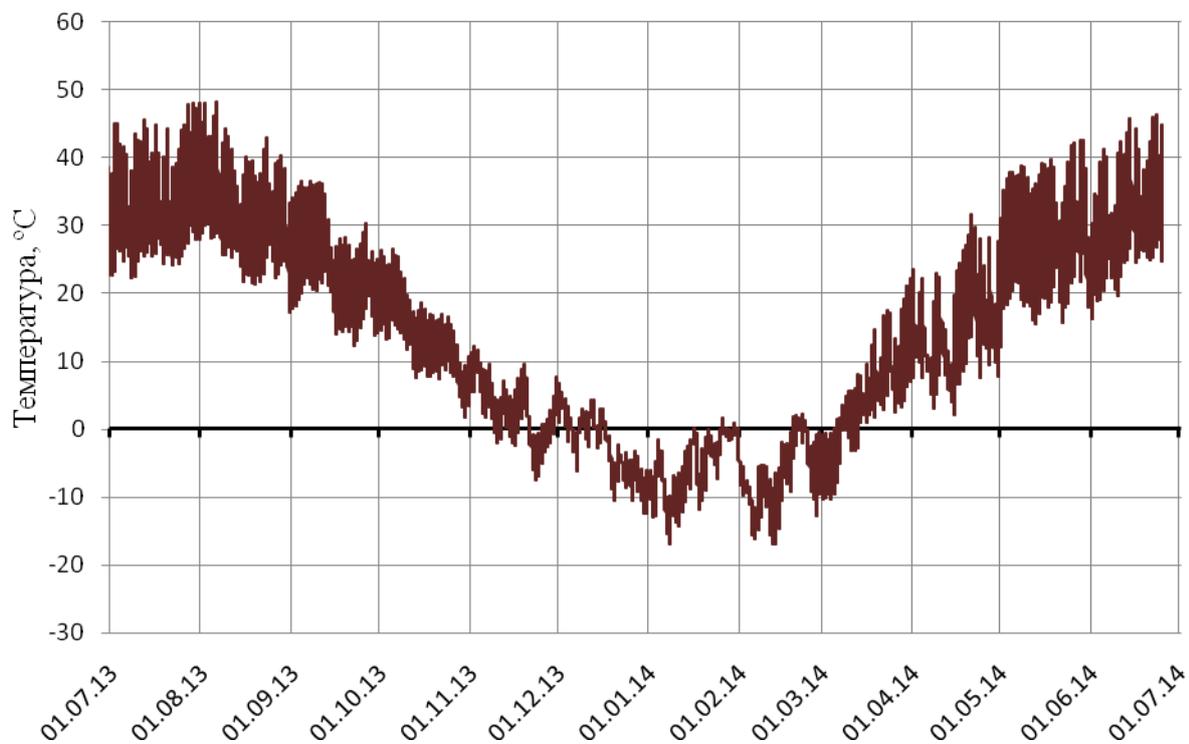


Рисунок 6. График изменения температуры на глубине 5 см асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895

4.2. Температура в земляном полотне

Графики изменения температуры в точках земляного полотна показаны на рисунках 7 и 8. Из этих графиков можно установить, что:

- в точках земляного полотна дороги изменение температуры имеет сезонный характер, т.е. температура не изменяется в суточном цикле, изменяется только в годовом цикле;
- в теплый период температура в земляном полотне убывает с глубиной, а в холодный период, наоборот, с глубиной повышается;
- амплитуда колебания температуры уменьшается с увеличением глубины. Так, на глубине 100 см она составляет 36 °С, а на глубине 240 см – 28 °С;
- зимой промерзает только неглубокая верхняя часть (35-40 см) земляного полотна дороги.

Графики распределения температуры по глубине конструкции дорожной одежды и земляного полотна дороги представлены на рисунке 9, из которых видно, что температура в нижней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне в рассмотренные моменты времени с глубиной изменяется по линейному закону. Этот факт позволяет характеризовать распределение температуры одним показателем – градиентом температуры (T_{grad} , °С/м). Как известно, градиент температуры является движущей силой теплового потока [19, 20] и является важной характеристикой в процессе исследования водно-теплового режима. График изменения градиента температуры в верхней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне рассматриваемой дороги в годовом цикле показан на рисунке 10. Как видно, в теплый период градиент температуры положительный, т.е. тепловой поток направлен сверху вниз, а в холодный период отрицательный, т.е. тепловой поток, наоборот, направлен снизу вверх. С 20 сентября 2013 года по 5 апреля 2014 года тепловой поток был направлен снизу вверх, а в остальное время года – сверху вниз.

