



УДК 625.733 (571.6)

© А. И. Ярмолинский, П. А. Пегин,
В. А. Ярмолинский, И. Н. Пугачев, 2005

ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ОБОЧИН И ТИПА ИХ УКРЕПЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Ярмолинский А. И. – завкафедрой «Автомобильные дороги» д-р техн. наук, проф.; *Пегин П. А.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильные дороги»; *Ярмолинский В. А.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильные дороги»; *Пугачев И. Н.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильные дороги» (ТОГУ)

Исследовано влияние ширины обочин на водно-тепловой режим, безопасность движения и условия эксплуатации автомобильных дорог с учетом типа их укрепления. Рассмотрены технологические схемы содержания и ремонта элементов дороги и инженерного обустройства в течение года с учетом ширины обочин. Проведен анализ действующих нормативных документов, регламентирующих ширину обочин. Предложена оптимальная ширина обочин для Дальневосточного региона.

The influence of the wayside width on water-thermal mode, traffic safety and automobile roads operating conditions taking into account the type of their strengthening are investigated. The technological circuits of the maintenance and repairing the road units and engineering arrangement within one year are considered, the wayside width being taken into account. The analysis of the working normative documents regulating wayside width is carried out. The optimum wayside width for the Far East region is proposed.

Повышение безопасности дорожного движения является главной задачей при установлении нормативов для проектирования автомобильных дорог. В последнее время наметилась тенденция коммерциализации автомобильных дорог общего пользования. Это проявляется в использовании транспортных средств с ненормативной нагрузкой. Использование современных легковых автомобилей с высокими скоростями движения не обеспечивается устаревшими нормативами проектирования автомобильных дорог. Процесс корректировки норм проектирования автомобильных дорог должен осуществляться по мере по-



явления новых транспортных средств. Кроме того, развитие международных перевозок накладывает определенные технические требования к внутренним автомобильным дорогам. Все это подчеркивает важность рассматриваемой в настоящей работе проблемы.

В течение нескольких лет сотрудники кафедры «Автомобильные дороги» ТОГУ проводят комплексные научные исследования в области изучения влияния ширины обочин и типа их укрепления на безопасность движения: исследуют водно-тепловой режим различных конструкций автомобильных дорог; изучают вопросы организации содержания и ремонта элементов инженерного обустройства автомобильных дорог.

Исследования проводятся на федеральных дорогах общего пользования:

1. Хабаровск – Владивосток «Усури»;
2. Чита – Хабаровск «Амур»;
3. Хабаровск – Находка «Восток»;
4. Якутск – Виллойск – Мирный – граница Иркутской области «Виллой»;
5. Ленск – Мирный – Удачный «Анабар»;
6. Южно-Сахалинск – Ноглики – Оха.

Согласно статистическому анализу дорожных происшествий, ежегодно около 3 % ДТП происходит из-за неудовлетворительного состояния обочин и несоответствия их дорожным условиям. Среди них около 40 % ДТП приходится на темное время суток. Причиной происшествий является отсутствие включенных габаритных огней на стоящих на обочине транспортных средствах и отсутствие искусственного освещения на большей части дорог, в результате чего происходят наезды на стоящие ТС и пешеходов. Косвенными причинами этого служат климатические условия и геометрические параметры дорог.

Оставшиеся 60 % ДТП, которые происходят в светлое время суток, заключаются в недостаточных геометрических параметрах обочин и их неудовлетворительном состоянии. Особенностью этих ДТП весной является влажная, неплотная (рыхлая) обочина, вследствие чего водители стараются неглубоко заезжать на её поверхность, боясь завязнуть. Основная причина аварий летом - высокие скорости и использование обочин для обгонов.

Транспортно-эксплуатационное состояние обочин напрямую связано с водно-тепловым режимом конструкции автомобильной дороги и зависит от большого количества конструктивных, технологических и природно-климатических факторов. Важно правильно оценивать влияние этих факторов при назначении конструктивных элементов автомобильной дороги. В частности, при назначении конструкции обочин



важно правильно учесть их влияние на работу автомобильной дороги в целом.

Процессы, связанные с изменением влажности и плотности грунтов под воздействием природно-климатических факторов составляют основу теории водно-теплового режима (ВТР) автомобильных дорог. Основоположники этой теории Н. А. Пузаков, А. Я. Тулаев, В. М. Сиденко, А. В. Лыков, И. А. Золотарь, Е. И. Шелопаев, В. И. Рувинский и другие исследователи изучали процесс в целом, не выделяя взаимного влияния отдельных конструктивных элементов на характер процесса.

Исследования, проведенные в Тихоокеанском государственном университете, подтвердили теорию о значительном влиянии ширины обочин на ВТР, который следует рассматривать как двумерный процесс, результирующий характер которого зависит от нескольких факторов:

- расстояния рассматриваемого грунтового массива от источников увлажнения и степени их влияния;
- условий отвода атмосферных осадков с поверхности дороги;
- влагопроводными характеристиками грунта;
- характера теплообменного процесса с атмосферой и на границе рассматриваемого массива грунта обочины и телом земляного полотна.

