

СТРОИТЕЛЬСТВО . АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.24412/2077-8481-2025-1-62-68

УДК 628.147

А. М. БРАНОВИЦКИЙ, канд. техн. наук

О. И. БРОДОВА

В. Т. ПАРАХНЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

РЕКОНСТРУКЦИЯ НЕОРГАНИЗОВАННОГО ВОДООТВОДА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ПУТЕМ УСТРОЙСТВА ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОК

Аннотация

Рассмотрен вопрос реконструкции неорганизованного водоотвода на автомобильных дорогах низких категорий. В качестве одного из способов предотвращения появления мест скопления воды в пониженной части продольного профиля дороги предлагается устройство пластмассовых водоотводных (дренажных) трубок.

Преимущество использования пластмассовых дренажных трубок заключается в том, что такой материал, как пластмасса, обладает высокой прочностью, устойчивостью к коррозии и длительным сроком службы. Трубки, изготовленные из него, легки и удобны в установке, что упрощает процесс реконструкции водоотвода на дороге.

Ключевые слова:

автомобильные дороги, продольный профиль, неорганизованный водоотвод, места скопления воды, пластмассовые дренажные трубки.

Для цитирования:

Брановицкий, А. М. Реконструкция неорганизованного водоотвода на автомобильных дорогах путем устройства дренажных трубок / А. М. Брановицкий, О. И. Бродова, В. Т. Парахневич // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2025. – № 1 (86). – С. 62–68.

Введение

Для автомобильных дорог Республики Беларусь, особенно в последние годы, характерным является значительный рост интенсивности движения транспортных средств, что обуславливает повышение требований к качеству их проектирования, строительства и содержания. Однако некоторым вопросам, определяющим показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, в частности функционированию системы водоотвода, часто уделяется недостаточное внима-

ние. Подобное отношение к вопросам организации водоотвода с проезжей части автомобильных дорог приводит к снижению прочности дорожных одежд, нарушению устойчивости земляного полотна, сокращению сроков службы [1], снижению уровня безопасности и удобства движения транспортных средств [2].

При выпадении дождевых осадков вода, задерживаясь на дорожном покрытии, приводит к возникновению в зоне контакта шины с покрытием водяного клина, который растет по мере увеличения скорости движения. Возникает эффект аквапланирования, при ко-

тором колесо автомобиля полностью или частично теряет продольное и поперечное сцепление. Наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий, вызванных низкими сцепными качествами дорожных покрытий, происходит именно на мокрых покрытиях, когда не обеспечен отвод воды. Эффект аквапланирования возникает при определенных скоростях движения и определенной толщине пленки воды на дорожном покрытии, которая зависит от интенсивности дождя, продольного и поперечного уклона, шероховатости проезжей части и длины участка стока.

При наличии воды на дорожном покрытии происходят физико-механические процессы, связанные с расширением воды при замерзании, следствием которых является увеличение размеров микротрещин в дорожном покрытии с каждым последующим процессом оттаивания-замерзания. За зимний сезон таких циклов в среднем, в последнее время, наблюдается около 15. Поэтому после зимнего периода эксплуатации, как правило, состояние дорог оценивается как неудовлетворительное.

Оценке и анализу общепринятых дренажных систем автомобильных дорог, с целью их улучшения, в мире уделяется большое внимание. При этом используются, в том числе, методы многокритериального анализа [3, 4], учитывающие такие основные критерии, как инженерия, окружающая среда и экономика.

Основная часть

На автомобильных дорогах высоких категорий предусматривается организованный водоотвод (управление поверхностным стоком). В этом случае вода, выпавшая в виде дождя на поверхность дороги, за счет поперечного уклона стекает к открытым или закрытым прикромочным лоткам. Далее за счет продольного уклона вода по этим лоткам стекает к пониженным местам продоль-

ного профиля дороги. Затем по специальным водосбросным сооружениям (открытый водоотвод) или трубопроводам (ливневая канализация) вода отводится за пределы насыпи автомобильной дороги к очистным сооружениям.

Вне населенных пунктов на дорогах низких категорий, как правило, наблюдается неорганизованный водоотвод. Прикромочные лотки в таких случаях отсутствуют. Вода за счет поперечного уклона стекает с проезжей части к обочине, затем, преодолевая ее, по откосу к основанию насыпи дороги. При длительном сроке эксплуатации на границе «дорожное покрытие – обочина» образуется углубление. Причиной этого является то, что проезжая часть дороги, ввиду постоянной транспортной нагрузки, в течение некоторого времени несколько понижается. Обочина такого воздействия не испытывает. Ее положение остается, в сравнении с проезжей частью дороги, практически постоянным.

Вдоль образовавшегося углубления вода стекает к пониженному месту продольного профиля дороги, где она скапливается, а затем фильтруется, в основном, в тело обочины и подстилающие слои основания жесткой одежды проезжей части.

