

УДК 624.131.3:551.5

И. И. Леонович, доктор технических наук, профессор (БНТУ);
И. С. Мельникова, магистр технических наук, аспирант (БНТУ)

ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ УЧЕТ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ РАБОТ

На дороги воздействуют температура воздуха, солнечная радиация, атмосферные осадки, ветер, туман и другие природные явления, которые в ряде случаев не могут быть устранены людьми. Поэтому необходимо с учетом этих явлений находить инженерные решения, которые бы обеспечивали сооружениям требуемые технические и эксплуатационные качества. Статья посвящена оценке влияния погодно-климатических факторов при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

Air temperature, solar radiation, atmospheric precipitation, a wind, a fog and other natural phenomena influence roads. Therefore it is necessary to find engineering solutions which would provide technical qualities and maintenance quality in view of these phenomena. Influence of weather and climatic factors on designing, construction and maintenance of roads have been analyzed in the article.

Введение. Дорожные сооружения, как никакие другие, проектируются и возводятся с учетом ландшафта, гидрогеологических особенностей местности, принципов землепользования. Они функционируют не только под воздействием транспортных нагрузок, но и множества погодно-климатических факторов.

К погодно-климатическим факторам, оказывающим влияние на состояние автомобильных дорог, относят: температуру наружного воздуха, грунта, покрытия, скорость и преобладающее направление ветра, солнечную радиацию, влажность воздуха, среднее количество осадков, атмосферное давление, высоту и продолжительность залегания снежного покрова.

Следовательно, дорожникам при проектировании, строительстве и содержании автомобильных дорог приходится решать различные задачи с учетом климатических условий – совокупности значений метеорологических элементов (характеристик состояния атмосферы) в данном месте и в данный момент времени, с помощью которых оцениваются внешние факторы, сопутствующие строительству дорог или определенному состоянию дороги [1].

Основная часть. С позиции проектирования территории Республики Беларусь разделена на 3 дорожно-климатических района: северный (влажный), центральный (умеренно-влажный) и южный (неустойчиво-влажный) (рисунок) [2].



Дорожно-климатическое районирование территории Республики Беларусь:

- 1 – северный, влажный;
- 2 – центральный, умеренно влажный;
- 3 – южный, неустойчиво-влажный

Зима во всех трех районах малоснежная, с частыми оттепелями, поэтому расчетным состоянием для них следует считать повышенную скользкость покрытия и подверженность дорожной конструкции значительным воздействиям мигрирующей влажности и знакопеременным температурам.

Однако существующее дорожное районирование отражает лишь общую зависимость проектирования и строительства дорог от климата и большинства других природных условий, и поэтому является схематичным.

Учет местных условий позволяет более обоснованно подойти к принятию проектных решений. Следовательно, при проектировании дорог необходимо не ограничиваться общей характеристикой климата, полученной путем отнесения района прилегания трассы с соответствующей зоне, а изучать с достаточной подробностью климатические элементы по данным местных метеорологических станций.

Определенное влияние климатические факторы оказывают и на строительство автомобильных дорог.

При устройстве грунтовых оснований и покрытий следует прежде всего учитывать температуру и влажность окружающего воздуха.

Так, устройство оснований и покрытий из грунтов, укрепление их неорганическими вяжущими материалами следует осуществлять при температуре не ниже 5°C. Влажность смеси грунтов с неорганическими вяжущими перед уплотнением должна соответствовать оптимальной, но в зависимости от погодных условий во время производства работ допускается не более чем на 2–3% выше оптимальной при сухой погоде без осадков и температуре воздуха выше 20°C и на 1–2% меньше оптимальной при температуре ниже 10°C и наличии осадков. При температуре воздуха выше 20°C для замедления процесса схватывания смеси и обеспечения оптимальных условий уплотнения в смеси вводятся добавки СДБ, ГЖ-136-41 или другие.