Рассматривая ВТР автомобильных дорог, необходимо учитывать влияние ширины обочин на процесс влагонакопления в грунте земляного полотна под дорожной одеждой. С этой позиции влияние источников увлажнения неоднозначно.

Можно выделить разные источники увлажнения, влияющие на процесс формирования влажности грунтового массива обочин. Основными среди них являются:

- инфильтрационно-пленочное увлажнение атмосферными осадками;
- капиллярно-пленочное увлажнение от поверхностных вод и верховодки;
- капиллярно-пленочное и диффузное увлажнение от грунтовых вод и верховодки.

Капиллярно-пленочное и диффузное увлажнение формируется за счет разности потенциалов влажности и температуры в грунте земляного полотна под проезжей частью и обочинами. Внешние источники влагонакопления формируют температурно-влажностный режим в грунтовом массиве обочины, который в виде внутреннего источника взаимодействует с грунтовым массивом тела земляного полотна под проезжей частью.



Для того чтобы оценить степень влияния ширины обочины на ВТР земляного полотна необходимо последовательно проанализировать влияние всех источников на процесс влагонакопления в грунтовом массиве, а затем рассмотреть процесс тепломассообмена в грунте под обочинами и проезжей частью.

В современном представлении присыпная обочина представляет многослойную конструкцию, по несущей способности значительно уступающую дорожной одежде, поскольку основное назначение обочины заключается в выполнении функций, не связанных с восприятием автомобильной нагрузки. В классическом варианте обочина состоит из песчано-гравийного или щебеночного покрытия и тела присыпной обочины, выполненного из тонкодисперсных грунтов, которое устраивается на сплошном выводящем дренарующем слое дорожной одежды.

Преимуществом такой конструкции обочины является эффективная защита земляного полотна от увлажнения атмосферными осадками за счет низкой водопроницаемости присыпного грунта и отвода грунтовой воды дренарующим слоем в теплый период времени.

Для условий II дорожно-климатической зоны расчетным периодом определения притока атмосферных осадков в грунт земляного полотна через обочины является осенний период, который начинается с момента превышения осадков над испарением и заканчивается при переходе среднесуточной температуры через 0°C [13].

Объем влагонакопления зависит от следующих параметров:

- типа покрытия проезжей части и обочин;
- характеристик грунта земляного полотна: коэффициента фильтрации, полной капиллярной влагоемкости, влажности на границе текучести и оптимальной влажности (при ориентировочных расчетах - коэффициента уплотнения грунта и оптимальной влажности);
- метеорологических факторов в расчетный период: количества осадков и числа дождей, суммарной продолжительности выпадения осадков и дефицита влажности воздуха заданной обеспеченности, интенсивности дождей и скорости ветра при осадках.

Приток воды в грунт в расчетный период увлажнения атмосферными осадками через покрытие $q'_{атм(пр.ч)}$ и обочины $q'_{атм(об)}$ следует определять по формуле

$$q'_{атм(пр.ч)} = 10^{-3} a_{пр} H'_{ат(пр.ч)} \omega_{зр} ; \quad (1)$$

$$q'_{атм(об)} = 10^{-3} a_{пр} (H'_{ат(об)} - H'_{исп(об)}) \omega_{зр} , \quad (2)$$

где $q'_{атм(пр.ч)}$ – приток воды в грунт от атмосферных осадков, выпадающих на поверхность проезжей части в расчетный период влагонакопления, м^3 на 1м^2 ; $q'_{атм(об)}$ – приток воды в грунт от атмосферных осадков, выпадающих на поверхность обочин, и от стока воды с про-



езжей части на обочину в расчетный период влагонакопления, м³ на 1 м²; $a_{пр}$ – коэффициент, учитывающий дополнительный приток воды, поступающий в грунт до и после расчетного периода, безразмерная величина, $a_{пр}=1,3$; $H'_{вп(пр.ч)}$ и $H'_{вп(об)}$ – количество воды, впитывающейся в последний осенний месяц расчетного года в грунт земляного полотна, соответственно под проезжей частью и на обочинах, мм; $H'_{исп(об)}$ – количество воды, испаряющейся из грунта земляного полотна на обочинах в последний месяц расчетного года, мм; $\omega_{гр}$ – площадь, м² ($\omega_{гр}=1 \text{ м}^2$).

Суммарное количество воды, впитывающейся в грунт земляного полотна на обочинах $H_{вп(об)}$, мм, следует устанавливать по формуле

$$H_{вп(об)} = A_{укр} i_{вп} \left[T_D - \left(\frac{H_{см(пр.ч)}}{i_D} + \frac{H_{см(об)} - H_{см(пр.ч)}}{i_{н.а}} \right) \right], \quad (3)$$

где $A_{укр}$ – коэффициент, учитывающий влияние типа укрепления обочин на количество впитывающейся в грунт воды [13]; $H_{см(об)}$ – суммарная величина смачивания поверхности обочины, мм, определяемая по формуле

$$H_{см} = a_{см} m_D \sqrt{d(T - T_D) / m_D}, \quad (4)$$

$$H_{см} \leq m_D \max h_{см}, \quad (5)$$

где $a_{см}$, $\max h_{см}$ – показатели смачивания поверхности проезжей части и обочин, мм; m_D – число дождей расчетной повторяемости; T_D – продолжительность дождя той же повторяемости, мин; T – продолжительность расчетного периода (месяца), мин.

