

УДК 630.383

СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОГО РАССТОЯНИЯ БРОВКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Е.В. Кондрашова, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова

Талая и дождевая вода аккумулируется в боковых резервах и понижениях рельефа местности вдоль земляного полотна. На участках дороги с затрудненным поверхностным водоотводом миграция влаги в сторону проезжей части может существенно понизить прочность грунта в основании дорожных одежд или вызвать пучение. В наиболее слабых местах возможно разрушение дорожной одежды [1,2].

Для улучшения водно-теплового режима этой зоны полотна удаляют кромку проезжей части от боковой канавы на некоторое расстояние l (рисунок 1). Метод расчёта этого расстояния l следующий.

Влагообмен в оттаявшем или в мерзлом слое грунта l происходит при следующих особенностях. Влага мигрирует одновременно в двухфазном состоянии – парообразном и плёночном (капиллярном). Фазовый состав влаги непрерывно меняется. Конденсацию водяного пара в жидкую фазу можно оценить конденсационным критерием ε ($0 < \varepsilon < 1$). В мерзлом грунте переход термоактивной влаги в лёд можно оценить кристаллизационным критерием ε_1 ($0 < \varepsilon_1 < 0,7$). Исследования показали, что величина термовлагопроводности по отношению к концентрационной влагопроводности очень мала (1...3%) и её допустимо не учитывать. Расчёты показали, что при диффузии водяного пара и миграции плёночной влаги в полотне критерий Рейнольдса составляет около 10^{-5} . Поскольку $R_1 \ll 1$, то конвективный влагообмен чрезмерно мал (0,01 %), тогда влагообмен во времени T по глубине Z

$$\frac{\partial W}{\partial T} = a'_{\psi} \frac{\partial^2 W}{\partial Z^2}, \quad (1)$$

где W – влажность грунта; a' – коэффициент влагопроводности двухфазной влаги, равный

$$a'_{\psi} = \frac{a_{\psi}}{1 - \varepsilon}, \quad (2)$$

где a_{ψ} – коэффициент влагопроводности только жидкой фазы влаги.

Влажность грунта в плоскости 0–0 в период стояния воды T в канаве сохраняется постоянной (приток воды не происходит в канаву) или возрастает (приток воды происходит). В общем случае можно допустить, что в этой плоскости влажность изменяется по закону $W_0 + mT$, где m – коэффициент, характеризующий изменения интенсивности нарастания влажности.