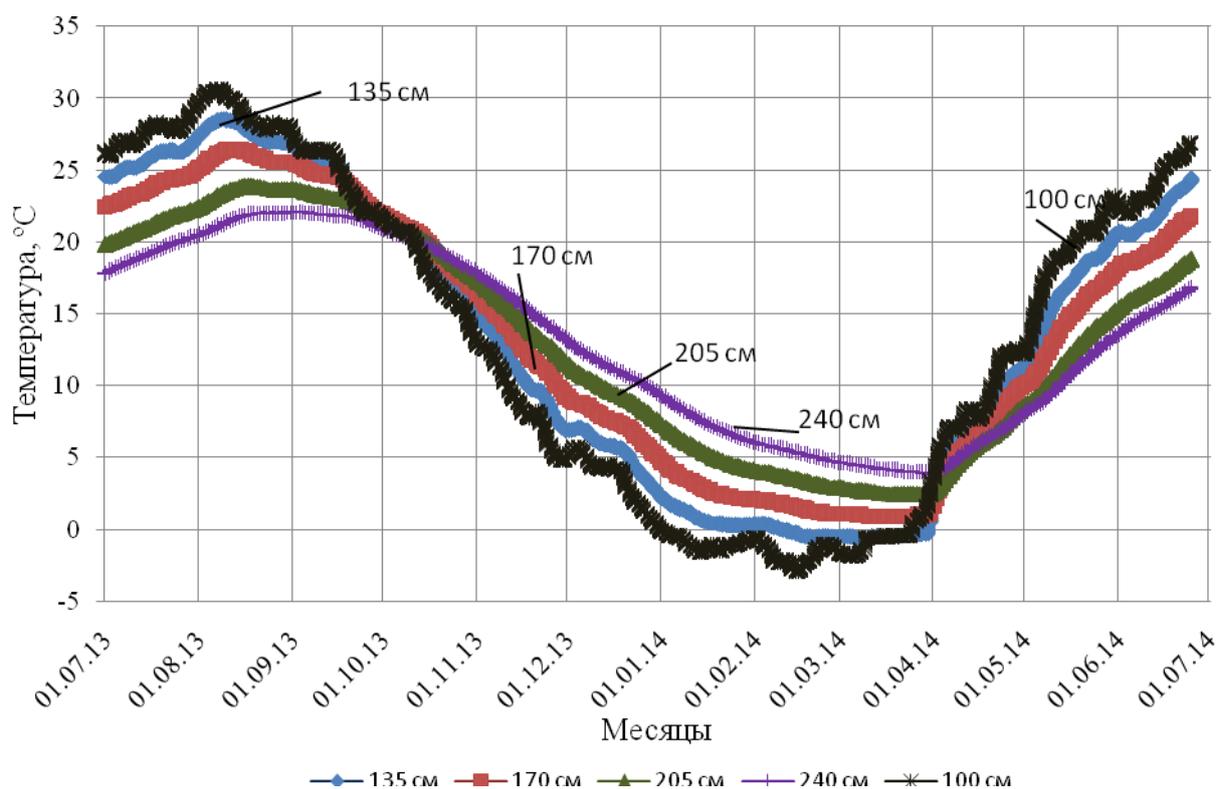


Рисунок 7. Графики изменения температуры в точках земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895

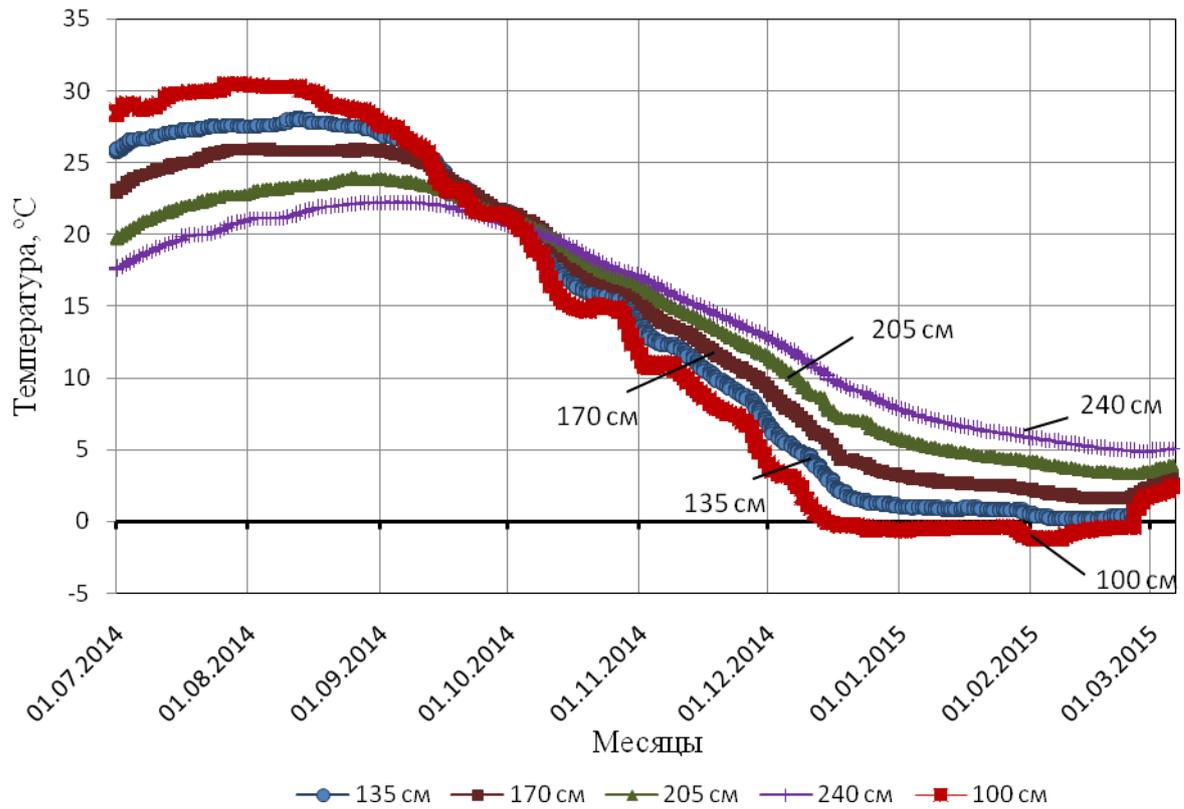


Рисунок 8. Графики изменения температуры в точках земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895

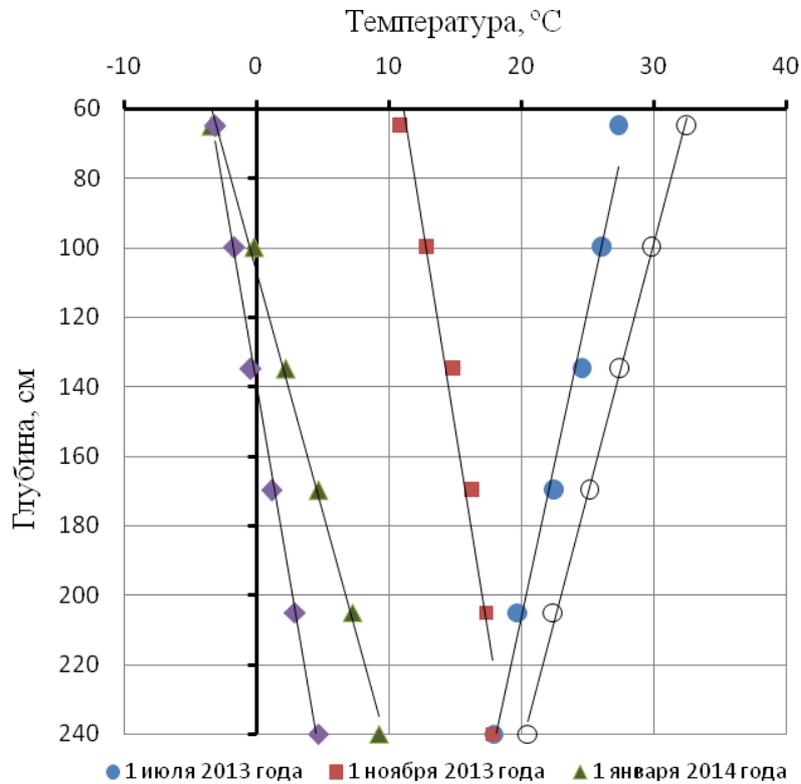


Рисунок 9. Распределение температуры по глубине на автомобильной дороге «Алматы-Бишкек», км 58-895

