

УДК 625.731.3

**Сергей Владимирович Лугов**, канд. техн. наук, доц.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64,  
lugov-madi@rambler.ru

## **УЧЁТ УМЕНЬШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТОЛЩИНЫ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ**

**Аннотация.** Автор произвел анализ возможности учёта эффективной толщины дренирующего слоя при проектировании дорожных одежд. Получены формулы для уточнения толщины дренирующего слоя с учетом взаимопроникновения глинистого грунта и песка слоя.

**Ключевые слова:** дорожная одежда, дренирующий слой, водно-тепловой режим, земляное полотно, расчёт дорожных одежд.

**Sergey V. Lugov**, Ph. D., associate professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia,  
lugov-madi@rambler.ru

## **ACCOUNTING REDUCE EFFECTIVE THICKNESS DRAINING LAYER OF THE PAVEMENT**

**Abstract.** The author made an analysis of the possibility of consideration of the effective thickness of the drainage layer in the design of road pavements. The formulas for refining the thickness of the drainage layer of the interpenetration of clay soil and sand layer.

**Keywords:** road pavement, drainage layer, water-thermal regime, subgrade, the design of road pavements.

### **Введение**

Процесс проектирования дорожной одежды изначально включал в себя расчет конструкции только на прочность [1, 2], по-видимому

считалось, что обеспечение некой общей прочности дорожной одежды способно гарантировать в допустимых пределах эксплуатационное состояние покрытия в течение всего срока службы одежды. Конечно же, не предусматривая адекватных конструктивных мероприятий, направленных на регулирование водно-теплового режима, дорожные одежды даже с некоторым теоретическим запасом общей прочности далеко не всегда могли обеспечить эксплуатационное состояние покрытия в допустимом пределе. Поэтому впоследствии, наряду с усовершенствованием и дополнением прочностных критериев, дорожные одежды стали проверяться на морозоустойчивость и дренирование [3, 4].

### **Ранее проведенные исследования и существующее положение вопроса**

Большой вклад в изучение вопросов регулирования водно-теплового режима на стадии проектирования дорожных одежд внесли Н.А. Пузаков, В.М. Сиденко, В.И. Рувинский, И.А. Золотарь, А.Я. Тулаев, В.П. Носов, А.Е. Мерзликин, М.Г. Горячев и многие другие. Однако по различным причинам далеко не все полезные результаты исследований эти и других авторов используются в нынешнем расчете дорожных одежд [4], в частности при обосновании толщины дополнительного песчаного слоя дорожной одежды. Кроме того, проектировщики и исследователи до сих пор зачастую отдают приоритет при расчете дорожных одежд прочностным критериям, игнорируя прямую взаимосвязь между обеспечением прочности (ровности) в допустимых пределах и назначением адекватных мероприятий по регулированию водного-теплового режима дорожной конструкции. Так, например, недоучет толщины песчаного дренирующего слоя дорожной одежды на 5–10 см в меньшую сторону формально очень несущественно отразится на общей прочности дорожной одежды и выполнении других прочностных критериев (сдвиг, растяжение

при изгибе). Коэффициент прочности по этим критериям (прогиб, сдвиг, растяжение) может составлять даже больше 2,0, но, к сожалению, это абсолютно никоим образом не гарантирует, что в течение срока службы дорожной одежды в ней не возникнет необратимых деформаций и разрушений, превышающих допустимые значения.

### **Основная часть и практические предложения**

Поскольку выполнение всех прочностных критериев на стадии проектирования не способно учесть процессы, изменяющие отдельные важные свойства конструкции, независимо от того, соответствует ли изначально по прочности одежда существующим транспортным нагрузкам. Фактически же, недоучет толщины дренирующего слоя на 5–10 см может уже в первые годы эксплуатации активизировать крайне неблагоприятные процессы, которые по «принципу домино» приведут в итоге к преждевременному снижению эксплуатационного состояния покрытия ниже предельно-допустимых значений. К таким неблагоприятным процессам может быть отнесено уменьшение эффективной толщины дренирующего слоя в связи с существенным снижением его фильтрационной способности в близлежащей области, взаимодействующей с глинистым грунтом земляного полотна. Под «эффективной толщиной» в данном случае понимается та часть дренирующего слоя, которая обладает заложенными на стадии проектирования фильтрационными и дренирующими свойствами. При уменьшении эффективной толщины, часть дренирующего слоя, насыщенная водой, переместится ближе к несущему основанию, и тогда запасной толщины дренирующего слоя [3, 4], учитывающей в большей степени капиллярные свойства песков [5], окажется недостаточно. Начнется более интенсивное увлажнение нижней части несущего основания, существенно активизирующее процессы структурного