Для обочин, укрепленных щебнем или песчано-гравийной смесью, значения показателей смачивания принимают те же, что для оголенной грунтовой поверхности.

Расчеты показывают, что удельный приход воды на обочины в типичных условиях II ДКЗ составляет около 20 литров на м² поверхности обочины. При таком удельном притоке воды общий приток воды на обочину пропорционален ее ширине. Для IV, III, II категорий дорог этот приток будет равен соответственно 40, 50, 75 литров на погонный метр дороги.

В конечном итоге решающую роль в общем объеме влагонакопления грунта земляного полотна будет иметь величина общего притока атмосферных осадков, просачивающихся под основание дорожной одежды. Эта величина зависит от двух факторов:

– наличия или отсутствия дополнительного слоя основания и фильтрационных свойств материала, из которого он устроен;

– капиллярных свойств грунта земляного полотна.

Могут быть рассмотрены два конструктивных решения: дорожная одежда без дополнительного слоя основания и дорожная одежда с дополнительным слоем основания.

В первом случае необходимо определить глубину, на которую может просочиться вода под обочинами за расчетный период T_p , (обычно принимают $T_p = 25$ суткам). Расчеты показывают [16], что глубина просачивания атмосферных осадков в грунт для самого неблагоприятного грунта – суглинка легкого пылеватого – составляет для первой группы капилляров 2,83 м, второй – 0,71 м, третьей – 0,94 м, четвертой – 1,15 м.

В среднем для грунта с различной комбинацией капиллярных свойств эта величина составляет 1,5 м.

Если учесть, что капиллярные свойства грунта распространяются во всех направлениях грунтового массива, в том числе в горизонтальном направлении, из массива грунта обочин под основание дорожной одежды, то можно сделать следующий вывод:

- при отсутствии в конструкции дорожной одежды сплошного дополнительного (дренирующего) слоя эффективная зона влияния обочин на влагонакопление грунта земляного полотна составляет около 1,5 м;

- при наличии укрепительной полосы, равной 0,5 м, общая ширина обочины, существенно влияющая на водно-тепловой режим, составляет около 2,0 м.

Еще меньшее влияние обочины на водно-тепловой режим земляного полотна будет наблюдаться в конструкции дорожной одежды с дополнительным слоем основания из дренирующих материалов.

В этом случае атмосферные осадки, просачивающиеся через обочину, будут поступать в дополнительный слой основания и по нему отводиться за пределы земляного полотна, или аккумулироваться в нем в период, когда основание дорожной одежды под проезжей частью оттаяло, а под обочинами еще нет. В этот период времени дренирующий слой работает по принципу поглощения.

Основным конструктивным недостатком поперечного профиля автомобильных дорог при оттаивании является образование вогнутой под проезжей частью чаши водонасыщенного грунта. Как свидетельствуют результаты исследований, отставание в оттаивании обочин по сравнению с проезжей частью составляет около 10 дней (рис. 1).

В этот период не работают находящиеся под мерзлой обочиной выводящие дренирующие слои. Образовавшаяся в результате оттаивания грунта под проезжей частью свободная грунтовая вода не может



быть выведена из-под основания дорожной одежды, что обуславливает значительные деформации автомобильных дорог в весеннее время.

В реальных условиях промерзание и оттаивание земляного полотна всегда неравномерно. Неравномерность промерзания водонасыщенного грунта обуславливает неравномерность пучения земляного полотна. Запаздывание оттаивания земляного полотна под обочинами вызывает застой воды в основании дорожной одежды. В природно-климатических условиях Дальнего Востока эти факторы вызывают значительные деформации покрытий автомобильных дорог.

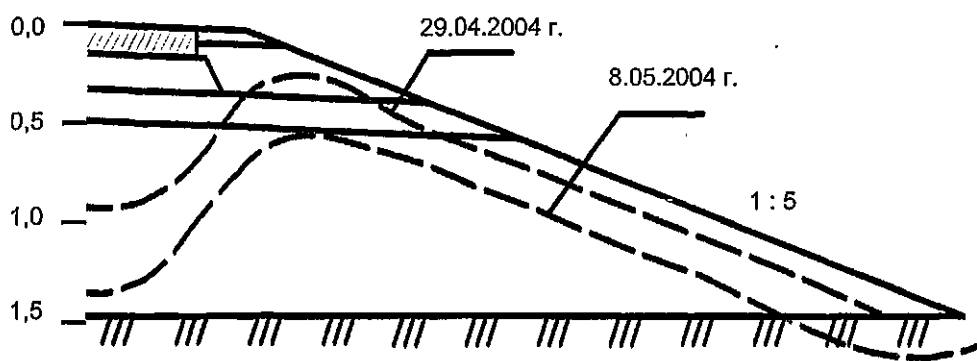


Рис. 1. Ход оттаивания грунта земляного полотна на 197 км, автомобильной дороги Хабаровск - Владивосток

При высоте насыпи более 1 м и заложении откосов 1 : 4 тело земляного полотна практически выведено из зоны влияния капиллярного и пленочного увлажнения от второго источника (поверхностного застоя воды в придорожной полосе). Поэтому основным источником увлажнения является инфильтрация атмосферных осадков в грунт через покрытие и обочины. Для изучения этого процесса были организованы полевые наблюдения на дорогах.