Появление воды в подстилающих слоях дорожного покрытия приводит к снижению их несущей способности. Это является основной причиной проседания кромки проезжей части дороги и приводит к ее разрушению и появлению трещин. Прогрессирующему образованию прикромочных трещин способствуют продолжительные, достаточно интенсивные дожди. Это в конечном итоге может привести к разрушению покрытия дороги, что является одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций.

Для предотвращения данного процесса необходимо своевременно обеспечить удаление воды с пониженных участков продольного профиля дороги. На дорогах высоких технических кате-

горий это достигается, как отмечалось ранее, за счет специальных сооружений (быстротоков, многоступенчатых перепадов) или устройством ливневой канализации. Устройство таких сооружений требует существенных финансовых затрат и соответствующего их обслуживания. Поэтому на дорогах низких технических категорий подобных сооружений нет, что и приводит к негативным последствиям.

Сброс поверхностного (ливневого) стока с дорожного полотна в водоотводные канавы (кюветы) устраивают, в том числе, при помощи стеклопластиковых кюветных лотков (рис. 1) [5], составными частями которых являются: верхние элементы, обеспечивающие по-

верхностный сток с дорожного полотна; стеклопластиковые лотки; нижние элементы, осуществляющие водобойную функцию. Стеклопластиковые лотки имеют малый вес, что увеличивает скорость и снижает трудозатраты строительного-монтажных работ. Показана возможность увеличения срока службы дороги в 1,5–2 раза за счет улучшения системы водоотвода. Поэтому задача поддержания системы водоотвода в надлежащем состоянии для увеличения срока службы дорожного полотна является, возможно, самой экономически оправданной. Эффективное содержание системы водоотвода должно стать приоритетным по отношению ко всем остальным мерам.



Рис. 1. Стеклопластиковый лоток для отвода воды

Представленные материалы основаны на многолетнем наблюдении за участком автомобильной дороги Р-120 Бельниччи – Быхов. Анализ этих наблю-

дений позволил предложить один из вариантов устранения описанного недостатка водоотвода автомобильных дорог низких технических категорий, что мо-

жет представить определенный интерес для специалистов по проектированию и эксплуатации автомобильных дорог.

Для предотвращения появления мест скопления воды в пониженной ча-

сти продольного профиля дороги низкой категории предлагается устройство пластмассовых водоотводных (дренажных) трубок (рис. 2).

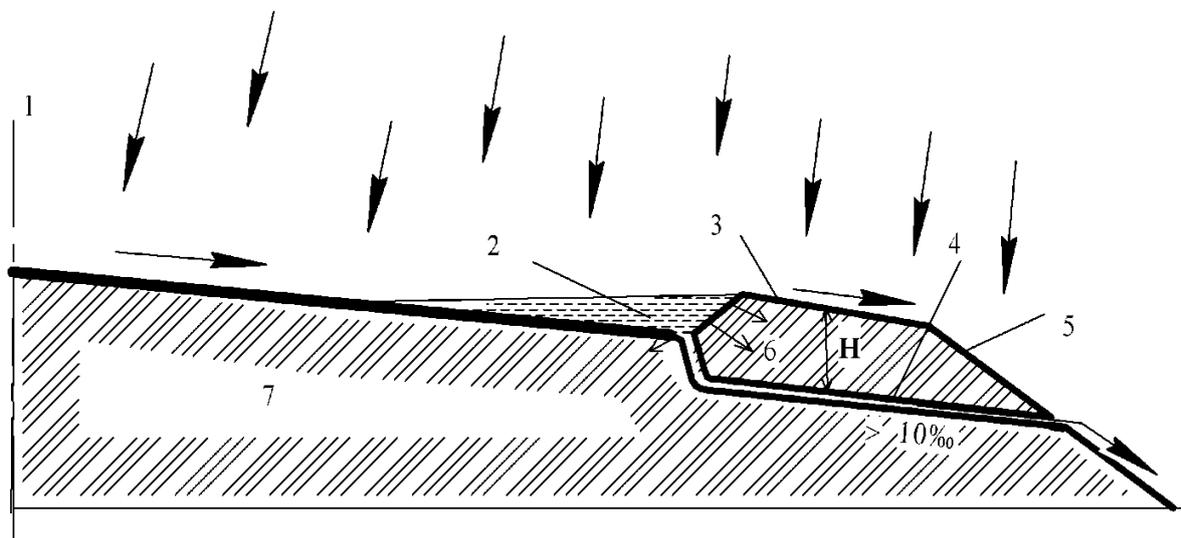


Рис. 2. Реконструкция неорганизованного водоотвода: 1 – ось дороги; 2 – место скопления атмосферных осадков; 3 – обочина дороги; 4 – водоотводная трубка; 5 – откос насыпи дороги; 6 – зона фильтрации воды в тело насыпи; 7 – насыпь дороги