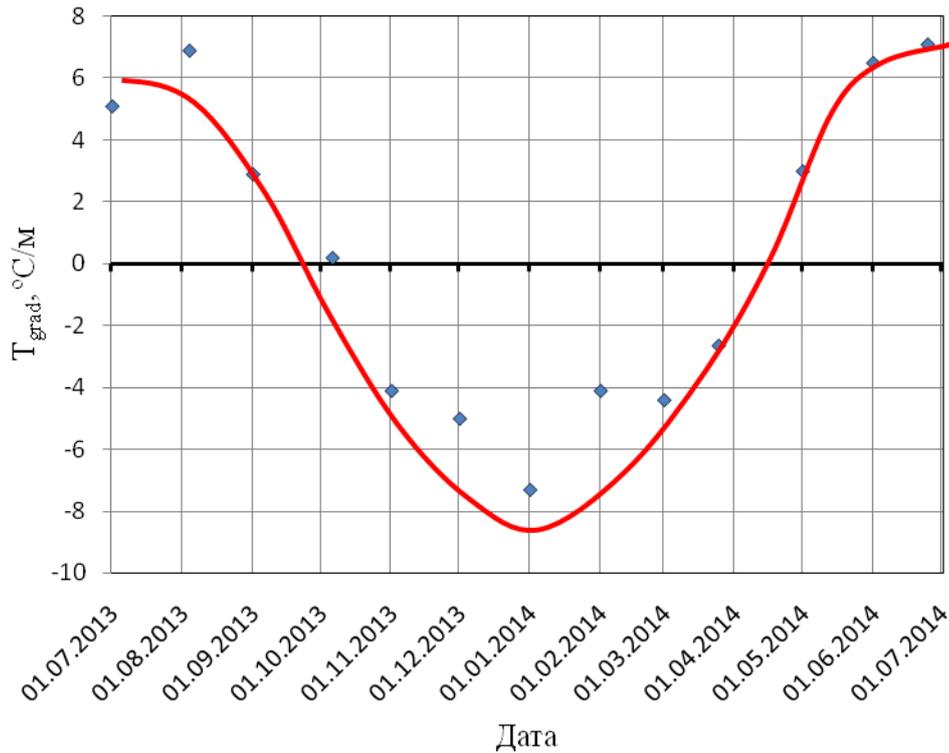


Рисунок 10. График изменения градиента температуры в верхней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне автомобильной дороги «Алматы-Бишкек», км 58+895

5. ВЛАЖНОСТЬ

Графики на рисунках 11 и 12 показывают, что характер изменения влажности в холодный период на различных глубинах разный. Так, на глубине 170 см влажность изменяется очень мало, ее значение составило 3-7%. На глубине 100 см с момента перехода температуры с положительных значений к отрицательным влажность существенно уменьшилась. Максимальная величина влажности на этой глубине 1 декабря 2013 года составила 8%, а минимальная, равная почти нулю, имела место 20 февраля 2014 года. Затем, в момент перехода температуры с отрицательных значений в положительные, влажность вновь увеличилась. Конечно, это явление связано с переходом части воды в лед при отрицательных температурах. Такое же явление, но с меньшим эффектом, наблюдалось на глубине 135 см. Это обусловлено тем, что абсолютная величина минимальной температуры на этой глубине меньше, чем на глубине 100 см.

Графики распределения влажности по глубине автомобильной дороги в разные сезоны года показаны на рисунке 13. Видно, что влажность также относительно изменчивой является в верхней части (до глубины 170 см) земляного полотна. Наиболее изменчивой влажность является на поверхности земляного полотна (1,5% зимой и 9,0% летом). На глубинах 205 и 240 сезонное изменение влажности не превышает 1,5%.

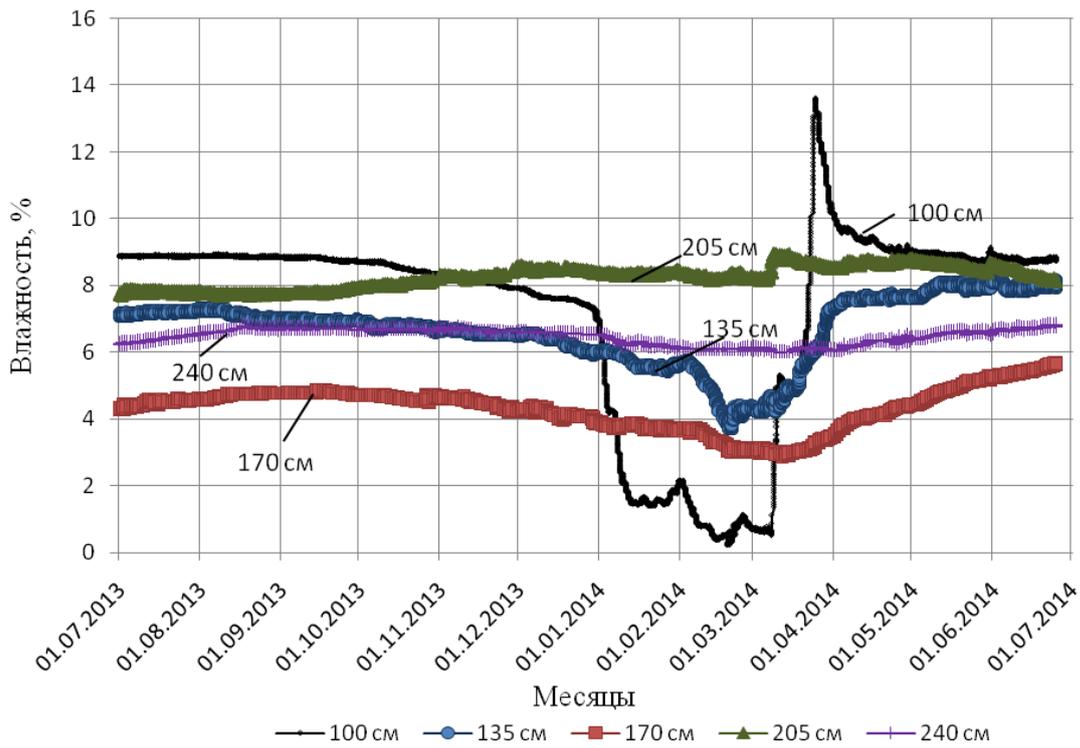


Рисунок 11. Изменение влажности в точках земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895 в 2013-2014 гг.