Наблюдения были организованы на дорогах III технической категории с усовершенствованным покрытием и осуществлялись в течении весеннего и осеннего расчетных периодов. Поперечники для наблюдений выбирались на участках с обеспеченным поверхностным стоком. Поперечный профиль автомобильных дорог соответствовал нормативным требованиям. В частности, было организовано наблюдение за водно-тепловым режимом на 17 км автомобильной дороге Уссурийск-Пограничный.

Земляное полотно автомобильной дороги на опытном участке сложено из легкого пылеватого суглинка с числом пластичности 10,5.

Присыпная обочина шириной 2,5 м укреплена песчано-гравийной смесью.

Отбор проб грунта для определения влажности осуществлялся в трех точках под обочиной через 0,5 м по глубине. В поперечнике отбор проб осуществлялся в шести точках от кромки проезжей части через 0,5 м. Графики распределения влажности в характерном сечении грунта приведены на рис. 2.



Рис. 2. Графики распределения влажности грунта на глубине 0,5 м от поверхности обочины:

- 1 - в осенний расчетный период; 2 - в весенний расчетный период;
- 3 - характерная зона неблагоприятного влияния влагонакопления грунта обочины на водно-тепловой режим автомобильной дороги

Результаты исследования влажности грунта земляного полотна под обочинами на опытном участке подтверждают следующие теоретические предпосылки для автомобильных дорог с обочинами, укрепленными водопроницаемыми материалами (песчано-гравийная смесь, щебень и т.п.):

- зона отрицательного влияния влагонакопления в грунте обочины на водно-тепловой режим дорожной конструкции зависит от типа грунта, в частности, для наиболее пучинистого грунта (легкого пылеватого суглинка) она составляет 1,5 м;
- в пределах отмеченной зоны наблюдается отток грунтовой влаги в основание дорожной одежды за счет миграции ее при промерзании дорожной конструкции;



- для устранения отмеченного недостатка необходимо укрепление обочин водонепроницаемыми материалами шириной устанавливаемой по расчету или устройство дренирующего слоя, обеспечивающего размещение грунтовой воды в весенний расчетный период.

Пример определения притока атмосферных осадков в грунт на обочинах перед промерзанием земляного полотна приведен в Пособии по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна (к СНиП 2.05.02-85) [13]. В примере рассмотрены природно-климатические условия II ДКЗ, автомобильная дорога III технической категории, покрытие проезжей части – асфальтобетон, покрытие обочин – песчано-гравийная смесь. Для рассматриваемых в примере условий получен приток воды в грунт на обочинах (с. 81 [13]) $0,019 \text{ м}^3$ на 1 м^2 , или 19 л на м^2 поверхности обочин. Суммарный приток воды в грунт через обочины пропорционален их ширине. Отмеченный факт свидетельствует об отрицательном влиянии увеличения ширины обочин на водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. В рассматриваемом примере и принятом типе укрепления обочин этот приток будет равен:

для дорог IV категории – $19 \times 2,00 \times 2 = 76$ л на метр дороги;

III категории – $19 \times 2,50 \times 2 = 95$ л на метр дороги;

II категории – $19 \times 3,75 \times 2 = 142$ л на метр дороги.

Приток воды можно уменьшить, если укрепить покрытие обочин более водонепроницаемым материалом.

Так, при укреплении обочин щебнем по способу заклинки величина удельного притока может быть снижена на 30 % (табл. 6 [20]), но при любом типе укрепления величина суммарного притока пропорциональна ширине обочин.

Приведенный выше пример свидетельствует, что для традиционной конструкции присыпных обочин, состоящих из присыпного пылевато-глинистого грунта с покрытием из песчано-гравийной смеси, для улучшения водно-теплового режима необходимо стремиться к максимальному уменьшению их ширины.

Так, в рассмотренном примере приток воды через обочины на дороге II технической категории в два раза больше, чем на IV.

Могут иметь место частные случаи прохождения автомобильной дороги в выемке или в нулевых отметках. В этих случаях необходимы дополнительные мероприятия по регулированию водно-теплового режима. Регулированием ширины обочин эту проблему решить невозможно, поскольку в рассматриваемых случаях определяющим источ-

ником увлажнения является верховодка, имеющая повсеместное распространение во II ДКЗ [22].

