

как коллег по кафедре, так и преподавателей других ВУЗов страны, приехавших по обмену опытом в Беларусь. Левкевичем Е. М. за время преподавания подготовлены более 300 высокообразованных технически грамотных специалистов, которые работали и продолжают работать на крупнейших гидротехнических объектах Беларуси и бывшего СССР.

Ряд бывших студентов и выпускников факультета, благодаря в какой-то мере усилиям и советам, а также примеру преданности Левкевича Е. М. научным исследованиям и экспериментам, выбрали свой жизненный путь в научной сфере и достигли значительных успехов, стали известными далеко за пределами страны учеными. Среди них можно назвать д. т. н., профессора Михневича Э. И., д. т. н., профессора Рогуновича В. П., д. т. н., профессора Колобаева А. Н., д. т. н. Васильченко Г. В. и многих других.

В заключение следует отметить, что Левкевич Е. М., являясь «от бога» талантливым педагогом, прирожденным исследователем и экспериментатором, за свою долгую творческую жизнь внес значительный вклад как в современную науку, так и в педагогику, готовя инженерные кадры и формируя одну из научных школ, существующих в БНТУ.

Творческое наследие Евгения Моисеевича Левкевича составляет более 150 опубликованных научных работ, изобретений и учебно-методических разработок, а ученики и последователи Евгения Моисеевича Левкевича, одного из старейших преподавателей кафедры гидротехнического строительства, по мере возможности реализовали и преумножили профессиональные знания, которые были получены ими в период обучения в Белорусском национальном техническом университете.

Литература

1. БНТУ, 100 лет истории // под ред. С.В. Харитончика, В. А. Бобкова. Минск, БНТУ, 2020. – 245 с.

УДК 625.7/.8

Поверхностный водоотвод для предохранения земляного полотна от переувлажнения и размыва

Копаченя С. С., Линкевич Н. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Приведены общая характеристика автомобильных дорог Беларуси, а также конструкции водоотводных устройств, применяемые в дорожном строительстве и их роль в эксплуатации дороги и сооружений на ней.

По данным Государственной программы «Дороги Беларуси» на 2021–2025 гг. протяженность сети автомобильных дорог общего пользования в Беларуси составляет 87 002 км, в том числе республиканских дорог – 15 926 км, местных – 71 076 км. Из общей протяженности дорог твердое покрытие имеют 75 567 км (или 86,9 %), в том числе усовершенствованное покрытие (асфальтобетонное и цементобетонное) – 49 041 км (или 56,4 %). В составе сети автомобильных дорог общего пользования имеется 5298 мостов и путепроводов общей протяженностью 187 тыс. пог. м. Протяженность грунтовых автомобильных дорог составляет 11 435 км (16,1 % от протяженности местных автомобильных дорог) [1]. Однако транспортно-эксплуатационное состояние республиканских и местных автомобильных дорог не в полной мере удовлетворяет потребности народного хозяйства в автомобильных перевозках. Согласно результатам дорожной диагностики 2019 г. протяженность участков республиканских автомобильных дорог, не соответствующих нормативным требованиям, составляет 5631 км (35,4 %). Эти участки имеют несоответствия по одному или нескольким параметрам: ровность покрытия – 3203 км дорог (20,1 % от протяженности республиканских автомобильных дорог), дефектность покрытия – 3770 км (23,6 %), прочность дорожных одежд – 1947 км (12,2 %). Такое состояние данных участков дорог вынуждает водителей транспортных средств снижать скорость движения, что приводит к экономическим издержкам. Помимо этого, с ограничением несущей способности дорожного покрытия до 6 т на ось эксплуатируется 1975 км республиканских автомобильных дорог (12,4 %) и 56 763 км – местных (79,9 %). Протяженность капитально отремонтированных республиканских и местных автомобильных дорог в 2020 г. по сравнению с 2008 г. (год, в котором республиканский дорожный фонд не являлся частью бюджетов всех уровней и не подлежал изъятию) соответственно сократилась в 15,4 и в 1,3 раза, а протяженность дорог, на которых произведен текущий ремонт – в 3,3 и в 2,6 раза [1]. Из-за недостаточного финансирования не обеспечивается восстановление ежегодного износа, что ведет к необратимому процессу постепенного разрушения дорожных покрытий.

