

*Гатиятуллин Мухаммат Хабибуллович,*

*д.пед.н., профессор кафедры дорожно-строительных машин,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

*Низамеев Рамиль Равилевич,*

*магистр кафедры автомобильные дороги ФГБОУ ВО Казанский  
государственный архитектурно-строительный университет*

## **ВОДНО – ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

**Аннотация:** актуальность исследования связано с тем, что часто конструкция автомобильной дороги при переходе с одного природного сезона в другой подвергается деформациям и разрушениям. Основной причиной такого состояния является влияние водно-теплового режима. Пренебрежение изменениями температуры и влажности дорожной конструкции может сократить долговечность, надежность и качества дороги. В статье рассматривается проектированию автомобильных дорог с учетом водно-теплового режима местности.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, водно-тепловой режим, долговечность, прочность, земляное полотно, влажность, температура.

**Abstract:** the relevance of the study is due to the fact that often the design of the road during the transition from one natural season to another is subject to deformation and destruction. The main reason for this condition is the influence of the water-thermal regime. Neglect of changes in temperature and humidity of the road structure can reduce the durability, reliability and quality of the road. The article discusses the design of roads taking into account the water-thermal regime of the area.

**Key words:** road, water-thermal regime, durability, strength, subgrade, humidity, temperature.

При строительстве автомобильной дороги требуется проектирование земляного полотна – основного конструктивного элемента с обеспечением его функционирования на протяжении всего срока службы. Надежность, долговечность, прочность и высокие эксплуатационные качества дорожной одежды крайне зависимы от устойчивости земляного полотна. При его расчете важными характеристиками является угол внутреннего трения, удельное сцепление, влажность и степень уплотнения грунта. Влажность грунтов земляного полотна в разные периоды года может достаточно сильно изменяться. Сохранить оптимальную влажность грунта – это главная задача при проектировании автомобильной дороги.

Основным фактором разрушения и повреждения покрытий на автомобильных дорогах даже с небольшой интенсивностью является переувлажнение грунтов земляного полотна. Переувлажнение грунта в основном происходит из-за проникновения атмосферных осадков через откосы насыпи и выемки, обочины проезжей части, разделительной полосы (при её наличии), а также через дефекты асфальтобетонного покрытия. Но поверхностная вода является не единственным источником увлажнения земляного полотна. Грунтовые воды и стоящие вдоль земляного полотна скопления влаги – ещё одна проблема, влияющая на повышение влажности грунтов.

Немаловажным фактором, влияющим на устойчивость и надежность автомобильной дороги, является температура окружающей среды. Влажность и температура в теле земляного полотна очень сильно взаимосвязаны и обычно рассматриваются как единый процесс в виде водно-теплового режима.

Закономерные изменения в течение года влажности и температуры в придорожном слое воздуха, в слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна, обусловленные особенностями данной дорожно-климатической зоны

и местных гидрогеологических условий, называют водно-тепловым режимом дорожной конструкции [3; 4]. Регулирование водно-теплового режима, а именно его улучшение в земляном полотне, важное составляющие для нормальной работы дорожной одежды и целостности всей конструкции автомобильной дороги (дорожная одежда + земляное полотно).

Изменение водно-теплового режима автомобильной дороги в основном зависит от климатических факторов. Известно, что климатические факторы создают регулярные сезонные колебания температуры и влажности в дорожной одежде и грунте земляного полотна. Постоянные переходы через ноль негативно сказывается на состоянии всей конструкции автомобильной дороги. С увеличением циклов замораживания и оттаивания, усталость дорожно-строительных материалов так же увеличивается, что приводит к разрушению земляного полотна, основания и покрытия дороги.

Недоучет климатических характеристик при строительстве, реконструкции и модернизации автомобильных дорог, приводит к образованию различного рода деформаций и разрушений, снижающих по сравнению с расчетным сроком службы дорожных конструкций [2, с. 129].