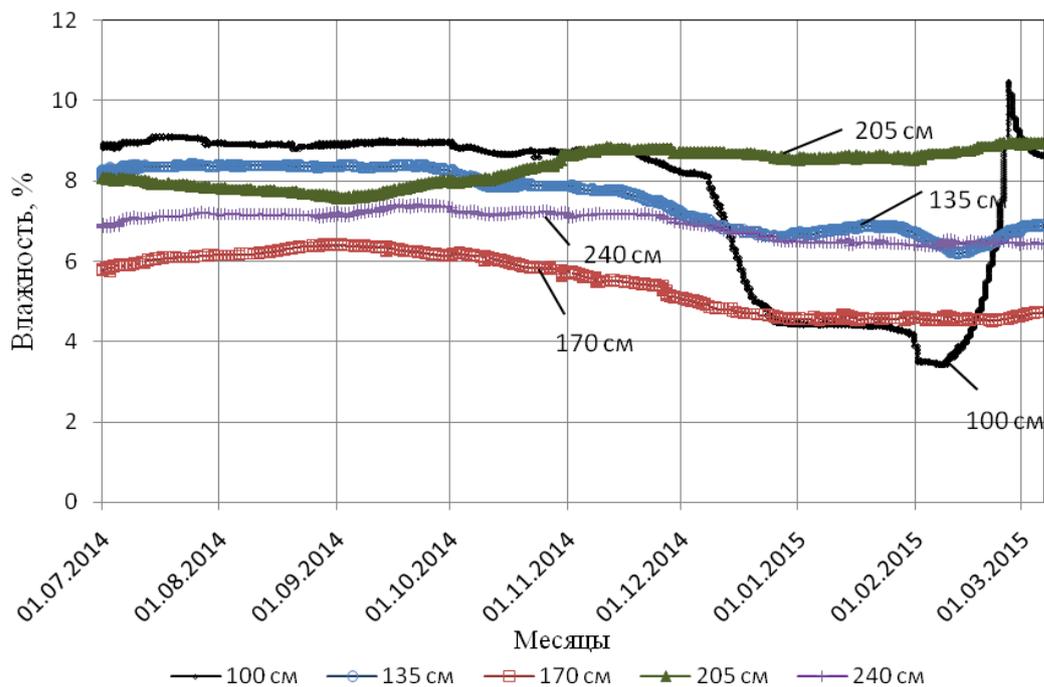


Рисунок 12. Изменение влажности в точках земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58+895 в 2014-2015 гг.

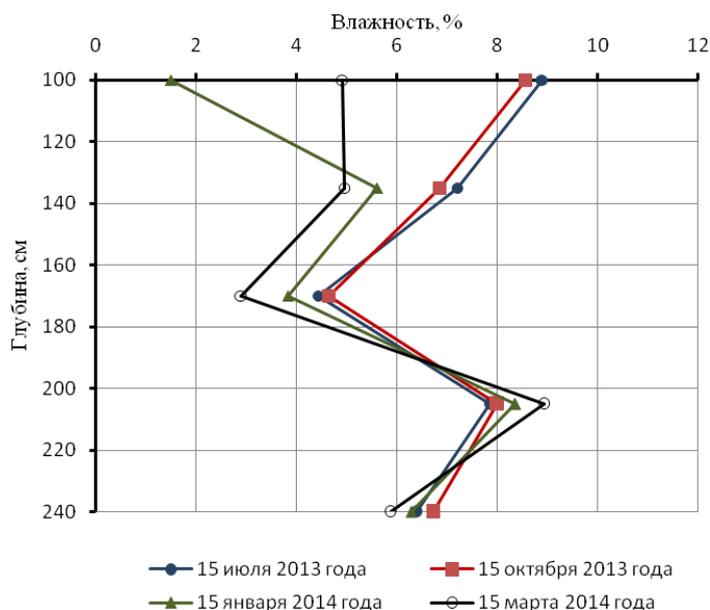


Рисунок 13. Распределение влажности по глубине автомобильной дороги в разные сезоны года

Графики распределения влажности по глубине автомобильной дороги в разные дни весеннего периода представлены на рисунке 14. Оказывается, что влажность в точках земляного полотна, расположенных ниже 120...125 см практически не изменяется. Изменение влажности отмечено в верхней части земляного полотна. Наибольшее изменение влажности имеет место на поверхности земляного полотна: влажность в момент оттаивания (25 марта 2014 года) максимальна (13,4%), затем она со временем уменьшается до стабильной величины, равной примерно 9%.

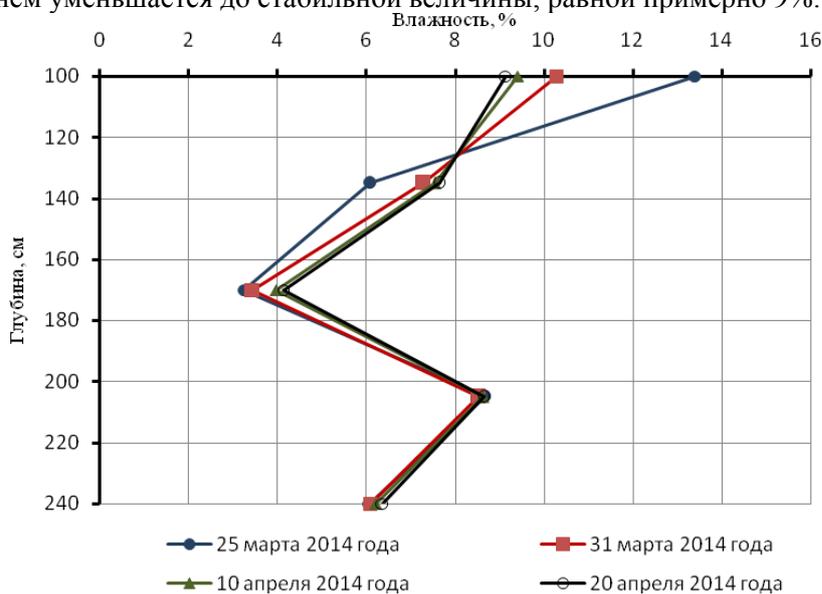


Рисунок 14. Распределение влажности по глубине автомобильной дороги в весенний период

В результате совместного анализа изменения температуры и влажности в точках земляного полотна дороги установлено, что на глубине 100 см промерзание грунта начинается 31 декабря 2013 года, заканчивается 25 марта 2014 года и продолжительность промерзания составляет 85 суток. Начальная (до промерзания) влажность составила 7,2%, а влажность при оттаивании 13,4%, которая в течение 68 суток постепенно уменьшалась до стабилизированной величины, равной 9,0%.