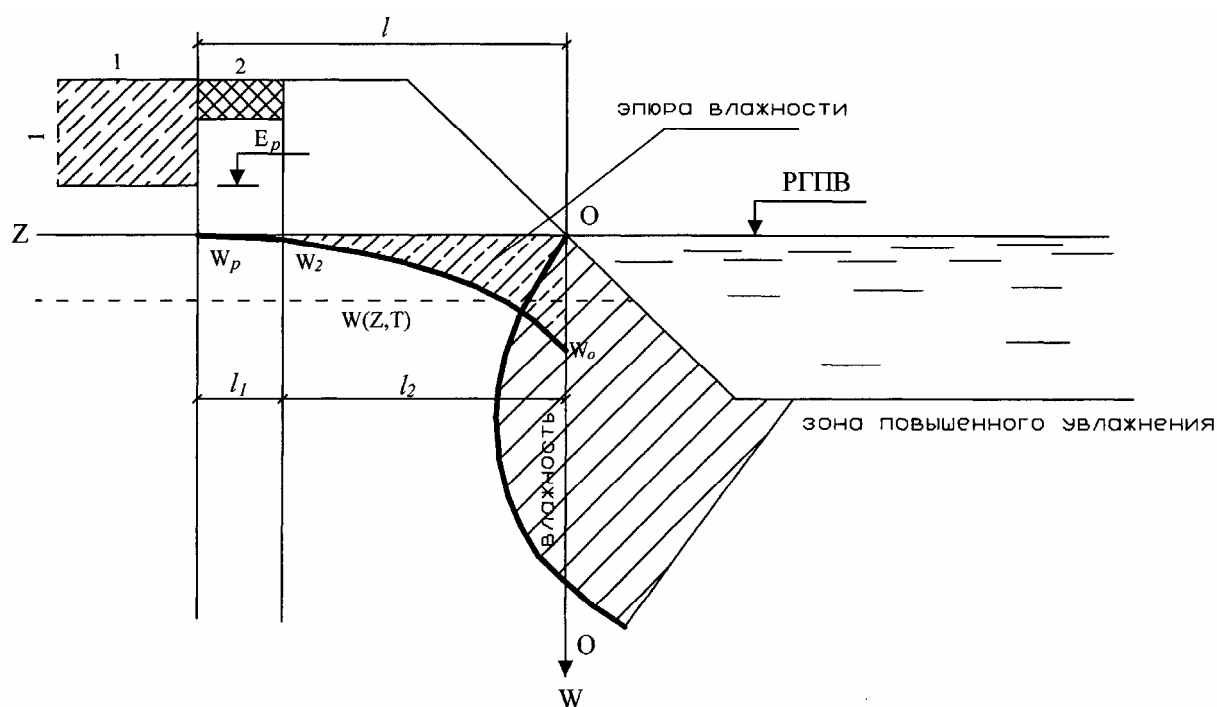


Рисунок 1 – Схема к определению допустимого расстояния бровки земляного полотна от бокового кювета при периодическом подпоре поверхностными водами

По мере возрастания сопротивления движению влаги от канавы в сторону одежды (пунктирная линия на рисунке 1) в слое 1 влажность падает в соответствии с эпюрой. Под дорожной одеждой происходит уменьшение влажности за счёт диффузии водяного пара в слои одежды. В этой зоне влажность понижается и сохраняется в пределах некоторого значения W_1 . Процесс влагообмена в

слое l за счёт перепада $W_0 - W_1$ может быть описан следующими краевыми условиями

$$W(Z, 0) = W_1 + \frac{W_0 - W_1}{l} Z, \quad (3)$$

$$W(0, T) = W_1, \quad (4)$$

$$W(l, T) = W_0 + mT. \quad (5)$$

Решение уравнения $W_0 + mT$ операционным методом при краевых условиях (3-5) даёт следующее аналитическое выражение для нестационарного поля влажности в слое

$$W(Z, T) = W_1 + \frac{W_0 - W_1}{l} Z + m \left[\frac{ZT}{l} - \frac{Z(l^2 Z^2)}{6la_\psi} \right] + \frac{2ml^2}{\pi^3 a'_\psi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n^3} \exp\left(\frac{\pi^2 n^2 a'_\psi T}{l^2} \right) \sin \frac{\pi n Z}{l}. \quad (6)$$

Это уравнение может быть использовано для расчёта величины l . Чем больше l , тем меньше градиент влажности и её величина под дорожной одеждой, тем выше прочность грунтового основания.

Для обеспечения требуемой прочности дорожной одежды при длительном стоянии воды в канаве необходимо проезжую часть удалить на такое расстояние, при котором обеспечивался бы расчётный модуль деформации грунта E_p , то есть табличный модуль по ОДН – 218.046.01 [3-5]. Поскольку между влажностью и прочностью существует определенная корреляционная зависимость, то для обеспечения заданной прочности дорожной одежды необходимо, чтобы в плоскости 1–1 влажность W_1 , не превышала расчётную W_0 , то есть $W_1 = W_0$. Величина W_p при проектировании полотна и дорожных одежд назначается по E_p . На дорогах высших категорий устраивают укрепительную полосу на обочине. Для обеспечения устойчивости этой полосы шириною l , необходимо, чтобы влажность в плоскости 2–2 не превышала некоторое значение W_2 . Следовательно, поле влажности

$$W(Z, T) = W_2(l, T_p),$$

где T_p – расчётная продолжительность стояния воды в боковой канаве.