Годовой цикл водно-теплового режима принято делить на четыре сезона:

- осенью происходит обильное влагонакопление в грунте;
- зимой начинается промерзание всей дорожной конструкции;
- весной происходит оттаивание дорожной одежды и земляного полотна;
- летом происходит полное высыхание земляного полотна;

Пониженная средняя температура воздуха, небольшое количество солнечных дней, большое количество осадков, повышение грунтовых вод – все эти факторы характерны для осеннего периода. В этот период влажность грунта и дорожной одежды увеличивается. Происходит разуплотнение земляного полотна и основания. Дорожная конструкция не успевает просохнуть.

В зимний период происходит промерзание верхнего слоя дорожной одежды.

В соответствии с требованиями по содержанию автомобильных дорог, проезжая часть в период промерзания в соответствии ГОСТ Р 50597 – 2017 [1] должна быть свободной от снега, в отличие от обочин, которые частично завалены снегом. Снежные массы на обочины выполняют функцию некой теплоизоляционной прослойки, что в свою очередь приводит к неравномерному промерзанию дорожной конструкции. Дорожная одежда с земляным полотном под проезжей частью промерзает гораздо быстрее, чем грунты под обочиной и откосами.

При таком неравномерном промерзании дорожной конструкции влага начинает мигрировать из более теплых слоев к более холодным. При этом влага кристаллизуется и образует ледяные линзы.

В связи с пониженной влажностью и стабильно низкой температурой, зимний период не является критически опасным для целостности дорожной конструкции.

Наиболее разрушительное действие на дорожную конструкцию оказывает частый переход через ноль. Такое поведение характерно для весеннего периода. Под дневными лучами солнца происходит оттаивание покрытия, ночью температура падает, и может опускаться ниже нуля. Весной так же происходит интенсивное перераспределение влаги.

Согласно исследованиям, оттаивание дорожной конструкции под проезжей частью свободной от снега, происходит быстрее чем под обочиной дороги. Разница составляет примерно 10–15 суток. Из-за промерзания откосов земляного полотна отсутствует дренирование воды из тела земляного полотна. Свободная вода после оттаивания льда под проезжей частью не выводится из под основания дорожного полотна, что приводит к переувлажнению земляного полотна и дорожной одежды. Влажность грунта в этот момент становится максимальной, а плотность и сопротивление сдвигу имеет минимальное значение. В этот период вероятность заиливание дренирующих слоев возрастает.

В летний период, когда земляное полотно полностью оттаяло, происходит постепенное просыхание дорожной конструкции. При этом падает влажность, а прочностные характеристики грунта увеличиваются за счет увеличения плотности и сцепления.

При сравнении температуры окружающей среды и автомобильной дороги, выясняется, что они примерно одинаковые. Поэтому можно сделать вывод, что изменения температуры в дорожной одежде и земляном полотне зависит от температуры воздуха. Но также есть одна закономерность, чем выше значение температуры воздуха, тем больше разница в температуре между асфальтобетонным покрытием и температурой окружающей среды. Если температура воздуха составляет  $+31\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то температура покрытия составит  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Если же температура воздуха опуститься до  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то минимальная температура асфальтобетона будет всего лишь  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  [5, с. 3].

В жаркое лето такая разница в температуре объясняется тем, что асфальтобетонное покрытие имеет черный цвет и поэтому поглощает большое количество солнечной энергии, аккумулируя в себе тепло. В холодное время года, из-за разницы в температуре происходит теплопередача накопленного тепла из нижних слоев дорожной конструкции в верхние (Рисунок 1).