На глубине 135 см промерзание грунта начинается 9 февраля 2014 года, заканчивается 30

марта 2014 года, продолжительность промерзания составляет 50 суток. Начальная влажность была равна 5,3%, а влажность при оттаивании была равна 7,2%, которая в течение 63 суток постепенно увеличивалась до стабилизированной величины 8,2%.

На рисунках 15 и 16 показаны сравнительные графики изменения влажности на глубинах 100 см и 135 см соответственно в 2013-2014 и 2014-2015 гг. Видно, что в 2014-2015 гг. промерзание земляного полотна началось примерно на 20 суток раньше и примерно на 30 суток раньше началось оттаивание по сравнению с зимним периодом 2013-2014 гг. Это также можно видеть на графиках, приведенных на рисунках 17 и 18, которые показывают ход изменения температуры на указанных глубинах в земляном полотне дороги в рассматриваемые зимние периоды. Сравнительный анализ показывает, что характер изменения температуры и влажности в земляном полотне дороги в рассматриваемые зимние периоды одинаков, а некоторые различия в численном отношении объясняются особенностями холодных периодов разных годов.

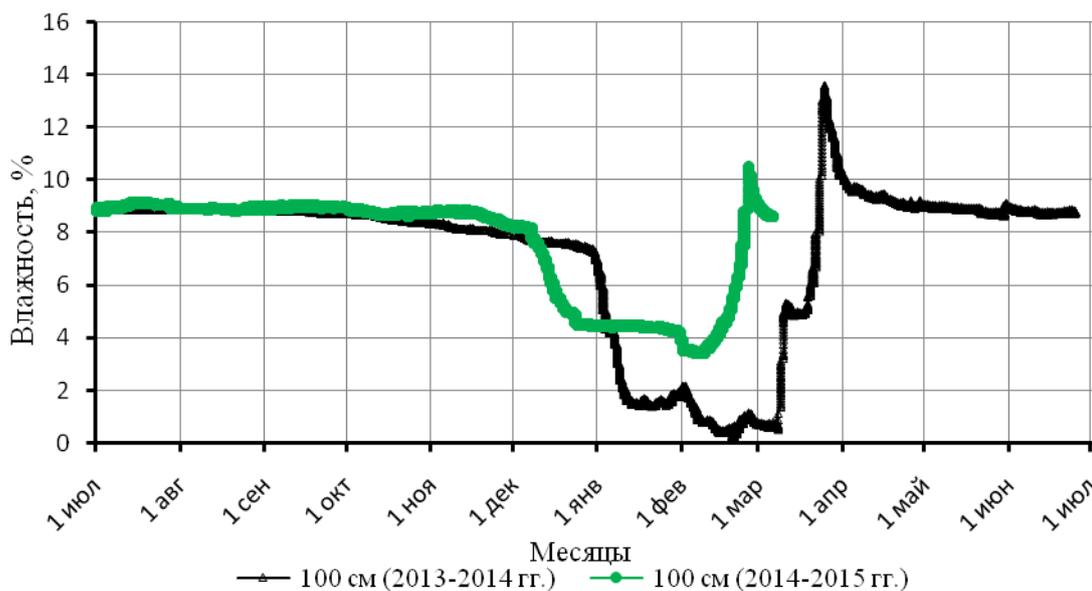


Рисунок 15. Изменение влажности на глубине 100 см земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58-895, в 2013-2014 и 2014-2015 гг.

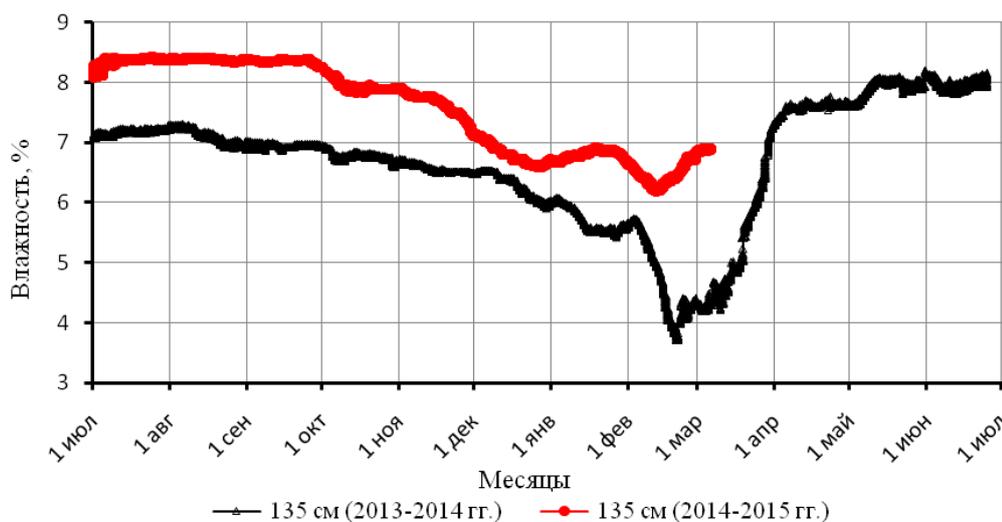


Рисунок 16. Изменение влажности на глубине 135 см земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58-895, в 2013-2014 и 2014-2015 гг.