В 2021–2025 гг. развитие автомобильных дорог Беларуси осуществляется в рамках реализации Государственной программы «Дороги Беларуси», которая включает две подпрограммы: «Республиканские автомобильные дороги» (задачи – улучшение транспортно-эксплуатационного состояния, а также повышение качественных показателей республиканских автодорог) и «Местные автомобильные дороги» (улучшение состояния местных автомобильных дорог). Согласно первой подпрограмме, запланированы ремонт и реконструкция не менее 809,6 км республиканских автодорог, повышение несущей способности их дорожного покрытия до 11,5 т на ось, а также увеличение скоростного режима на протяжении не менее 1,78 тыс. км. Кроме того, в пла-

нах реконструкция и возведение 509,6 км таких дорог, в том числе по параметрам I категории – 272,7 км, и почти 8,2 тыс. пог. м дорожных сооружений на этих дорогах. На местных автомобильных дорогах (вторая подпрограмма) планируется выполнить работы по поддержанию их транспортно-эксплуатационных показателей, отремонтировать, реконструировать и возвести не менее 7 тыс. км таких дорог, из них по новым технологиям – не менее 138 км. Также в планах ремонт и реконструкция 137 дорожных сооружений протяженностью около 4,2 тыс. пог. м. Запланированы также работы по диагностике и оценке эксплуатационного состояния и качества содержания автомобильных дорог и дорожных сооружений, текущим и периодическим осмотрам, обследованию и испытанию дорожных сооружений, учету интенсивности движения и характеристик транспортного потока, паспортизации автомобильных дорог, инженерно-техническому сопровождению содержания автомобильных дорог и другое. На реализацию Государственной программы потребуются средства в размере Br10 552 470 504,8 [1].

Для обеспечения сохранности автомобильных дорог и дорожных сооружений в процессе эксплуатации требуется выполнение норм их ремонта и содержания в соответствии с нормативными документами, а также правовыми и организационно-техническими мероприятиями по предупреждению, пресечению и устранению причин повреждения и преждевременного разрушения элементов дорог и дорожных сооружений. При ремонте дорожных покрытий необходимо использовать прогрессивные инновационные технологии, обеспечивающие высокое технико-эксплуатационное качество дорожных покрытий. Тем не менее, некоторым вопросам, определяющим показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, в частности, функционированию системы поверхностного водоотвода уделяется недостаточное внимание. Работоспособность систем водоотвода автомобильных дорог определяется правильностью и целесообразностью выбранных инженерных решений, качеством строительных и ремонтных работ, а также надзором водоотводных сооружений во время эксплуатации.

Водоотвод дорожный служит для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными и грунтовыми водами, прерывания и предотвращения доступа воды к нему снизу, сбора и отвода воды с откосов выемки, понижения уровня грунтовых вод в основании земляного полотна, перехвата и отвода грунтовой воды, поступающей к дороге со стороны, сброса поверхностной воды в местах с необеспеченным стоком, а также для обеспечения производства работ по сооружению земляного полотна. Предохранение земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами и размывов обеспечивают системами поверхностного водоотвода (планировкой территории, устройством кюветов, канав, лотков, быстротоков, испарительных

бассейнов, поглощающих колодцев и т. д.) [2–5]. Согласно [5] система поверхностного водоотвода городских и поселковых дорог должна быть сопряжена с действующей или строящейся системой ливневой канализации города. Если система канализации в местах устройства автодороги отсутствует, то ее устройство должно быть предусмотрено проектом.

Схема водоотвода с поверхности насыпей автомобильных дорог зависит от ширины проезжей части и обочин. Для дорог I–III категорий водоотвод может обеспечиваться *прикромочными водоотводными лотками*, расположенными вдоль кромок проезжей части, которые проектируют на участках дорог с продольным уклоном более 0,03, с насыпями высотой более 3 м, в местах вогнутых вертикальных кривых радиусом 8000 м и менее, перед мостами и путепроводами и за ними, и *поперечными водосбросными лотками* на откосах насыпей. На дорогах III–IV категорий вместо прикромочных лотков могут устраиваться щебеночные обочины [3].