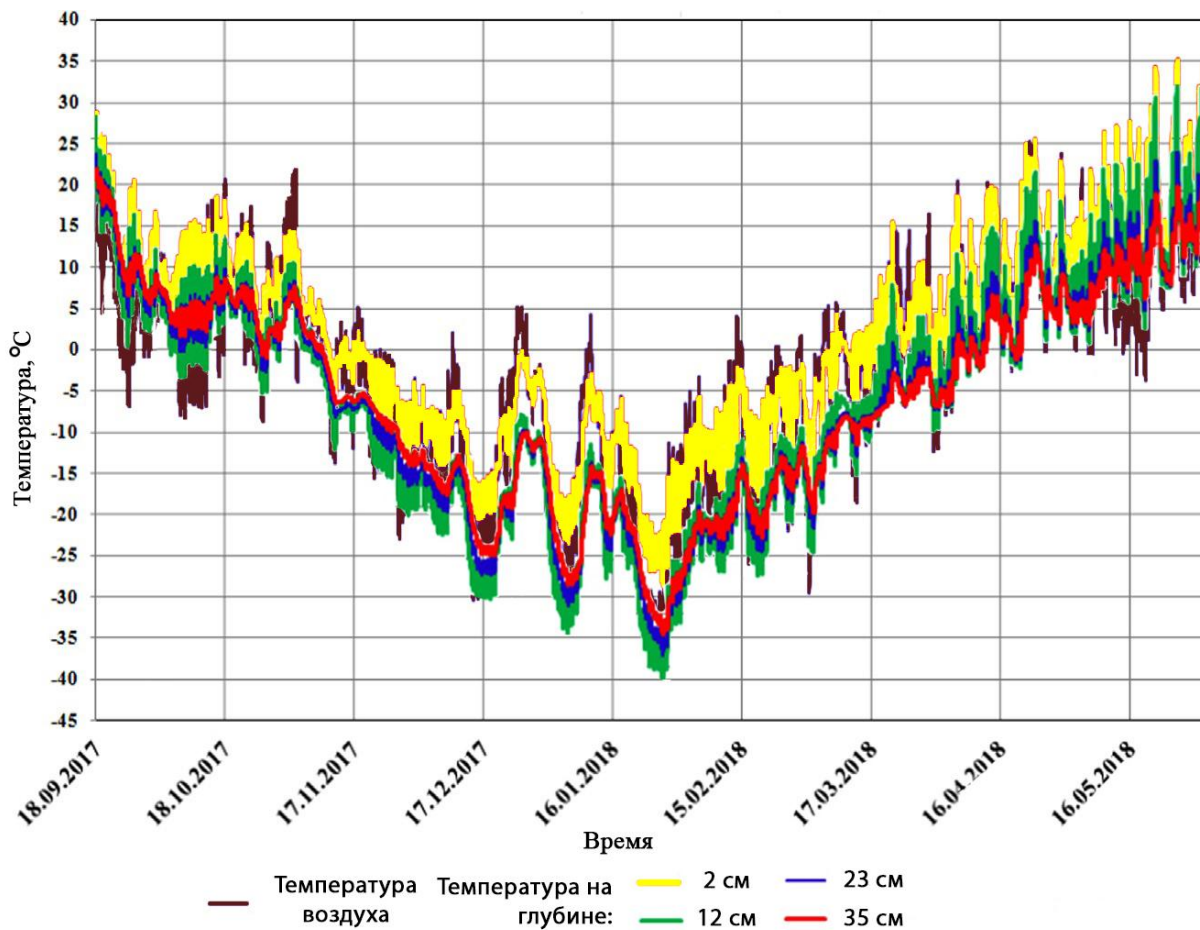


Рисунок 1 - График изменения температуры воздуха, в асфальте и в верхней части основания [5, с. 4].

На рисунке 2 показан график зависимости изменения температуры окружающей среды и дорожной одежды. Исходя из него можно сказать, что температура воздуха выше, чем температура покрытия. Связано это с тем, что асфальтобетонному покрытию необходимо время для нагрева, т.к. асфальтобетону свойственно термическое сопротивление.

При сравнении температуры окружающей среды и дорожного покрытия, можно увидеть зависимость, как в годовом, так и в месячном цикле, и даже в суточном. При этом чем больше глубина, тем меньше эта зависимость. Если говорить про глубину в 0,35 м, то суточная зависимость практически отсутствует.