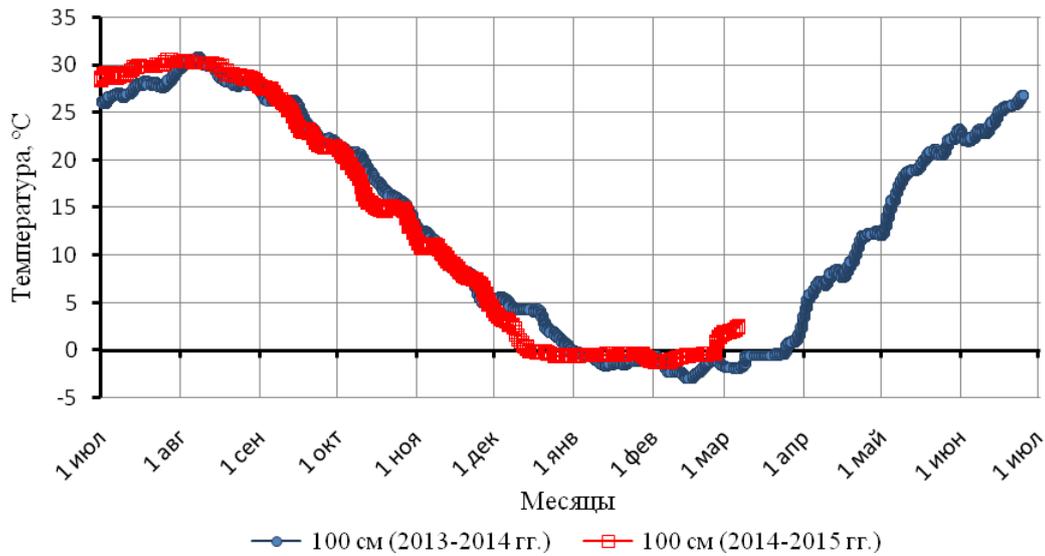


Рисунок 17. Изменение температуры на глубине 100 см земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58-895, в 2013-2014 и 2014-2015 гг.

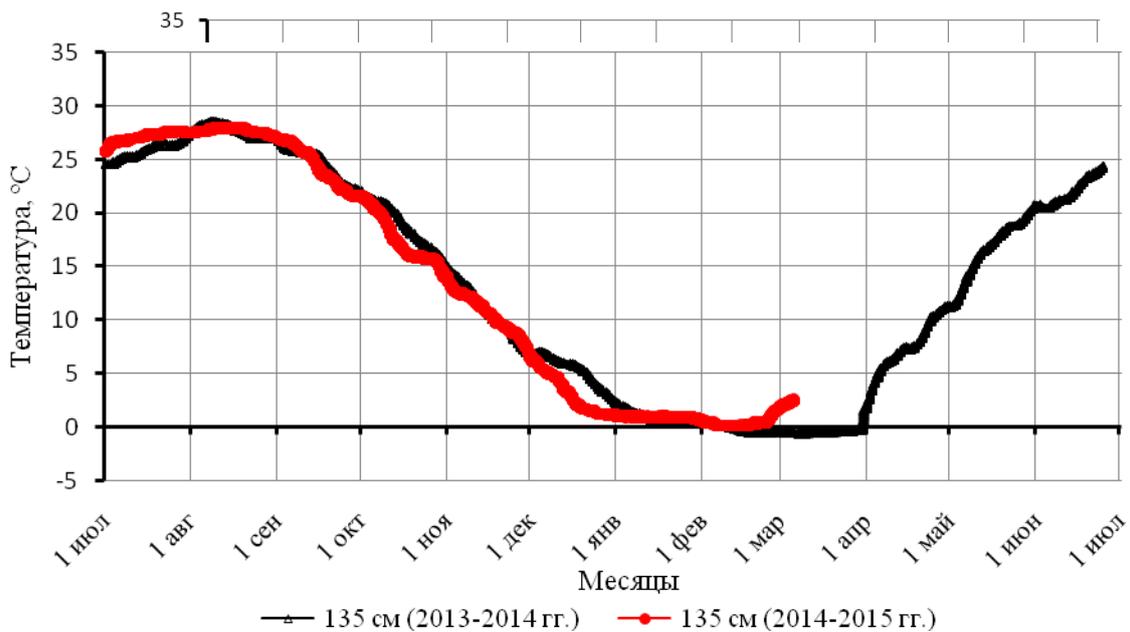


Рисунок 18. Изменение температуры на глубине 135 см земляного полотна автомобильной дороги "Алматы-Бишкек", км 58-895, в 2013-2014 и 2014-2015 гг.

На рисунке 19 представлена корреляционная связь между количеством незамерзшей воды в грунте земляного полотна и отрицательной температурой. Содержание незамерзшей воды уменьшается по экспоненциальной зависимости с уменьшением температуры. Считаем, что установленная корреляционная связь достаточно надежная ($R^2=0,787$).

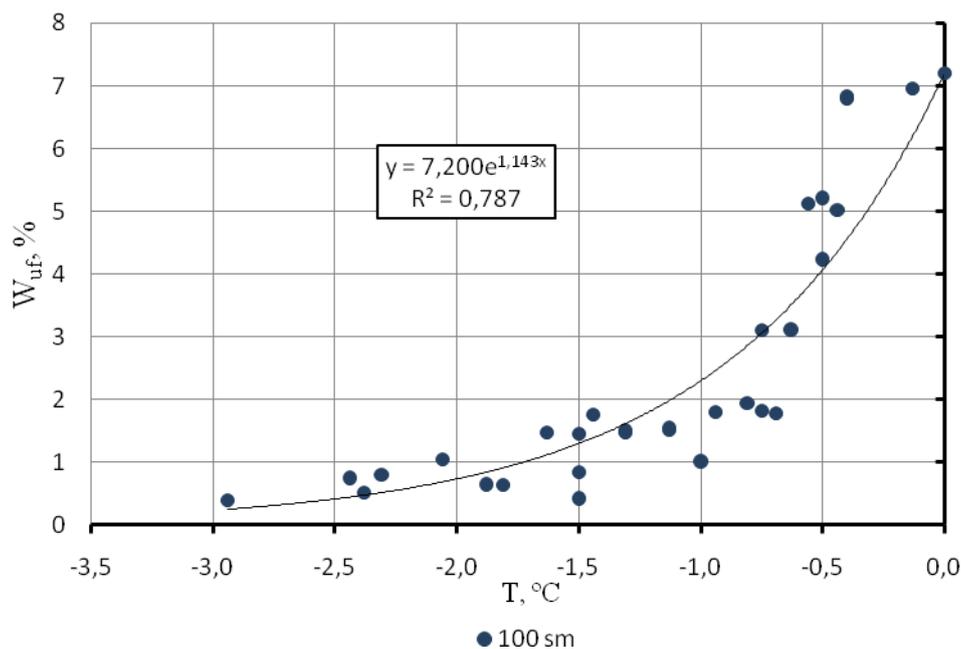


Рисунок 19. Корреляционная связь между содержанием незамерзшей воды и отрицательной температурой ($h=100$ см, $W_0=7,2\%$)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлены особенности изменения во времени в годовом цикле и распределения по глубине в разные сезоны года и в разные дни весеннего периода температуры и влажности в характерных точках конструкций дорожной одежды и земляного полотна рассматриваемой автомобильной дороги.