Существующие способы регулирования водно-теплового режима за счет устройства теплоизолирующих слоев предназначаются для обеспечения морозостойкости дорожной конструкции. За счет теплоизоляции уменьшается глубина промерзания и тем самым ограничивается величина морозного пучения грунта земляного полотна, но при этом не достигается равномерность промерзания и оттаивания дорожной конструкции, поэтому необходимо за счет определенных конструктивных мероприятий обеспечить выравнивание хода промерзания земляного полотна под проезжей частью и обочинами. При этом температурное поле в дорожной конструкции должно формироваться так, чтобы обеспечить запаздывание оттаивания грунта земляного полотна под проезжей частью. Дренирующий слой под обочинами должен начинать работать раньше, чем под проезжей частью, обеспечивая эффективное осушение дорожной конструкции. Чтобы достичь поставленной задачи, достаточно уравнивать тепловое сопротивление дорожной конструкции под проезжей частью и обочинами. Для этого необходимо обеспечить следующее условие:

$$R_{д.о.} \geq R_{об}, \quad (6)$$

где $R_{д.о.}$ - суммарное тепловое сопротивление дорожной одежды и рабочего слоя земляного полотна под проезжей частью; $R_{об}$ - суммарное тепловое сопротивление рабочего слоя земляного полотна под обочинами.

Образование теплового поля необходимой конфигурации в дорожной конструкции может достигаться за счет различных мероприятий. В этом плане заслуживает особого внимания использования материалов с различной лучепоглощающей способностью. В условиях повышенной солнечной радиации это мероприятие может оказаться самым эффективным для создания переменного температурного поля нужной конфигурации. При этом освещение покрытия обеспечит его лучшую светоотражательную способность в ночное время, то есть позволит повысить безопасность движения.

В результате анализа рассматриваемой проблемы отмечено, что количественная оценка влияния погодно-климатических факторов на водно-тепловой режим земляного полотна может быть осуществлена на основании физико-технической теории водно-теплового режима. Водно-тепловой режим обочин следует рассматривать как сложный двумерный процесс, который формируется под воздействием внешних и внутренних источников.



В качестве внешних источников следует учитывать конвективный теплообмен поверхности обочин и проезжей части; капиллярно-пленочное и диффузионное увлажнение от поверхностных и грунтовых вод.

В качестве внутренних источников необходимо учитывать тепло-массообмен земляного полотна под проезжей частью и обочинами.

Немаловажными факторами, влияющими на выбор ширины обочин, являются условия содержания и ремонта автомобильных дорог для поддержания их потребительских свойств.

Обоснование ширины обочин для размещения машин и оборудования при ремонте элементов обстановки автомобильной дороги напрямую связано с обеспечением безопасности движения на участках выполнения дорожно-ремонтных работ. Существующая инструкция по организации движения и ограждению мест производства работ (ВСН 37-84) [6] рекомендует схемы организации движения при проведении работ на горизонтальных участках, подъемах, спусках, на мостах и в горной местности, но в ней не учтены участки производства работ с измененной (уменьшенной) шириной проезжей части.

Обеспечить безопасную зону работы механизмов при устройстве или ремонте барьерного ограждения без использования проезжей части не представляется возможным. Следовательно, необходимо разрабатывать индивидуальные схемы или использовать схемы, рекомендованные инструкцией ВСН 37-84 для организации движения в местах краткосрочных работ. При этом ширина обочин не играет существенной роли при организации этого процесса.

Многообразие машин и механизмов, используемых при производстве работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог, позволяет говорить об вынужденном сужении проезжей части.

Величина сужения проезжей части зависит как от ширины обочины, так и схемы размещения машин и механизмов. С целью оптимизации величин сужения предлагается ввести четыре вида сужения проезжей части и соответствующее количество схем организации дорожного движения.

При этом могут встречаться следующие схемы уменьшения ширины проезжей части:

схема I – ширина проезжей части не уменьшается (машины и механизмы располагаются на обочине);

схема II – ширина проезжей части уменьшается, но оставшейся ширины достаточно для движения встречных потоков (как минимум, по одной полосе в каждом направлении);



схема III – ширина проезжей части уменьшается до одной полосы для встречных потоков (реверсивное движение);

схема IV – проезжая часть полностью занята ремонтной техникой и оборудованием (проезд возможен по обочине или объездной дороге).

Анализ работ по ремонту и содержанию обстановки пути свидетельствует, что около 90 % всех работ выполняется без использования проезжей части по I-й схеме и только 6,5 % – по 2-й схеме с незначительным использованием проезжей части для размещения дорожной техники.

В 3,5 % работ расстановка дорожной техники по III и IV-й схемам невозможна без использования проезжей части, следовательно, при любой ширине обочин они не обеспечивают рабочую зону.

Из этого следует, что нет объективной необходимости устраивать обочины шириной, позволяющей осуществлять все работы без использования проезжей части.

При обосновании ширины обочины с учетом вопросов организации зимнего содержания важно отметить, что проводить его необходимо с учетом основного комплекса мероприятий, выполняемых дорожной службой в зимний период, к которым относят защиту дорог от снежных заносов и лавин; очистку дорог от свежеснежавшего снега; борьбу с зимней скользкостью; борьбу с наледями.

В то же время обочины автомобильной дороги как конструктивный элемент дорожной конструкции должны в течение всего зимнего периода способствовать проведению мероприятий по зимнему содержанию, направленных на поддержание безопасного, бесперебойного и удобного движения автомобилей [5].