На основе графика можно сделать вывод, что температура окружающего воздуха ежедневно влияет только на верхние слои дорожной одежды (до 30 см),

на средних глубинах (от 0,3 м) суточные изменения температур пропадают, а остается лишь годовые и месячные циклы.

При расчете дорожной одежды, одной из характеристик является глубина промерзания, которую определяют в соответствии с п. 4 ОДН 218.046-01 [3]. Результаты эксперимента [5, с. 5] показали, что период промерзания и оттаивания можно разделить на два периода. Постепенное промерзание происходит в первый период. Глубина промерзания в этот период увеличивается по параболической траектории, а скорость уменьшается по прямой. Данный период начинается с середины ноября и заканчивается примерно в начале марта. Первый период промерзания составляет примерно 120 дней. Начальная скорость промерзания дорожной конструкции составляла 0,033 м в сутки. Второй период промерзания характерен постоянной глубиной промерзания. Продолжительность периода составляет примерно 76 дней. Глубина промерзания составляет примерно 2,17 м.

Стабильное оттаивание дорожной одежды и земляного полотна начинается в марте и длится до конца мая. Средняя скорость оттаивания имеет постоянное значение и равно 2,18 см в сутки. Что на 20% выше, чем скорость промерзания.

Согласно исследованию [5] влажность земляного полотна практически одинаковое и составляет примерно от 7 до 18%. В холодное же время влажность падает.