2. В теплый период максимальная температура в асфальтобетонном покрытии выше, чем температура воздуха. Разница между максимальными температурами воздуха и асфальтобетонного покрытия уменьшается с глубиной. В холодный период года, наоборот, асфальтобетонное покрытие является более теплым, чем воздух.

3. В асфальтобетонных слоях дорожной одежды изменение температуры происходит как в годовом, так и в суточном циклах. А в земляном полотне дороги изменение температуры имеет только сезонный характер.

4. В нижней части конструкции дорожной одежды и в земляном полотне дороги в разные сезоны года температура изменяется по линейному закону и может характеризоваться градиентом температуры. Градиент температуры в годовом цикле плавно изменяется по гармонической зависимости. Он в теплый период года положителен, а в холодный период – отрицателен, т.е. в теплый период года тепловой поток направлен сверху вниз, а в холодный период – снизу вверх.

5. Влажностный режим земляного полотна дороги характеризуется стабильностью. За исключением фазового перехода влаги в зимний период в верхней части земляного полотна, влажность находится в пределах 4-9 %.

6. В зимний период в верхней части земляного полотна дороги с наступлением отрицательных температур часть влаги переходит из жидкого состояния в твердое, т.е. в лёд. Установлена надежная корреляционная связь между содержанием незамерзшей воды и отрицательной температурой.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ивлев Н.П. Обоснование определения норм доувлажнения грунта при возведении земляного полотна в условиях Казахстана //Труды СоюздорНИИ. Выпуск 18. «Сооружения земляного полотна в сложных природных условиях». – М., 1967. – С. 187-195.

- [2] Каменев А.М. Исследование водно-теплового режима дорожных конструкций в предгорных районах Юго-Восточного Казахстана //Труды СоюздорНИИ. Выпуск 43. Проектирование и сооружение земляного полотна дорог в специфических природных условиях. – Москва, 1970. – С.94-132.
- [3] Каменев А.М. Влияние промерзания на водный режим земляного полотна в предгорных районах Юго-Восточного Казахстана //Труды СоюздорНИИ. Выпуск 45. Вопросы строительства автомобильных дорог Казахской ССР. Москва, 1970. - С.14-23.
- [4] Каменев А.М. Особенности водно-теплового режима земляного полотна при неблагоприятных условиях увлажнения в предгорных районах Казахстана //Труды СоюздорНИИ. «Повышение устойчивости земляного полотна автомобильных дорог на пучиноопасных участках». – М., 1978. – С. 128-143.
- [5] Телтаев Б.Б. Деформации и напряжения в нежестких конструкциях дорожных одежд. Под ред. акад. Ш.М.Айтиалиева. – Алматы: КазАТК, 1999. – 217 с.
- [6] Телтаев Б.Б., Бурковский С.И., Кулманов К.С. Изучение температурного режима асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог Алматинской предгорной зоны //Сборник материалов «Депонированные научные работы». Выпуск 4. № 6488 - Ка95. – Алматы: КазгосИНТИ, 1995.
- [7] Айтиалиев Ш.М., Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Турсумбекова Х.С. О комплексном исследовании температурного режима городских дорожных конструкций над подземным теплопроводом //Известия вузов. Строительство. 2003. № 12. - С. 66-70.
- [8] Телтаев Б.Б. Биттеев Ш.Б., Айтбаев К.А., Саканов Д.К. Способ определения температурного режима дорожной конструкции и ее грунтового основания. Предварительный патент РК. № 18146.
- [9] Телтаев Б.Б. Прогноз температурного режима дорожной конструкции методом конечных элементов //Наука и техника в дорожной отрасли. 2007. № 2. - С.18-21.
- [10] Teltayev B., Aitbaev K. Assessment of the non-stationary temperature field in a road construction with an underground heat pipeline by the finite element method. International Journal of Pure and Applied Mathematics. Vol. 93, № 5, 2014, pp. 647-659.
- [11] Teltayev B., Aitbaev K. Modeling of temperature field in flexible pavement. Indian Geotechnical Journal. 08 July 2014, pp. 1-9.
- [12] Teltayev B., Aitbaev K. Modeling of transient temperature distribution in multilayer asphalt pavement. Geomechanics and Engineering, Vol. 8, No. 2, 2015, pp. 133-152.
- [13] Телтаев Б.Б. Учет механических показателей грунтового основания при расчете дорожных конструкций. Proceedings of IVth Central Asian Geotechnical Symposium "Geo-Engineering for Construction and Conservation of Cultural Heritage and Historical Sites.Challenges and Solutions". Samarkand, 2012, pp. 218-223.
- [14] Teltayev B. Road Soil Basement Temperature and Moisture Variations. Proceedings of the 5th International Geotechnical Symposium "Geotechnical Engineering for Disaster Preventions and Redaction, Enviromentally Sustainable Development". Incheon, Korea, 2013, pp. 493-500.
- [15] Teltayev B. Influence of Mechanical Indices for Soil Basement on Strength of Road Structure. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering "Challenges and Innovations in Geotechnics".Vol. 2.Paris, 2013
- 09-2006*. Автомобильные дороги. – Астана, 2007. – 51 с.
- [17] Телтаев Б.Б. Закономерности водно-теплового режима автомобильной дороги «Астана-Бурабай» //Вестник Казахстанского дорожного научно-исследовательского института. 2011. № 3-4. - С. 36-54.
- [18] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А. Нестационарное температурное поле в автомобильной дороге //Доклады НАН РК. № 3. 2015. – С. 55-66.
- [19] Лыков А.В. Теория теплопроводности. – Москва: Высшая школа, 1967.
- [20] Золотарь И.А., Пузаков Н.А., Сиденко В.М. и др. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. – Москва: Транспорт, 1971.