При отрицательных температурах воздуха укрепление грунтов неорганическими вяжущими материалами должно осуществляться с соблюдением мер их защиты от смерзания (введением противоморозных добавок).

Уплотнение смеси грунта с цементом до максимальной плотности должно быть закончено не позднее чем через 3 ч, а при пониженной температуре (ниже 10°C) – не позднее чем через 6 ч после введения в смесь воды или раствора солей.

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, разрешается устраивать в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 10°C. Уплотнение

грунтов, укрепленных органическими вяжущими совместно с цементом или известью, следует производить не позднее чем через 2 ч после окончания перемешивания. При температуре воздуха ниже 15°C этот интервал может быть увеличен до 4 ч.

Уплотнение грунтов, укрепленных органическими вяжущими, должно заканчиваться в течение смены. Если в процессе уплотнения выпадали осадки и температура воздуха была ниже 15°C, допускается повторное уплотнение смеси, но не позже чем через 2 сут – для грунта с добавкой цемента и 4 сут – для грунта с добавкой извести.

При устройстве оснований и покрытий из каменных материалов учитывают температуру окружающего воздуха и его влажность.

Основания (покрытия) из каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими, следует устраивать в сухую погоду при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5°C.

При температуре воздуха от 0 до 5°C продолжительность работ по распределению, профилированию и уплотнению каменного материала (щебня, гравия, песчано-гравийной смеси) влажностью до 3% не должна превышать 4 ч, а при более низких температурах – 2 ч.

Во время оттепелей, а также перед оттаиванием основания (покрытия), устроенные при отрицательной температуре, надо очищать от снега и льда и обеспечивать отвод воды.

Приготовление и укладка каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими, при среднесуточной температуре воздуха в пределах от 5 до –15°C должны осуществляться с принятием специальных мер: утепления основания, подогрева воды и заполнителя, введения в смесь водных растворов и хлористых солей.

Покрытия и основания из горячего и холодного черного щебня на битумах (БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 и др.) можно устраивать при температуре воздуха не ниже 5°C.

Устройства покрытия и основания из щебня, обработанного по способу пропитки битумом, дегтем или эмульсией, может осуществляться в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5°C. Эмульсии при их использовании при температуре воздуха ниже 10°C следует применять в теплом виде (температурой 40–50°C).

Основания и покрытия из щебеночных, гравийных и песчаных смесей, обработанных органическими вяжущими материалами смешением на дороге, следует устраивать при температуре воздуха не ниже 15°C и заканчивать за 15–20 сут до начала периода дождей или устойчивой температуры воздуха ниже 10°C.

Влажность щебеночных и гравийных смесей, обработанных эмульсией, в сухую и ветреную погоду при температуре воздуха выше 5°C должна быть не менее 5%, а песчано-щебеночных и песчано-гравийных смесей – на 1–2% выше оптимальной.

При устройстве асфальтобетонных оснований и покрытий прежде всего учитывают температуру и влажность окружающего воздуха.

Покрытия и основания из асфальтобетонных смесей следует устраивать в сухую погоду. Укладка горячих и холодных смесей производится весной и летом при температуре окружающего воздуха не ниже 5°C, осенью – не ниже 10°C; теплых смесей – при температуре не ниже –10°C.

Укладку холодных асфальтобетонных смесей следует заканчивать за 15–20 дней до начала периода осенних дождей, за исключением смесей с активированными минеральными порошками.

Допускается производить работы с использованием горячих асфальтобетонных смесей при температуре воздуха не ниже 0°C при соблюдении следующих требований: толщина слоя – не менее 4 см; введение ПАВ и активированных порошков; укладка только нижнего слоя; укладка верхнего слоя на свежеуложенный ($t > 20^{\circ}\text{C}$) слой.

Работы по устройству поверхностной обработки покрытий выполняются при температуре воздуха не ниже 15°C, а при использовании катионной эмульсии в качестве вяжущего – при температуре не ниже 5°C.