разрушения каменных материалов (в том числе и укрепленных вяжущими) [6, 7], в свою очередь неизбежно приводящее к ощутимым осадкам по полосам наката из-за переупаковывания каменных частиц и повышения плотности слоя основания [7, 8]. Поэтому, по мнению автора, при расчете толщины дренирующих слоев необходимо обязательно увеличивать полную толщину дренирующего слоя с учетом эффекта взаимопроникновения частиц. В этом случае полная толщина дренирующего слоя определится по формуле:

$$h_{\text{д}} = h_{\text{нас}} + h_{\text{кап}} + \Delta h, \quad (1)$$

где  $h_{\text{нас}}$  – толщина слоя, полностью насыщенного водой, м [4];

$h_{\text{кап}}$  – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала и равная для песков крупных 0,10–0,12 м, средней крупности 0,14–0,15 м и мелких 0,18–0,20 м. Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя следует принимать не менее 0,20 м;  $\Delta h$  – величина запаса на уменьшение толщины дренирующего в следствие взаимопроникновения между влажным грунтом верхней части земляного полотна.

Исследованиями проф. А.Я. Тулаева установлено [5], что при расчетной влажности грунта земляного полотна более 0,75 под действием динамических транспортных нагрузок происходит активное взаимопроникновение частиц глинистого грунта в песок при отжати воды в дренирующий слой. В результате эффективная толщина дренирующего слоя в процессе эксплуатации может снижаться, в некоторых случаях более чем на 10 см. Этому явлению особенно сильно подвержены пылеватые разновидности глинистых грунтов, но и в непывеватых глинистых грунтах данное явление также имеет место.

В зависимости от условий увлажнения рабочего слоя и типа грунта по данным А.Я. Тулаева начальная скорость проникновения частиц глинистого грунта в дренирующий слой  $v_{\text{в}}$  составляет от 3 до 8 мм/год.

Анализируя данные А.Я. Тулаева, можно предложить следующую обобщенную эмпирическую зависимость для описания процесса затухания и стабилизации процесса взаимопроникновения частиц глинистого грунта в песок исходя из суммарного числа приложений расчетной нагрузки

$$\Sigma N_p = 5 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^6:$$

$$k_N = 1,3 \cdot e^{\left[-0,29 \cdot \left(\frac{\Sigma N_p}{10^6}\right)\right]}, \quad (2)$$

где  $k_N$  – показатель, характеризующий затухание и стабилизацию процесса взаимопроникновения во времени.

Следует отметить, что величина  $v_B$  была обоснована А.Я. Тулаевым относительно грузонапряженности одной полосы движения, измеряемой в брутто-тоннах/год. В настоящее же время гораздо удобнее оперировать приведенной к грузовому движению интенсивностью движения, либо суммарным числом приложений расчетных нагрузок, применяемым при проектировании дорожных одежд по прочностным критериям.

Данные исследований М.Г. Горячева [9], а также М.Б. Корсунского [10] позволяют с вполне достаточной для данного расчета точностью перейти от грузонапряженности к приведенной расчетной интенсивности движения, ровно как и к суммарному числу приложений расчетных нагрузок за срок службы дорожной одежды и дренирующего слоя  $\Sigma N_p$ . Тогда с учетом формулы (2) уменьшение эффективной толщины дренирующего в следствие взаимопроникновения между влажным грунтом верхней части земляного полотна составит:

$$\Delta h = \frac{\Sigma N_p \cdot v_B \cdot k_N}{10^5}. \quad (3)$$

Расчет по формуле (3) можно не производить и принимать  $\Delta h = 0$  в случаях, когда средняя многолетняя влажность глинистого грунта менее 0,65, а также в случаях, когда на разделе дренирующего слоя и глинистого грунта земляного полотна уложена геосинтетическая прослойка, предотвращающая взаимопроникновения частиц.

С учетом исследований А.Я. Тулаева для назначения показателя  $v_B$  может быть рекомендована табл. 1.