Подобные мероприятия наиболее экономически эффективно выполнять в ходе строительства или капитального ремонта дороги. Основным требованием, обеспечивающим качественную работу водоотводной трубки, является постоянство ее положения (постоянство уклона). Это достигается необходимой плотностью грунта ее основания. Для этого грунт следует тщательно уплотнить с процессом увлажнения. Для исключения процесса фильтрации вдоль наружной стенки трубки грунт на входе в трубку необходимо укрепить слоем асфальта или бетона с установкой защитной сетки для исключения попадания крупных фракций мусора в трубку. Ячейки сетки должны задерживать крупный мусор (кроме песка). Засорение дренажной трубки крупным мусором замедлит или вообще прекратит удаление воды из места скопления атмосферных осадков и потребует опре-

деленных временных затрат и навыков для ее прочистки. Наличие воды в пониженных местах вызовет разрушение твердого покрытия, что также может привести к повышению аварийности на дороге.

Для защиты трубки от разрушения при случайном наезде транспорта глубина ее заложения должна быть не менее 0,5 м ($H \geq 0,5$ м).

Предотвращение засорения дренажной трубки песком достигается за счет получения самоочищающей скорости воды в ней ($V \geq 0,7$ м/с), что обеспечивается устройством соответствующего ее уклона. Размеры ячейки защитной сетки должны задерживать крупные включения, размеры которых не смогут обеспечить перемещение во взвешенном состоянии. Крупные включения, как правило, имеют плотность менее плотности воды. Их размеры должны быть меньше глубины h потока в трубке,

которая определяется по степени наполнения трубки: h/d , здесь d – диаметр водоотводной трубки. Для нормальной работы водоотводной трубки рекомендуется обеспечить степень ее наполнения в диапазоне $0,3 < h/d < 0,7$ [6].

Для защиты откоса от размыва на выходе воды из трубки предполагается покрыть откос нетканым материалом или синтетической геосеткой, прикрепляя ее к склону откоса насыпи [7]. Это особенно важно при вновь строящейся дороге, когда склоны откоса насыпи еще не покрыты травой.

Диаметр водоотводной трубки определяется по величине расхода поверхностного стока, который рассчитывается по формуле

$$Q = q_{20} \cdot F \cdot \varphi, \quad (1)$$

где Q – расход воды дождевых осадков (расход поверхностного стока), л/с; q_{20} – интенсивность осадков продолжительностью 20 мин, л/с · га (табл. 1) [6, табл. А.1]; F – водосборная площадь, га; φ – коэффициент поверхности стока (табл. 2) [8, табл. В.1].

Табл. 1. Интенсивность осадков

Район населенного пункта	q_{20} , л/с · га
Брест	93
Витебск	102
Гомель	96
Гродно	90
Минск	103
Могилев	101
Шклов	104
Чаусы	95
Кличев	100
Круглое	105
Бобруйск	98
Быхов	100

Табл. 2. Коэффициент поверхности стока

Тип поверхности	Коэффициент φ
Асфальтобетонное покрытие	0,95
Цементобетонное покрытие	0,85
Щебеночное покрытие	0,26...0,6
Гравийное покрытие	0,15...0,3

Коэффициент поверхностного стока φ показывает, какая доля от выпавших осадков образует поверхностный сток.

Водосборная площадь F определяется как произведение половины ширины проезжей части дороги (за исключением виражей, где поперечный уклон од-

носторонний) на длину двустороннего продольного уклона дороги к пониженной части продольного ее профиля:

$$F = (l_1 + l_2) \cdot \frac{b}{2}. \quad (2)$$

Для определения диаметра трубки, ее уклона и самоочищающей скорости воды удобно воспользоваться таблицами А. А. Лукиных и А. В. Лукиных [8] или таблицами А. Я. Добромыслова [9], в которых по величине расхода, допустимой скорости и степени наполнения определяются диаметр дренажной трубки и ее уклон.

Пример расчета водоотводной (дренажной) трубки.

Определить диаметр водоотводной трубки и уклон ее заложения, если:

– интенсивность осадков
 $q_{20} = 101$ л/с · га (г. Могилев);

– длина уклонов к пониженной части продольного профиля дороги
 $l_1 = 60$ м, $l_2 = 80$ м;

– покрытие дороги – асфальтобетон ($\varphi = 0,95$);

– ширина проезжей части дороги
 $b = 6$ м (в расчет берется половина ширины проезжей части дороги (3 м), т. к. с другой части вода отводится на другую сторону).