При температуре воздуха ниже 20°C используются эмульсии с концентрацией битума 55–60% и температурой 40–50°C. При температуре воздуха выше 20°C подогревать эмульсию не следует, а концентрация битума может быть снижена до 50%.

Длина полосы укладки горячей асфальтобетонной смеси одним асфальтоукладчиком в за-

висимости от температуры воздуха приведена в табл. 1 [3]. Под защищенными от ветра участками подразумеваются участки автомобильных дорог с лесными насаждениями в полосе отвода. При работе же двумя асфальтоукладчиками длина полосы укладки горячей асфальтобетонной смеси составит соответственно: 60–70 м; 70–80 м; 80–100 м; 100–150 м; 150–200 м.

Таблица 1
Длина полосы укладки горячей асфальтобетонной смеси одним асфальтоукладчиком в зависимости от температуры воздуха

Температура $t, ^{\circ}\text{C}$	На защищенном от ветра участке	На открытом участке
5–10	30–40	25–30
10–15	40–60	30–50
15–20	60–80	50–70
20–25	80–100	70–80
Более 25	100–150	80–100

Интенсивность остывания асфальтобетонной смеси зависит от ряда факторов. Время T , в течение которого смесь остынет от температуры в начале уплотнения ($t_{\text{нач}}$) до некоторой температуры t_t , определяется по формуле

$$T = \frac{\gamma \cdot c \cdot H \cdot k}{2\alpha} \ln \frac{t_{\text{нач}} - t_b}{t_t - t_b}, \quad (1)$$

где γ – объемная масса смеси, кг/см³; c – удельная теплоемкость смеси, ккал/кг·град; H – толщина слоя, см; k – коэффициент, учитывающий температуру основания (при температуре основания $t_{\text{осн}}$, равной температуре воздуха t_b , $k = 1,0$); α – коэффициент теплоотдачи смеси, ккал/м² · 1°C; $\alpha = 25 + 2v$, где v – скорость ветра, м/с.

Зависимость между H , v , t_b и длительностью уплотнения асфальтобетонной смеси профессор Я. А. Калужский рекомендует принимать по следующей таблице (табл. 2) [1].

Таблица 2

Влияние метеорологических факторов на технологию уплотнения асфальтобетонных смесей (зависимость между толщиной слоя, скоростью ветра, температурой воздуха и длительностью уплотнения смеси)

Скорость ветра, м/с	Допустимая температура воздуха при толщине слоя, см				Скорость ветра, м/с	Допустимая температура воздуха при толщине слоя, см			
	3	4	5	6		3	4	5	6
Длительность уплотнения – 15 мин					Длительность уплотнения – 25 мин				
0	–20	–35	–35	–35	0	0	–10	–15	–35
3	–10	–28	–35	–35	3	+20	+8	–8	–18
Длительность уплотнения – 20 мин					Длительность уплотнения – 30 мин				
0	–5	–20	–25	–35	0	+3	–5	–10	–35
3	+10	–5	–20	–30	3	+30	+17	+4	–6
5	+23	+10	–2	–12	5	–	+30	+18	+10

В жаркую солнечную погоду асфальтобетонное покрытие нагревается выше температуры окружающего воздуха и достигает в северных районах 50°C, а на юге страны – 60–70°C. Интенсивность же остывания асфальтобетонной смеси в покрытии в среднем соответствует для неуплотненной смеси – 5–6°C/мин; для уплотненной – 1–15°C/мин.

Продолжительность транспортирования бетонной смеси при устройстве покрытий не должна превышать 30 мин при температуре воздуха от 20 до 30°C и 60 мин – при температуре воздуха ниже 20°C. При этом смесь надо защищать от воздействия атмосферных осадков и испарения влаги.

Марка бетона по морозостойкости для однослоиных и верхнего слоя двухслойных покрытий определяется по табл. 3.