Конструктивные параметры обочин должны выбираться таким образом, чтобы в ходе выполнения дорожными организациями комплекса работ по зимнему содержанию обочины позволяли осуществить меры по профилактике, защите и удалению уже возникших снежных отложений на дороге.

При назначении ширины обочин необходимо учитывать природно-климатические и грунтово-гидрологические условия зимнего периода района эксплуатации дорог. Учет характерных особенностей зимнего периода районов нашей страны, находящихся в разных ДКЗ и подзонах, типах местности по условиям увлажнения, продолжительности зимнего периода, заставляет придавать этим вопросам особое внимание при организации зимнего содержания автомобильных дорог.



Обочины автомобильной дороги при высоком уровне содержания должны быть очищены от свежевыпавшего снега за счет патрульной снегоочистки, осуществляемой, как правило, отрядом специальных машин.

Для проведения патрульной снегоочистки на автомобильных дорогах применяются плужные и плужно-щеточные снегоочистители.

Ширина обочины может быть определена из условия размеров вала снега, размещаемого на обочине во время патрульной снегоочистки.

Допустимая толщина слоя рыхлого снега на дорогах различных категорий составляет в зависимости от интенсивности движения автомобилей: ≥ 7000 авт./сут – 1,0–2,0 см; от 3000 до 7000 авт./сут – 2,0–3,0 см; от 1000 до 3000 авт./сут – 2,5–4,0 см; от 200 до 1000 авт./сут – 3,5–7,0 см; до 200 авт./сут – 8,0 см. Однако максимальная толщина снега, при которой возможно проведение патрульной снегоочистки, составляет 0,3 м.

В этом наиболее неблагоприятном варианте при ширине проезжей части 7,5 м и снегоочистке в обе стороны от проезжей части ширина обочины составит $b = 1,5$ м. Поэтому рекомендуемая нами ширина обочины с учетом размещения на ней снежного вала составляет 1,5 м.

При назначении ширины обочины с учетом складирования на них фрикционного материала авторы руководствовались ГОСТ 23457-86 «Технические средства организации дорожного движения». Ширина обочины в этих случаях должна регламентироваться количеством фрикционного материала, необходимого на один гололед или снегопад.

Таким образом, даже ширины обочины, равной 0,5 м, на участках дорог с уклоном более 20 % будет вполне достаточно из условия размещения нормативного расхода фрикционного материала для обработки покрытия при его расходе от 0,3 до 0,4 м³ на 1000 м².

Одновременное воздействие нескольких факторов зимнего периода возможно. В большинстве случаев это воздействие происходит при отрицательных температурах или близких к 0° С. Например, снег, выпадающий из облаков при отрицательной температуре или близкой к 0° С, на дорожном покрытии превращается в гололед, практически исключающий использование патрульной снегоочистки. В этом случае необходимо производить предварительную россыпь или розлив противогололедных материалов, а также использовать в асфальтобетонном покрытии гранул материала типа «Грикол». В этот неблагоприятный период существенного отличия в части складирования противогололедных материалов или другого использования обочин не наблюдается, поэтому в этих случаях можно применять ранее рассматриваемые варианты.



На основании исследования проводимых мероприятий по зимнему содержанию автомобильных дорог в Дальневосточном регионе рекомендуется назначать ширину обочин из следующих условий:

- на основном протяжении автомобильных дорог общего пользования назначаемая ширина обочины должна обеспечивать удобство проведения, а также снижение стоимости и энергозатрат патрульной снегоочистки;

- на среднезаносимых и сильнозаносимых участках автомобильных дорог, где производится усиленная снегоочистка, обочины должны обеспечивать размещение снежного вала шириной не менее 1,5 м для уборки его снегоуборочными машинами;

- на участках дорог с высокими объемами снегоприноса, с сухим морозным климатом, при условии использования снегопередувающих заборов, обочины должны обеспечивать возможность размещение данных сооружений, минимальная ширина обочин при этом должна составлять 2,0 м;

- на среднезаносимых и сильнозаносимых участках автомобильных дорог, проходящих в глубоких закрытых выемках, ее аккумуляционные полки должна быть $\geq 4,0$ м, с учетом их достаточной ширины для размещения снега, приносимого за время расчетной метели;

- борьба с зимней скользкостью на участках дорог, имеющих затяжные подъемы, предусматривает использование обочин в качестве площадок для складирования противогололедных фрикционных материалов, ширина обочин в этом случае должна составлять не менее 0,5 м;

- при выходе наледных вод на косогорных участках дороги дорожные конструкции должны обеспечивать размещение утепленных канав или лотков размерами, отвечающими расходу притекающей воды при работе не более $3/4$ сечения канавы или лотка;

- для нормализации работы водно-теплового режима и выравнивания границы промерзания в теле земляного полотна целесообразно сводить ширину обочины до минимума, который может составлять 1,5 м.

С учетом зимнего периода содержания автомобильных дорог дифференцированная ширина обочины, согласно категории дороги, может быть назначена в соответствии с результатами расчетов для I и II категории – 2,0 м; для III – 1,7 м; для IV – 1,4 м; для V – 1,2 м.