Таблица 1

Грунт земляного полотна	$v_B$ при схеме увлажнения рабочего слоя земляного полотна, мм/год		
	1	2	3
Супеси и суглинки пылеватые	3/5	5/6	6/7
Супеси и суглинки непывеватые	2/3	3/4	4/5

**Примечание.** В числителе даны значения для III ДКЗ, в знаменателе для I и II ДКЗ.

### Выводы и задачи дальнейших исследований

Таким образом, на стадии проектирования дорожной одежды создается возможность предусмотреть, что эффективная толщина дренирующего слоя не остается постоянной в процессе эксплуатации дороги. В первую очередь это касается тех случаев, когда не предусмотрено никаких дополнительных мероприятий, предотвращающих процесс проникновения глинистых частиц в песчаный слой. Также становится более очевидным необходимость использования разделительных геосинтетических прослоек под дополнительным песчаным слоем основания, особенно на дорогах с высокой грузонапряженностью.

Нужно сказать, что дополнительных более глубоких исследований может потребовать обоснование величины  $v_B$ . Это связано с тем, что скорость взаимопроникновения, очевидно, зависит от величины действующих на уровне земляного полотна динамических нагрузок, а, следовательно, данная скорость может заметно отклоняться как в большую, так и в меньшую сторону от усредненных табл. 1, в зависимости от величины действующей нагрузки, а также прочностных свойств грунта земляного полотна и слоев дорожной одежды. Поэтому задачей

дальнейших исследований можно считать более детальное обоснование величины  $v_B$ .

### **Список литературы**

1. Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-60 / Министерство транспортного строительства СССР. М.: Автотрансиздат, 1961.
2. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-72. М.: Транспорт, 1973. 108 с.
3. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46-83 / Минтрансстрой СССР. М.: Транспорт, 1985. 157 с.
4. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01 / Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства. М., 2001. 145 с.
5. Тулаев А.Я. Осушение земляного полотна городских дорог. М.: Стройиздат, 1983. 132 с.
6. Некрасов В.К. Обоснование методов оценки и выбора дорожных каменных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1971. 576 с.
7. Лугов С.В. О процессах разрушения каменных материалов в основаниях дорожных одежд // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: научные исследования и их практическое применение: сборник научных трудов МАДИ. М.: МАДИ, 2006.
8. Поспелов Е.В. Уплотнение слоев дорожных одежд из малопрочного щебня: автореф. дис.... канд. техн. наук. М.: МАДИ, 1989. 20 с.
9. Горячев М.Г., Лугов С.В. Экспресс-получение расчетных показателей транспортного потока по составу движения // Новости в дорожном деле. 2004. № 1. С. 12–19.
10. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др.; под ред. А.П. Васильева. М.: Транспорт, 1989. 287 с.

References

1. Instrukciya po naznacheniyu konstrukcij dorozhnyx odezhd nezhestkogo tipa. vsn 46-60, Ministerstvo transportnogo stroitelstva SSSR, Moscow, Avtotransizdat, 1961.
2. Instrukciya po proektirovaniyu dorozhnyx odezhd nezhyostkogo tipa. VSN 46-72, Moscow, Transport, 1973, 108 p.
3. Instrukciya po proektirovaniyu dorozhnyx odezhd nezhyostkogo tipa. VSN 46-72, Moscow, Transport, 1973, 108 p.
4. Proektirovanie nezhyostkih dorozhnyx odezhd. ODN 218.046-01, Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. Gosudarstvennaja sluzhba dorozhnogo hozjajstva, Moscow, 2001, 145 p.
5. Tulaev A.Ya. *Osushenie zemlyanogo polotna gorodskix dorog* (Draining subdrage urban roads), Moscow, Strojizdat, 1983, 132 p.
6. Nekrasov V.K. *Obosnovanie metodov ocenki i vybora dorozhnyx kamennyx materialov* (Justification of methods of evaluation and selection of road-stone materials), Doctor's thesis, Moscow, 1971, 576 p.
7. Lugov S.V. *O processax razrusheniya kamennyx materialov v osnovaniyax dorozhnyx odezhd* (The processes of deterioration of stone materials in pavement bases), Stroitelstvo i ekspluatatsiya avtomobilnyx dorog: nauchnye issledovaniya i ix prakticheskoe primenenie, Sbornik nauchnyx trudov MADI, Moscow, 2006.
8. Pospelov E.V. *Uplotnenie sloev dorozhnyx odezhd iz maloprochnogo shhebnya* (Compaction of pavement layers of low-strength crushed stone), Dis. kand. texn. nauk, MADI, 1989, 20 p.
9. Goryachev M.G., Lugov S.V. *Novosti v dorozhnom dele*, 2004, № 1, p. 12–19.
10. Vasilev A.P., Balovnev V.I., Korsunskij M.B. *Remont i sodержanie avtomobilnyx dorog: spravochnik inzhenera-dorozhnika* (Repair and maintenance of roads), Moscow, Transport, 1989, 287 p.