Таблица 3
**Марка бетона по морозостойкости
при устройстве покрытий**

Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца, °C	Морозостойкость бетона, не менее
От +10 до 0	50
От 0 до –10	100
От –10 до –20	150
Ниже –20	200

Бетонные покрытия и основания при максимальной суточной температуре воздуха выше 30°C, перепаде температур воздуха за сутки более 12°C и оптимальной влажности воздуха менее 50% следует устраивать, как правило, в вечерние иочные часы.

При устройстве двухслойных бетонных покрытий интервалы во времени между укладкой нижнего и верхнего слоев должны быть: при температуре воздуха 5–20°C – не более 60 мин; при температуре от 20 до 25°C – не более 45 мин; при температуре 25–30°C – не более 30 мин.

Расстояния между температурными швами в верхних слоях основания из толстого бетона (в метрах), устраиваемыми по типу ложных швов сжатия или по типу рабочих швов, зависят от вида дорожной одежды и температуры воздуха при укладке толстого бетона.

Климатические факторы оказывают влияние также и на эксплуатацию автомобильных дорог.

Содержание дорог как в технологическом, так и в организационном плане всецело зависит от погодно-климатических условий. Так, при летнем содержании дорог обычно в сухую, жаркую погоду необходимо поливать водой усовершенствованные дорожные покрытия, вести борьбу с пылеобразованием на грунтовых, гра-

вийных и других дорогах, не обладающих связностью поверхности слоя. При высоком уровне солнечной радиации часто появляются дополнительные работы по конгломерации выступающего на поверхность битума [4].

В дождливую погоду следует усиливать внимание к пропуску воды по дорожным каналам и через отверстия искусственных сооружений, следить за состоянием открытых поверхностей обочин и откосов, ликвидировать застой воды в полосе отвода.

Циклическое протекание оползневых процессов, усложняющих эксплуатацию дорог, согласуется с закономерностями изменения погодно-климатических условий. При длительных, обильных дождях грунт переувлажняется, уменьшаются его сцепные качества и нарушается равновесие между удерживающими и сдвигающими силами.

Размывы, оплыивание и другие деформации откосов земляного полотна всецело зависят от количества выпадающих осадков.

Погодно-климатические факторы определяют также время и интенсивность работ по посадке зеленых насаждений, посеву трав, уходу за деревьями и кустарником, которые имеют снегозадерживающее, рекреационное и декоративное назначение.

Зимнее содержание автомобильных дорог зависит от продолжительности периода, интенсивности снегопадов, высоты снежного покрова, особенностей метелевого режима, направления преобладающих ветров, объема снегопреноса, температуры воздуха и других метеорологических характеристик. Так, к примеру, в период снегопада появляется необходимость очистки проезжей части от снега, в период гололедицы – борьбы со скользкостью [5].

Существенную роль в эксплуатации автомобильных дорог играет экспозиция склонов земной поверхности и расположенных на них дорожных сооружений относительно солнца: южные склоны получают большее число часов солнечного прогревания, чем северные, и поэтому быстрее освобождаются от снега, так как почва здесь больше прогревается и скорее просыхает.

Водно-температурный режим земляного полотна протекает под воздействием различных температур воздуха и зависит от свойств грунта, дорожной одежды, уровня грунтовых вод и других факторов.

На режим влажности грунта земляного полотна оказывают влияние влажность воздуха и интенсивность испарения, которые определяются температурой и количеством осадков, но при этом существенное значение имеют и местные факторы – рельеф, растительность, экспозиция поверхности по отношению к солнцу.

Водно-тепловой режим земляного полотна, и в частности глубина промерзания грунтов, закономерности их оттаивания и просыхания определяют характер планируемых противопучинных мероприятий, организацию и технологию работ по содержанию дорог [6].

В целом же для принятия правильных мер при меняющихся погодно-климатических условиях водители, службы содержания дорог и организации движения должны руководствоваться оперативной информацией, которая предоставляется системой информационного обеспечения.