REFERENCES

- [1] Ivlev N. P. Justification of determination of norms of soil moistening in construction of subgrade in Kazakhstan //Proceedings SoyuzdorNII. Issue 18. "Construction of subgrade in complex natural environments". – М., 1967. – P. 187-195. (in Russ.).
- [2] Kamenev, A. M., Study of water-thermal regime of road structures in foothills of South-Eastern Kazakhstan //Proceedings SoyuzdorNII. Issue 43. Design and construction of subgrade of roads in specific natural conditions. – Moscow, 1970. – P. 94-132. (in Russ.).
- [3] Kamenev, A. M. Effect of freezing on water regime of subgrade in foothills of South-Eastern Kazakhstan //Proceedings SoyuzdorNII. Issue 45. Construction of roads of Kazakh SSR. Moscow, 1970.- P. 14-23. (in Russ.).
- [4] Kamenev A. M. Peculiarities of water-thermal regime of subgrade under adverse moisture conditions in foothill districts of Kazakhstan //Proceedings SoyuzdorNII. "Improving stability of subgrade of highways on pucioasa sites". – М., 1978. – P. 128-143. (in Russ.).
- [5] Teltayev B. B. Deformations and stresses in flexible pavement structures. Ed. by S. M. Aitaliyev. – Almaty: KazATK, 1999. – 217 p. (in Russ.).
- [6] Teltayev B. B., Burkovsky S. I., Kulmanov K. S. Study of temperature regime of highway asphalt pavement of Almaty foothill zone //Collection of materials "Deposited scientific works". Issue 4. No. 6488 - Ka. – Almaty: KazgosINTI, 1995. (in Russ.).
- [7] Aitaliyev S. M., Teltayev B. B., K. A. Aitbayev, Tursumbekova H. S. About comprehensive study of temperature

- regime of urban road structures over underground conductor //Izvestiya vuzov. Construction. 2003. No. 12. - P. 66-70. (in Russ.).
- [8] Teltayev B. B., Bitteev S. B., K. A. Aitbayev, Sakanov D. K. Method of determination of temperature regime on road structure and subgrade. Preliminary patent of the Republic of Kazakhstan. No. 18146. (in Russ.).
- [9] Teltayev B. B. Prediction of temperature regime of road structure by finite element method // Science and technique in the road sector. 2007. No. 2. - P. 18-21. (in Russ.).
- [10] Teltayev B., Aitbaev K. Assessment of the non-stationary temperature field in a road construction with an underground heat pipeline by the finite element method. International Journal of Pure and Applied Mathematics. Vol. 93, № 5, 2014, pp. 647-659. (in Eng.).
- [11] Teltayev B., Aitbaev K. Modeling of temperature field in flexible pavement. IndianGeotechnicalJournal. 08 July 2014, pp. 1-9. (in Eng.).
- [12] Teltayev B., Aitbaev K. Modeling of transient temperature distribution in multilayer asphalt pavement. Geomechanics and Engineering, Vol. 8, No. 2, 2015, pp. 133-152. (in Eng.).
- [13] Телтаев Б.Б. Учет механических показателей грунтового основания при расчете дорожных конструкций. Proceedings of IVth Central Asian Geotechnical Symposium "Geo-Engineering for Construction and Conservation of Cultural Heritage and Historical Sites.Challenges and Solutions". Samarkand, 2012, pp. 218-223. (in Russ.).
- [14] Teltayev B. Road Soil Basement Temperature and Moisture Variations. Proceedings of the 5th International Geotechnical Symposium "Geotechnical Engineering for Disaster Preventions and Redaction, Enviromentally Sustainable Development". Incheon, Korea, 2013, pp. 493-500. (in Eng.).
- [15] Teltayev B. Influence of Mechanical Indices for Soil Basement on Strength of Road Structure. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering "Challenges and Innovations in Geotechnics".Vol. 2.Paris, 2013, pp. 1365-1368. (in Eng.).
- [16] SNIP RK 3.03-09-2006*. Roads. – Astana, 2007. – 51 p. (in Russ.).
- [17] Teltayev B. B. Regularities of water-thermal regime of "Astana-Burabai" highway //Bulletin of the Kazakhstan Highway Research Institute. 2011. No. 3-4. - P. 36-54. (in Russ.).
- [18] Teltayev B. B., K. A. Aitbayev. Non-stationary temperature field in highway //Reports of NAS RK. No. 3. 2015. – P. 55-66. (in Russ.).
- [19] Lykov A.V. Theory of thermal conductivity. – Moscow: High school, 1967. (in Russ.).
- [20] Zolotar I.A., Puzakov N. A., Sidenko V. M., etc. Water-thermal regime of subgrade and pavements. – Moscow: Transport, 1971. (in Russ.).

«АЛМАТЫ-БІШКЕК» АВТОМОБИЛЬ ЖОЛЫНДА ТЕМПЕРАТУРА МЕН ЫЛҒАЛДЫЛЫҚТЫ ТӘЖРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ

Б.Б.Телтаев

Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан
bagdatbt@yahoo.com

Тірек сөздер: Автомобиль жолы, жол төсемесі, жер төсемесі, асфальтбетон жамылғасы, температура, ылғалдылық, температура мен ылғалдылық датчигі, температура градиенті, тоңбаған су.

Аннотация: Мақалада «Алматы-Бішкек» автомобиль жолының жол төсемесі құрылымы мен жер төсемесіндегі температура мен ылғалдылықты зерттеудің кейбір нәтижелері берілген. Зерттеулер жолдың Алматы қаласынан 59-шы шақырымында орналасқан бөлігінде жүргізілді. Тәжірибелік зерттеулер үшін құрамында температура және ылғалдылық датчиктері бар арнайы автоматтандырылған өлшеу кешені пайдаланылды. Зерттеулер 2013 жылдың 1-шілдесінен 2015 жылдың 6-наурызына дейін жүргізілді. Асфальтбетон жамылғыда температура жылдық және тәуліктік циклдарда, ал жол төсемесінің төменгі бөлігі мен жер төсемесінде температура тек жылдық циклда ғана өзгеретіндігі көрсетілген. Жол төсемесі құрылымының төменгі бөлігі мен жер төсемесіндегі температура градиентінің жылдық циклдағы өзгеру графигі берілген. Жер төсемесі нүктелеріндегі ылғалдылықтың өзгеру ерекшеліктері анықталған. Жылдың күз, көктем және жаз маусымдарында ылғалдылық 4-9 % аралығында болады. Теріс температуралардың келуімен жер төсемесінің жоғарғы бөлігінде ылғалдың бір бөлігі мұзға айналады. Тоңбаған судың мөлшері мен теріс температура арасындағы корреляциялық байланыс анықталған.

Сведения об авторе:

Телтаев Багдат Бурханбайұлы – доктор технических наук, профессор, президент АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт».

Адрес: Республика Казахстан, 050061,
г. Алматы, ул. Нурпеисова, 2а, АО «КаздорНИИ»
e-mail: bagdatbt@yahoo.com

Поступила 19.07.2015 г.

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 11.08.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
15,7 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.