

Д.В. Иванов, Ю.А. Зарапин

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Социально-экономическое развитие региона, да и всей страны в целом, напрямую зависит от уровня развития и технического состояния дорожной сети. На ремонт и строительство дорог ежегодно выделяются большие средства, но срок службы дорожных одежд по-прежнему остается низким. Уже после нескольких циклов промерзания-оттаивания (примерно 2–3 года) транспортно-эксплуатационные показатели дорог

начинают заметно ухудшаться вследствие деформации покрытия. Большая часть территории Российской Федерации характеризуется длительным зимним периодом и значительным сезонным промерзанием грунтов. В совокупности с неприятными грунтово-гидрологическими условиями это приводит к пучению земляного полотна и дорожной одежды и, соответственно, к повреждениям покрытия.

Проведенный анализ работы дорожных одежд независимо от их типа в районах с сезонным промерзанием (оттаиванием) показывает, что в эти периоды в земляном полотне и конструкции дорожной одежды происходят наибольшие разрушения и деформации, а это является главной проблемой низкого качества автомобильных дорог. Наибольшие разрушения и деформации покрытия наблюдаются при переувлажнении грунтов активной зоны земляного полотна [1]. Количество влаги W , находящееся в земляном полотне, не остается постоянным в течение года и изменяется за определенный промежуток времени согласно уравнению водного баланса [2] (рис. 1):

$$W = (A + B + C) - (D + E + F),$$

где A – осадки, выпадающие на земляное полотно; B – просачивание воды, притекающей с прилегающей к дороге местности; C – приток воды от уровня грунтовых вод по капиллярам, а также в результате пленочного и парообразного перемещения влаги; D – сток воды с земляного полотна; E – испарение влаги с поверхности грунта; F – просачивание воды из земляного полотна в глубинные слои грунта.

Основные источники увлажнения дорожной конструкции (рис. 1): атмосферные осадки, просачивающиеся через трещины в покрытии, обочины (особенно в местах сопряжения с проезжей частью); вода, застаивающаяся на поверхности полотна, в боковых резервах и кюветах вследствие затрудненного поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе молекулярного и капиллярного передвижения; подземная вода, поднимающаяся по капиллярам, особенно при промерзании конструкции и близком к поверхности дороги залегании подземных вод; парообразная вода, перемещающаяся от теплых слоев к более холодным. Зимой при промерзании конструкции вода может передвигаться снизу вверх и концентрироваться у фронта промерзания, повышая влажность грунта [1].

В общем случае, согласно исследованиям В.Ф. Бабкова, А.Я. Тулаева и других, в годовом цикле изменения водно-теплового режима земляного полотна выделяют четыре характерных периода (стадии):

- 1) первоначальное накопление влаги осенью (предзимний период);
- 2) промерзание земляного полотна и зимнее перераспределение влаги (морозный период);
- 3) насыщение (весенний период);
- 4) летнее просыхание земляного полотна (летний период).

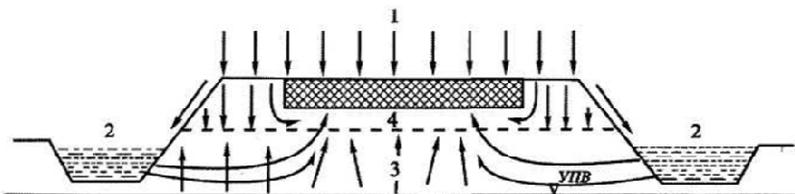


Рис. 1. Схема источников увлажнения дорожной конструкции:

- 1 – атмосферные осадки; 2 – вода в канавах;
3 – подземная вода; 4 – песчаное основание

Периоды промерзания-оттаивания грунта и насыщение его свободной водой являются наиболее опасными с точки зрения эксплуатации дорожных одежд. Его принимают за расчетный для дорожных одежд и земляного полотна.

Скопившийся в линзах и прослойках лед в верхней части земляного полотна оттаивает в третьем периоде, и поры грунта заполняются свободной водой, которая скапливается над еще не оттаявшим грунтом. Особенность данного периода в том, что снизу и с боков грунт находится еще в мерзлом состоянии (рис. 2). Неравномерность оттаивания обуславливает переувлажнение грунтов под дорожной одеждой, что вызывает резкое снижение ее прочности [1, 3].