Исследования траектории движения транспортных средств характеризуемого траекториями движения по полосе, примыкающей к занятой обочине, в зоне остановившегося на обочине автомобиля проводились методом видеосъемки.



Графическая интерпретация обработанных материалов (рис. 3) подтверждает, что режим движения транспортных средств, характеризуемый траекториями движения по полосе, примыкающей к занятой обочине, в зоне остановившегося на обочине автомобиля, зависит от его дислокации (глубины заезда).

Из анализа полученных зависимостей можно сделать промежуточные выводы:

- среднее значение отклонения траектории грузовых автомобилей и автобусов в зависимости от стоящего на обочине препятствия имеет меньшую амплитуду, по сравнению с потоком легковых автомобилей, в виду более низкой скорости движения, независимо от положения (глубины заезда) препятствия на обочине;

- на более высоких категориях дорог, а именно: при ширине полосы движения 3,75 м и более и большего числа полос в одном направлении препятствия на обочине не оказывают влияния на траектории движения транспортного потока в независимости от типа транспортных средств.

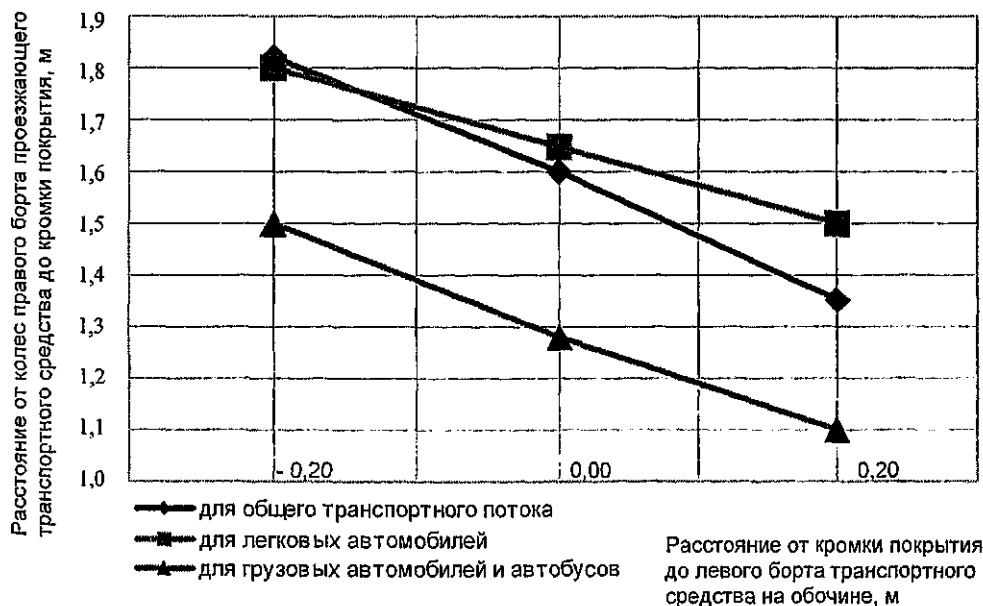


Рис. 3. Зависимость траектории движения по характеристике расстояния от кромки покрытия для различных транспортных потоков (на участке Хабаровск – Находка «Восток»)

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующее заключение:

- режим движения транспортных средств, характеризуемый траекториями движения по полосе, примыкающей к занятой обочине, в зоне остановившегося на обочине автомобиля зависит от его дислокации (глубины заезда);

- режим движения транспортных средств, характеризуемый траекториями движения по полосе, примыкающей к занятой обочине, в зоне остановившегося на обочине автомобиля зависит от состава потока движущихся транспортных средств (типа транспортного средства);

- характер изменения траектории движения транспортных средств по полосе, примыкающей к занятой обочине, зависит от ширины этой полосы и количества полос в одном направлении; при ширине полосы более 3,75 м и количества полос в одном направлении более одной траектория движения транспортных средств по этой полосе практически неизменна.

Одной из особенностей устройства обочин является возможность изменения ее ширины в зависимости от различных условий, т.к. в действующих нормативных документах существуют значительные расхождения ширины обочин. Анализ 109 отечественных нормативных документов показал, что в ряде случаев предусмотрено изменение ширины обочин. В основном изменение ширины направлено на сужение и отражено в соответствующих ведомственных нормах (табл. 1), позволяющих проектировать и строить автомобильные дороги с иными значениями ширины обочин.

Кроме нормируемого уменьшения ширины обочины, в зависимости от области применения и в соответствии с нормативными документами в ряде случаев происходит фактическое уменьшение ширины обочин при установке технических средств. Фактическое изменение (сужение) ширины обочин:

- до 0,5 м при устройстве ограждений первой группы (ВСН 24-88);
- до 0,75 м при установке сигнальных столбиков (ВСН 24-88);
- до 1 м при расположении заборов снегоперекрывающего действия (ВСН 84-89).