Что касается проведения ремонтов дорожных покрытий, текущий ремонт автомобильных дорог начинается сразу после схода снега. Однако выполнение различного вида работ требует дифференцированного подхода. Так, устранение ям, выбоин и трещин на асфальтобетонных покрытиях успешно может осуществляться при температуре воздуха более 5°C и при высохшем покрытии; ликвидация дренажных воронок и ровиков, устранение повреждений земляного полотна, размыв водоотводных каналов, планировка обочин – при соответствующем высыхании грунта.

Ремонт цементобетонных покрытий производится с учетом температуры воздуха. При температуре 0–5°C в осенний и весенний периоды рекомендуется применять быстротвердеющие бетоны; они обеспечивают ускоренное формирование и при температуре 20–25°C.

Движение по бетонному покрытию при температуре воздуха 15–25°C открывается через 5–7 сут после окончания работ, когда его прочность достигает не менее 70% требуемой.

Ремонт покрытий с применением горячих и холодных асфальтобетонных смесей производится в сухое и теплое время года при температуре воздуха не ниже 5°C. Трещины на покрытиях заделывают в сухую и теплую погоду при температуре воздуха не ниже 5°C, когда они наиболее раскрыты.

Заключение. Дорога – это комплекс инженерных сооружений, объектов и устройств, взаимоувязанных между собой конструктивно, технологически, эстетически, функционально и предназначенных для обеспечения транспортных коммуникаций. На дороги воздействуют температура воздуха, солнечная радиация, атмосферные осадки, ветер, туман, гололедица и другие природные явления, которые являются объективной реальностью и в ряде случаев не могут быть устранены людьми. Поэтому необходимо с учетом этих явлений находить инженерные решения, которые бы обеспечивали сооружения необходимые технические и эксплуатационные качества, а также рекомендовать дорожникам ряд мер с учетом особенностей погодно-климатических факторов:

- 1) укрепление грунтовых оснований и покрытий неорганическими вяжущими при отрицательных температурах воздуха должно сопровождаться использованием противоморозных добавок СДБ, ГЖ-136-41 или других;

- 2) обработанные неорганическими вяжущими основания и покрытия из каменных материалов при температуре ниже 5°C должны устраиваться после предварительного утепления основания, подогрева воды и заполнителя;

- 3) при устройстве асфальтобетонных покрытий допускается применять горячие смеси при пониженной температуре воздуха (но не ниже 0°C) с использованием поверхностно-активных веществ и активированных порошков, а толщина укладываемого слоя должна составлять не менее 4 см;

- 4) при содержании дорог в зимний период для борьбы со скользкостью необходимо использовать противогололедные материалы, для борьбы со снежными заносами устанавливать в зависимости от объема снегоприноса и скорости ветра деревянные щиты и т. д.

Таким образом, погодно-климатические условия оказывают непосредственное влияние на выбор технологии и организации производства дорожных работ. При проектировании, строительстве и эксплуатации дорог главным образом учитываются температура и влажность окружающего воздуха, скорость и направление ветра, среднее количество осадков, среднее число дней с грозами и метелями, высота снежного покрова и другие.

Литература

1. Дорожная климатология: учеб. для студентов вузов / И. И. Леонович; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск: БНТУ, 2005. – 484 с.
2. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 19–2006. – Введ. 01.07.2006. – Минск: Минтранс, 2006. – 64 с.
3. Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев: ТКП 094–2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: Минтранс, 2008. – 92 с.
4. Леонович, И. И. Содержание и ремонт автомобильных дорог: в 2 т. / И. И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2003. – Т. 1: Общие вопросы содержания и ремонта дорог, машины и материалы. – 270 с.
5. Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог: ТКП 100–2007. – Введ. 01.07.2008. – Минск: Минтранс, 2008. – 86 с.
6. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учеб. для студентов вузов / Н. П. Вырко. – Минск: БГТУ, 2005. – 445 с.

Поступила 02.04.2011