Поверхностные воды из канав и прочих водоотводных сооружений могут по согласованию с органами по охране природы отводиться в *поглощающие колодцы* круглого (диаметром 0,7 м) или прямоугольного сечения (размером от 0,6 × 0,6 до 1 × 1 м) в следующих случаях: 1) при наличии на глубине 1,5–2,5 м от поверхности земли и ниже глубины промерзания хорошо дренирующих (поглощающих) воду грунтов (галька, гравий, крупнозернистый песок, трещиноватые известняки); 2) при достаточно низком горизонте грунтовых вод и отсутствии оползневых явлений вблизи земляного полотна. Колодец заполняется дренирующими материалами (гравием, песком и т. п.). Для защиты от попадания воды с окружающей площади у колодца предусматривается защитный валик из грунта. Колодцы размещают не ближе 10 м от земляного полотна в обычных условиях и не ближе 75–100 м – на макропористых лессовидных просадочных грунтах [3].

Для отвода воды с поверхности земляного полотна ему придается поперечный уклон, который обеспечивает стекание воды, выпавшей в виде осадков, от оси дороги к обочинам и далее по откосу или по поперечным водосбросным лоткам к подножию земляного полотна, где она перехватывается боковыми канавами (кюветами) и отводится от дорожной конструкции в пониженные места. Лотки устраиваются открытого или закрытого типа с дождеприемными колодцами. Расстояние между поперечными водосбросными лотками зависит от ширины покрытия, с которого собирается сток поверхностных вод, и от продольного уклона проезжей части дороги. Для водосбросных лотков открытого типа это расстояние изменяется в пределах 20–205 м; его принимают в соответствии с [2, табл. 23]. Для водосбросных лотков закрытого типа расстояние между дождеприемными колодцами уменьшают в 1,2 раза по отношению к указанным в [2, табл. 23]. На дорогах высокой технической категории разделительной по-

лосе между полосами движения придается уклон к центральной части, где располагается водоприемник, собирающий и отводящий по подземным галереям или дренажам воду за пределы земляного полотна.

Для сбора и отвода воды, стекающей с поверхности земляного полотна, а также для приема воды, поступающей из дренажных устройств дорожной одежды устраивают в выемках и у малых насыпей кюветы, то есть боковые водоотводные каналы трапецеидального или близкого к нему сечения с шириной по дну 0,4–0,5 м. Крутизна внешних откосов кюветов в выемке и канав должна быть не менее 1:2. Глубину кювета обычно назначают на 0,1–0,2 м ниже устья дренажных устройств или низа дренирующего слоя дорожной одежды в точке выхода его на откос. Продольный уклон дна кювета проектируют не менее 0,005, в исключительных случаях – 0,003. Для канав, расположенных на расстоянии 4 м и более от подошвы насыпи, уклон дна должен быть не менее 0,001. Кюветы у подошвы насыпи устраивают сразу после снятия плодородного слоя, в выемках одновременно с удалением недобора. Наибольший продольный уклон водоотводных сооружений определяют в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна канав и кюветов с учетом допускаемой по размыву скорости течения. Если невозможно обеспечить допустимые уклоны, то предусматривают быстротоки, перепады и водобойные колодцы. В соответствии с [2, 3] на дорогах категорий I–IV на участках насыпей высотой более 3 м, при продольных уклонах более 0,03, а также у вершин вогнутых кривых в продольном профиле с радиусом 8000 м и менее следует предусматривать мероприятия против размыва обочин и откосов. Выпуск воды из боковых канав (кюветов) предусматривается в пониженные места окружающей местности, в том числе к водопропускным сооружениям или в естественные водотоки.

Устройство *испарительных бассейнов* предусматривают в тех случаях, когда отвести воду из водоотводных канав в пониженные места не представляется возможным, особенно в местностях, где климатические условия способствуют высокой испаряемости, используя по возможности для этой цели местные понижения, выработанные карьеры и резервы. Вместимость одного испарительного бассейна не должна превышать 200–300 м³, глубина – 1,5 м, а уровень воды должен быть ниже дна боковых канав. На участках, где под испарительный бассейн используется резерв, между подошвой откоса насыпи и бровкой резерва следует предусматривать устройство бермы, ширина подошвы которой принимается не менее 2 м. Вода из боковых канав отводится в испарительный бассейн поперечными канавами [3].