Таблица 1

**Ширина обочин в соответствии с дополнительными
нормативными документами**

Область применения	Ширина обочин (м) полная или фактическая, в зависимости от категории дорог					
	I-а	I-б	II	III	IV	V
Дороги общего пользования (в соответствии со СНиП 2.05.02-85)	3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
Дороги общего пользования на особо трудных участках горной местности	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
Дороги общего пользования на участках, проходящих по особо ценным земельным угодьям	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
Дороги общего пользования в местах с переходно-скоростными полосами и с дополнительными полосами на подъеме	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
Дороги общего пользования на радиусах кривых в плане 600 м и менее для автомобильных дорог в Нечерноземной зоне	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Магистральные лесозаготовительные	-	-	-	2,0; 1,5	1,5; 1,0	1,0; 0,75
Автозимники	-	-	2,0	1,5	1,5	-
Минимальные значения	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,75

Исходя из существующих нормативных документов, регламентирующих ширину обочин, можно рекомендовать для дорог II-й категории ширину обочин, равную 2,5 м, для дорог III-й категории – 2,0 м, для дорог IV-й – 1,0 м и для дорог V-й категории – 0,5 м.

При конструировании обочин в Дальневосточном регионе по общей конструктивной схеме, которая должна обеспечивать безопасность дорожного движения, удобство размещения элементов обстановки пути, возможность размещения дорожной техники при ремонтных работах и снегоочистке дороги, важно учесть такие факторы, как:

- обеспечение водоустойчивости материала покрытия обочин;
- обеспечение оптимального соотношения светоотражающих качеств материала покрытия обочин и проезжей части;
- создание температурных полей, обеспечивающих целенаправленный массоперенос из проезжей части к обочине.

В процессе дальнейших исследований планируется провести количественную оценку влияния внешних и внутренних источников на ВТР в зависимости от ширины и типа обочин; исследовать влияние светоотражающих качеств материалов покрытия на формирование температурного поля в дорожной конструкции.

Отказ от использования обочины для остановки транспортных средств позволит значительно повысить безопасность на дорогах. Неслучайно некоторые зарубежные страны уже ввели запреты на остановки и стоянки на обочинах и уменьшили ширину обочин до 1,0 м.

Учитывая мировой опыт и проведенный анализ, авторы считают, что обочина – это элемент автомобильной дороги от бровки земляного полотна до кромки проезжей части, предназначенный для размещения технических средств организации дорожного движения. В зависимости от категории дороги, дорожно-климатической зоны и интенсивности движения ширина обочины должна составлять 1,0–2,5 м.

Рассматривая вопросы конструирования обочин, можно сделать объективный вывод: уменьшение ширины неукрепленных обочин улучшает водно-тепловой режим земляного полотна. А численное значение рекомендуемой ширины обочин необходимо назначать из условий безопасности движения, размещения элементов обстановки пути, зимнего содержания автомобильных дорог и условий безопасного ведения дорожно-ремонтных работ.

В связи с предлагаемыми изменениями на функциональную принадлежность обочины и ее ширину необходимо внести соответствующие изменения в нормативные документы, где рассматриваются вопросы проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации обочин.



Библиографические ссылки

1. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог: В 2 ч. : Учебник для вузов. М., 1987.
2. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. М., 1993.
3. Васильев А. П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. М., 1986.
4. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. М., 1971.
5. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог / Минавтодор РСФСР. М., 1985.
6. ВСН 37-84. Инструкция по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ / Минавтодор РСФСР. М., 1985.
7. ВСН 39-79. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог / Минавтодор РСФСР. М., 1980.
8. Гречишев С. Е., Чистотинов Л. В., Шур Ю. Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М., 1980.
9. Ершов Э. Д. Физико- химия и механика мерзлых пород. М., 1986.
10. Зим нее содержание автомобильных дорог / Г. В. Бялобжеский, А. К. Дюнин, Л. Н. Плакса и др.; Под ред. А. К. Дюнина. М., 1983.
11. Золотарь И. А. Теоретические основы применения тонкодисперсных грунтов для возведения земляного полотна автомобильных дорог в северных районах области многолетнемерзлых грунтов. Л., 1961.
12. Лыков В. В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М., 1954.
13. Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна (к СНиП 2.05.02-85) / СоюздорНИИ. М., 1989.
14. Проектирование земляного полотна и дорожных одежд автомобильных дорог Сахалинской области (РДН 218-002-02) / Ярмолинский А.И. и др. Хабаровск, 2003.
15. Пузаков Н. А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. М., 1960.
16. Рувинский В. И. Оптимальные конструкции земляного полотна (на основе регулирования водно-теплового режима). М., 1992.
17. Сиденко В. М. Расчет и регулирование водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна. М., 1962.
18. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. М., 1986.
19. Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева: В 2 т. М., 1976.
20. Тулаев А. Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. М., 1980.
21. Тулаев А. Я. Осушение земляного полотна городских дорог. М., 1983.



22. Ярмолинский А. И. Автомобильные дороги Дальнего Востока. М., 1994.
23. Ярмолинский А. И., Ярмолинский В. А. Проектирование конструкций автомобильных дорог Дальнего Востока. Хабаровск, 2005.
24. Ярмолинский В. А. Оптимизация развития региональной автодорожной сети Дальневосточного федерального округа. Владивосток, 2005.