Для определения l из уравнения (6) необходимо решать трансцендентное уравнение, что вызывает трудности в вычислении. Поэтому уравнение (6) целесообразно упростить. Знакопередающийся ряд в уравнении (6) быстроходящийся. Он вносит небольшую поправку, уменьшая $W(Z, T)$ на 0,001–0,003. При увеличении эта поправка стремится к 0: при $T=2000$ часов она близка к 0,005, при $T=30000$ –0,0001. В практических расчётах ряд можно опустить, поскольку он вносит незначительную поправку в $W(Z, T)$. Эта поправка отрицательная и пренебрежение ею идёт в запас прочности. С учётом этих обстоятельств можно (6) представить:

$$W(Z, T) = W_p + \frac{W_o - W_1}{l_1} Z + m \frac{ZT}{l^2} - \frac{Z(l_2^2 - Z^2)}{6l_2 a'_{\psi}}. \quad (7)$$

Имея в виду отмеченные предпосылки, $W(Z, T) = W_2(l, T)$, получим выражения для расчёта минимального удаления кромки дорожной одежды от боковой канавы

$$l = l_1 + \frac{3a'_{\psi} \left[(W_2 - W_p)^2 + \frac{4ml_1}{6a'_{\psi}} \left[(W_o - W_p) l_1 + ml_1 T_p + \frac{ml_1^3}{6a'_{\psi}} \right] \right] - (W_2 - W_o)}{ml_1}. \quad (8)$$

Для практического исследования уравнения (8) входящие в него выражения, назначаются следующим образом. Величина l_1 нормируется СНиП и равна 0,5. Коэффициент влагопроводности назначается в зависимости от средней относительной влажности грунта в слое l_1 . Согласно опытам В. М. Сиденко для суглинистого грунта значения a'_{ψ} равны

W_{cp} / W	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
$a'_{\psi}, M^2/ч$	$8 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$

Значение W_2 рекомендуется принимать $W_2=1,1 W_p$. Расчётная влажность W_p назначается по методам, изложенным в ОДН–218.046.01. Полная влажность грунта определяется по формуле $W_0 = \frac{\Delta - \delta}{\Delta \delta}$. Итак, $l_1=0,5$; $a'_{\psi}=5,83 \cdot 10^{-5}$ м²/ч; $W_0 = W = 0,28$; $W_2 = 1,1 \cdot W_p = 0,21 \cdot 1,1 = 0,231$; $T_p = 3$ месяца = 2184 часов; $W_p = 0,21$; $m = 10^{-5} \cdot 0,5$, тогда, подставив в формулу значения, получим $l = 2,72$ м.

Исходя из расчётов следует сделать вывод, что показатели грунтов в насыпи близки к расчётным. Дополнительных мероприятий по снижению влажности грунта земляного полотна не требуется, так как минимально допустимое расстояние от кромки проезжей части до уреза воды обеспечено.

Список литературы

1. Курьянов, В.К. Характеристика и обоснование применения дренирующих слоёв при строительстве лесных автодорог [Текст] / В.К. Курьянов, Е.В. Кондрашова, Ф.А. Кириллов // «Наука и образование на службе лесного комплекса»: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции 26–28 октября, 2005 г. – т.2. – С. 200–203.
2. Кондрашова, Е.В. Совершенствование транспортно-экологических качеств автомобильных дорог [Текст] / Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (ГТУ). – №1(16)/2009. – Москва, 2009. – С.112–116.
3. Кондрашова, Е.В. Эргономика лесных транспортных средств [Текст] / Е.В. Кондрашова // Перспективы науки. Science Prospects – № 2(04), 2010. – С. 90–94.
4. Кондрашова, Е.В. Технология проектирования лесных автомобильных дорог [Текст] / Е.В. Кондрашова, Ю.В. Лобанов, А.В. Тарарыков // Бюллетень транспортной информации (БТИ). Информационно-практический журнал. – №12 (162), ноябрь, 2008. – С.29–32.