Образовавшееся мокрое корыто сохраняет некоторый период максимальную влажность $W = (0,85 \dots 1,0)W_m$, минимальную плотность и прочность грунта. В результате появляется избыток свободной воды q , отжимающийся в подстилающий слой дорожной одежды под

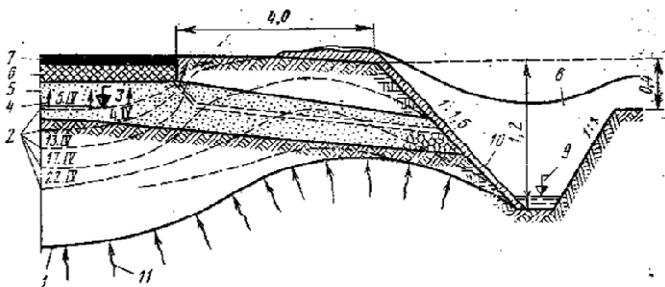


Рис. 2. Схема неравномерного промерзания и оттаивания земляного полотна автомобильной дороги с асфальтовым покрытием:

- 1 – граница промерзания; 2 – ход оттаивания весной по датам наблюдений;
3 – отметка свободной воды над донником; 4 – дренарующий слой;
6 – щебеночное основание; 7 – асфальтобетонное покрытие; 8 – снег;
9 – уровень воды в канаве; 10 – лед; 11 – стрелки направления движущейся влаги по незамерзающим водным пленкам из талого грунта к границе промерзания

воздействием динамического влияния транспорта и защемленного воздуха, расширяющегося при разности температур ≥ 3 °С увеличением массы проезжающих транспортных средств, свободная вода интенсивнее отжимается в корыто [1].

Особенно опасны в это период заморозки, когда замерзающая свободная вода увеличивается в объеме до 9 %.

В связи с этим с наступлением весны на дорогах образуются трещины в виде паутин, ямы, просадки, разрушение дорожной одежды и т.д. Решением данной проблемы является создание оптимального водно-теплого режима земляного полотна.

Создание оптимального водно-теплого режима предусматривает различные конструктивные, технологические и эксплуатационные мероприятия, направленные на предохранение земляного полотна от переувлажнения. В качестве конструктивных используют следующие меры [4, 5]:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов в верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;
- осушение рабочего слоя земляного полотна (устройство дренажа, гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек для перехода от 2-й или 3-й схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна к 1-й схеме);
- устройство морозозащитного слоя из непучинистых минеральных материалов;
- устройство теплоизолирующих слоев, снижающих глубину или полностью исключающих промерзание грунта под дорожной одеждой;
- устройство основания дорожной одежды из монолитных материалов (типа тощего бетона).

Однако независимо от принятых конструктивных решений наиболее рациональным является устройство морозозащитных (теплоизолирующих) слоев из эффективных теплоизолирующих материалов с коэффициентом теплопроводности не более 0,035 Вт/(м·К) [5]. Применение экструзионного пенополистирола в конструкции дорожных одежд в районах с сезонным промерзанием (оттаивание) позволяет снизить или полностью исключить промерзание земляного полотна, вывести пучинистые грунты из зоны промерзания и понизить расчетную влажность за счет снижения температурного-влажностного градиента.

При эксплуатации автодороги с применением экструзионного пенополистирола в качестве теплоизолирующего слоя согласно [5] увеличивается срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами, повышается долговечность и ровность покрытия; увеличивается модуль упругости дорожной одежды; исключается образование колеи; происходит доуплотнение рабочего слоя земляного полотна.

Исследования, проведенные в [6], показали, что долговечность экструзионного пенополистирола можно рассматривать с позиций термофлуктуационной концепции прочности, а предлагаемая в [6] методика позволяет оценить долговечность материала в таких конструкциях с учетом действующих на материал напряжений и температур. Рассчитанная по данной методике долговечность материала в дорожных конструкциях составляет порядка 50 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулаев, А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств / А.Я. Тулаев. – М. : Транспорт, 1980. – 191 с.
2. Бабков, В.Ф. Автомобильные дороги : учебник для вузов / В.Ф. Бабков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 200 с.
3. Автомобильные дороги (совершенствование методов проектирования и строительства) / под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Сиденко. – Киев : Будівельник, 1973. – 278 с.
4. Рувинский, В.И. Пособие по устройству теплоизолирующих слоев из пенопласта Styrofoam на автомобильных дорогах России / В.И. Рувинский. – М. : Транспорт, 2000. – 71 с.
5. СНиП 2.05.02–85*. Автомобильные дороги.
6. Ярцев, В.П. Прогнозирование долговечности экструзионного пенополистирола в дорожных конструкциях / В.П. Ярцев, Д.В. Иванов, К.А. Андрианов // Научный вестник ВГАСУ. – Воронеж, 2010. – № 3(19). – С. 99 – 104.