Величина водосборной площади

$$F = (l_1 + l_2) b / 2 = (60 \text{ м} + 80 \text{ м}) \cdot 6 \text{ м} / 2 = \\ = 420 \text{ м}^2 = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ га}.$$

Подставляя все значения в формулу (1), получим

$$Q = q_{20} \cdot F \cdot \varphi = 101 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,95 = 4,03 \text{ л/с}.$$

Согласно таблицам [9, с. 114], находим, что для данного рассчитанного расхода при диаметре трубки $d = 110$ мм и при уклоне $i = 10$ ‰ скорость составит $V = 0,95$ м/с, что больше самоочищающей скорости 0,7 м/с. Степень наполне-

ния трубки составит $h/d = 0,5$ (h – глубина потока воды в трубке). Крупные включения должны иметь размеры, соответствующие условию $h/d = 0,5$, т. е. меньше $(110 \times 0,5) 55$ мм. Для этого вход в водоотводную трубку необходимо защитить сеткой с размером ячеек 50×50 мм.

Заключение

1. Устройство качественного водоотвода способствует безопасной и долговечной эксплуатации автомобильной дороги.

2. Разрушение кромок проезжей части на пониженных участках продольного профиля дорог в местах скопления атмосферных осадков является одним из основных дефектов неорганизованного водоотвода, что вызывает значительные экономические затраты и может вызвать нежелательные транспортные происшествия.

3. Признаком начала нарушения нормальной работы неорганизованного водоотвода может служить появление скопления атмосферных осадков у кромки пониженного участка автомобильной дороги.

4. Качественное устройство пластмассовой дренажной трубки позволяет быстро удалить воду из мест скопления воды у кромки пониженного участка дороги, что исключает ее разрушение. Это является достаточно надежным и экономичным способом защиты автомобильной дороги.

5. Для исключения засорения необходимо обеспечить самоочищающую скорость воды для удаления песка и организовать защитную сетку на входе в дренажную трубку для перехвата крупных включений, размер которых определяется степенью наполнения трубки. Сетку рекомендуется осматривать и очищать после интенсивных дождей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бондарева, Э. Д.** Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие / Э. Д. Бондарева, М. П. Клековкина. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 210 с.
2. **Жалко, М. Е.** К вопросу обеспечения водоотвода на автомобильных дорогах / М. Е. Жалко // Теория и практика современной науки. – 2022. – № 2 (80). – С. 84–91.
3. **Ramawatar, S. M.** A Review – Design of Drainage Systems in Highway Construction / S. M. Ramawatar, D. Mature // International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM). – 2022. – Vol. 11 (8). – P. 348–351.
4. Road Drainage Conveyance Systems – Optimum Selection Approach for Road Schemes in Ireland / J. Halpin [et al.] // Proceedings of Conference Civil Engineering Research in Ireland (CERI 2022) & Irish Transport Research Network (ITRN 2022), Ireland. – Dublin, 2022. – P. 354–359.
5. **Осипова, Т. В.** Водоотвод с покрытий автомобильных дорог / Т. В. Осипова, М. Н. Жилин // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2023. – № 1 (58). – С. 90–97.
6. **Парахневич, В. Т.** Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков: учеб. пособие / В. Т. Парахневич. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2016. – 368 с.
7. Материалы геосинтетические. Полотна геотекстильные для транспортного строительства. Технические условия: СТБ 1104–2020. – Минск: БелдорНИИ, 2021. – 36 с.
8. **Лукиных, А. А.** Таблицы гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – М. : Стройиздат, 1974. – 156 с.
9. **Добромыслов, А. Я.** Таблицы для гидравлических расчетов безнапорных трубопроводов из полимерных материалов / А. Я. Добромыслов. – М. : ВНИ МП, 2004. – 128 с.

Статья сдана в редакцию 21 января 2025 года

Контакты:

inmet@mail.ru (Брановицкий Александр Михайлович);
mailtut@list.ru (Бродова Ольга Игоревна);
ad@bru.by (Парахневич Владимир Тимофеевич).

A. M. BRANOVITSKY, O. I. BRODOVA, V. T. PARAKHNEVICH

RECONSTRUCTION OF UNORGANIZED DRAINAGE ON AUTOMOBILE ROADS BY INSTALLING DRAINAGE PIPES

Abstract

The reconstruction of unorganized drainage of lower category roads is considered. The installation of drainage plastic pipes is proposed as one of the ways to prevent the occurrence of places of water accumulation in the lowered part of the longitudinal profile of the road. The advantage of using plastic drainage pipes is in plastic having high strength, corrosion resistance and a long service life. The pipes made of it are lightweight and easy to install, which simplifies the process of reconstructing the road drainage system.

Keywords:

roads, longitudinal profile, unorganized drainage, places of water accumulation, plastic drainage pipes.

For citation:

Branovitsky, A. M. Reconstruction of unorganized drainage on automobile roads by installing drainage pipes / A. M. Branovitsky, O. I. Brodova, V. T. Parakhnevich // Belarusian-Russian University Bulletin. – 2025. – № 1 (86). – P. 62–68.