Водопропускные каналы предназначаются для выпуска воды из продольных канав, кюветов или находящихся недалеко от дороги котловин в расположенные поблизости пониженные места или водотоки, сечения во-

доотводных канав обычно принимаются равные сечениям тех канав, из которых отводится вода. Для лучшего пропуски воды и для уменьшения объемов земляных работ откосы водоотводных канав следует устраивать небольшой крутизны, допустимой по устойчивости грунтов. На больших уклонах дну канав иногда придают ступенчатый продольный профиль, устраивая перепады из сборных железобетонных элементов, бетона и геотекстильных материалов. Между перепадами дну канав придают уклон, не требующий укрепления или соответствующий принятому типу укрепления. Уклон и типы укрепления ступеней между перепадами определяются гидравлическими расчетами. При высоте уступа более 0,5 м и больших расходах воды перепады устраивают с водобойными колодцами, водобойными стенками или в виде ступенчатого перепада колодезного типа.

Нагорные канавы проектируют при прокладке автомобильной дороги по склонам для перехвата поверхностного стока с вышележащей территории. Их устраивают с нагорной стороны дороги для перехвата стекающей по склону воды и отвода ее от дороги. Обычно глубина канавы не менее 0,6 м, поперечное сечение их может быть трапециевидным, треугольным или прямоугольным, с более пологим откосом со стороны склона (рис.).

Как правило, возведение земляного полотна начинают со строительства нагорных канав и ограждающих валов. Сразу после устройства канав их боковые поверхности укрепляют путем посева многолетних трав (при скорости течения воды до 0,8 м/с) или путем укладки геотекстильного материала с закрепленными в нем семенами. Выбор вида укрепления следует выполнять в соответствии с [3, 5].

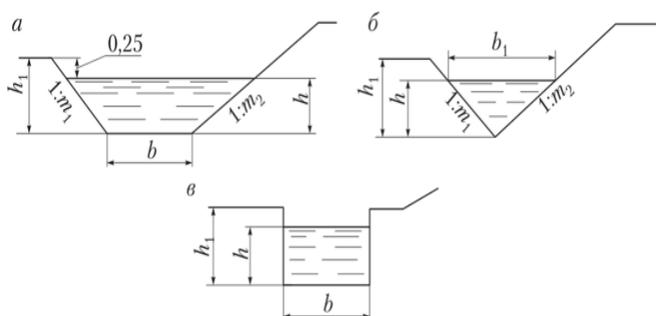


Рис. Поперечное сечение дорожных водоотводных канав:
a – трапециевидное; *б* – треугольное; *в* – прямоугольное

Кроме канав и кюветов для отвода поверхностных вод могут устраиваться *железобетонные лотки* различных типов. Их можно предусматривать в вы-

емках при соответствующем обосновании необходимости пропуска большого количества воды, не вмещающегося в кювет нормального сечения; осушения выемки от грунтовых вод, т. е. при устройстве лотка взамен закрытого дренажа; в грунтах, которые легко размываются, оползают и быстро загрязняют русло кювета; в стесненных условиях, не позволяющих устройство глубокого кювета и соответствующее расширение выемки и т. п. [3].

Таким образом, устройство поверхностного водоотвода способствует улучшению водно-теплового режима земляного полотна и, как следствие, повышению его устойчивости и долговечности.

Литература

1. О Государственной программе «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 9 апр. 2021 г., № 212 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://government.by/upload/docs/file653ebd78390aa875.PDF>. – Дата доступа: 17.04.2022.

2. Автомобильные дороги. СН 3.03.04-2019. – Введ. 21.09.2020. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 60 с.

3. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. ТКП 200-2018. – Введ. 01.09.2018. – Минск: М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2018. – 189 с.

4. Бабаскин, Ю. Г. Строительство земляного полотна автомобильных дорог: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Автомобильные дороги» / Ю. Г. Бабаскин. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. – 332 с.

5. Автомобильные дороги. Устройство водоотводных и дренажных систем при строительстве автомобильных дорог и мостовых сооружений: Стандарт организации. СТО НОСТРОЙ 2.25.103-2013. – Введ. 24.06.2013. – М.: ООО БСТ, 2014. – 55 с.

УДК 669:620.197

Технология реверсивно-струйной очистки металлических листов перед лазерной резкой

Жук А. Н., Качанов И. В., Шаталов И. М.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены результаты экспериментального исследования по оценке влияния режимов реверсивно-струйной очистки на подготовку поверхности металлических листов перед лазерной резкой.