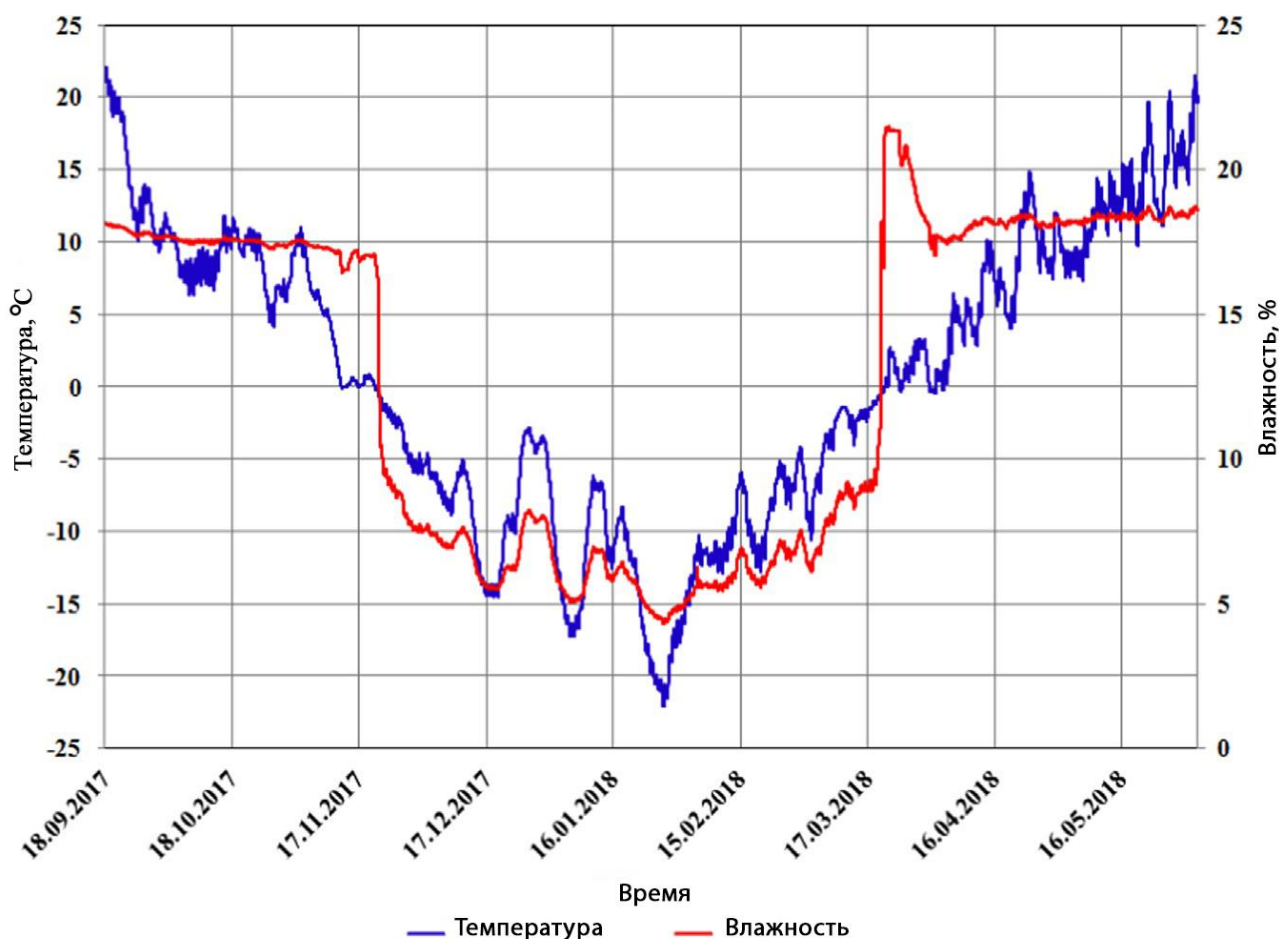


Рисунок 2 - График изменения температуры и влажности на глубине 35 см, [5, с. 9].

На рисунке 2 показан график влияния температуры на влажность основания дорожной конструкции на глубине 35 см. Проанализировав его, можно сделать вывод, что влажность основания резко падает при промерзании и так же резко повышается при оттаивании. Такое поведение влаги можно объяснить тем, что вода переходит из жидкой фазы в твердую и наоборот.

Из графика (рисунок 2) также видно, что даже при большой отрицательной температуре, не вся влага переходит в твердое состояние (образуя лёд), часть из неё всё равно находится в жидком состоянии и влажность составляет примерно 4-5%.

Таким образом, при проектировании автомобильных дорог следует больше уделять внимание водно-тепловому режиму. Недостаточно ограничиваться общими климатическими характеристиками района строительства. Важно так же учитывать влияние воды и температуры в разные



периоды года, что позволит более обосновано подойти к принятию проектных решений.

При проектировании дорожных одежд и регулировании водно-теплового режима необходимо учитывать следующие моменты:

- сумма осадков по месяцам за год;
- толщина снежного покрова с продолжительностью его залегания;
- режим и скорость промерзания и оттаивания грунта.
- условия изменения влажности.

Важно соблюдать условия для равномерного промерзания и оттаивания дорожной конструкции. Не допускать переувлажнение грунтов земляного полотна с связи с понижением несущей способности и тем самым приводящим к разрушению дорожной одежды.

Применять современные конструктивные решения для предотвращения миграции влаги и передвижения грунтовых вод, а также предотвращения заиливания дренирующих слоев основания.

### **Библиографический список:**

1. ГОСТ Р 50597 - 2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4293743/4293743074.htm> (дата обращения 19.10.2019).

2. Исакова А.Л., Лю Ц.К. Второй международный симпозиум по проблемам земляного полотна в холодных регионах. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. – 163 с.

3. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015514> (дата обращения 19.10.2019).

4. Справочная энциклопедия дорожника II том. Ремонт и содержание автомобильных дорог [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://meganorm.ru/Data1/51/51537/index.htm> (дата обращения 19.10.2019).

5. Taltayev V.B., Suppes E.A. Temperature in pavement and subgrade and its effect on moisture [Электронный ресурс] // Case Studies in Thermal Engineering № 13. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/329198802> (дата обращения 19.10.2019).