

СООРУЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА С ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Обзорная информация

Выпуск 2

Москва 2002

СОДЕРЖАНИЕ

ТОС \o "1-3" \n \h \z \u 1. ВВЕДЕНИЕ

[2. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ОТВОДА ВОДЫ С ПОВЕРХНОСТИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ](#)

[3. ОСОБЕННОСТИ ОТВОДА ВОДЫ С ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС,
ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК, ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ И
ПОДТОПЛЯЕМЫХ НАСЫПЕЙ](#)

[4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СООРУЖЕНИЯ ДОРОЖНОГО
ВОДООТВОДАМ ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИХ
УСТОЙЧИВОСТИ](#)

[5. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО
ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ТЕХНОГЕННЫХ МИКРОБАССЕЙНАХ И УЧЕТ
ЭРОЗИОННЫХ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ](#)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ](#)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ](#)

В обзорной информации отражен обширный опыт проектирования и строительства систем поверхностного водоотвода на автомобильных дорогах с различными схемами его организации, конструктивными элементами водосборных и водосбросных сооружений, получивших применение в отечественном и зарубежном дорожно-мостовом строительстве.

Обзорная информация является наиболее полной работой по данной теме. В ее основу положены результаты анализа, систематизации и обобщения основных схем организации водоотвода и геометрических параметров стекания автомобильных дорог, мостов, разделительных полос, транспортных развязок и испытательных полигонов с различными очертаниями поперечных и продольных профилей. В обзорной информации приведены результаты дополнительных исследований обобщений имеющегося опыта, выполненных в связи с необходимостью изучения результатов научных исследований и разработок, проведенных в последние годы, а также требований современной нормативной базы на проектирование автомобильных дорог.

Обзорная информация содержит практические рекомендации и восполняет пробел знаний, которые необходимы инженерно-техническим работникам дорожно-мостовой отрасли.

Обзор подготовили засл. деятель науки РФ,

д-р техн. наук, профессор,

академик Академии транспорта России

Б.Ф. Перевозников (Союздорпроект),

канд. техн. наук А.А. Ильина

(ОАО «Мосавтодор и партнеры»)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА МИНИСТЕРСТВА
ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1. ВВЕДЕНИЕ

Для автомобильных дорог России, особенно в последние годы, характерным является резкий рост интенсивности движения с преобладанием в транспортном потоке легковых автомобилей, что обуславливает возрастание требований к качеству проектирования, строительства и содержания автомобильных дорог и сооружений на них, а также необходимости доведения параметров и показателей качества до уровня мировых стандартов.

Тем не менее, некоторым вопросам, определяющим показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, в частности, функционированию системы водоотвода, уделяется недостаточное внимание. Подобное отношение к вопросам организации поверхностного водоотвода с проезжей части автомобильных дорог приводит к снижению прочности дорожных одежд, нарушению устойчивости земляного полотна, сокращению межремонтных сроков дорог и искусственных сооружений, снижению уровня безопасности и удобства движения транспортных средств и загрязнению окружающей среды.

В отечественной практике проектирования исследования по разработке системы поверхностного водоотвода с проезжей части и разделительных полос на автомобильных дорогах I - III категорий были начаты в 1967 г. в Союздорпроекте. В результате этих исследований была разработана методика расчета и регулирования максимального поверхностного стока; обобщены все возможные схемы организации поверхностного водоотвода; создана типовая схема организации отвода воды с проезжей части и разделительных полос для дорог I - III категорий безбордюрного профиля, состоящая из дождеприемных колодцев, прикромочных продольных лотков, откосных телескопических лотков и водобойных устройств в концевых участках этих откосных лотков; разработаны мероприятия по отводу поверхностной воды от земляного полотна, при устройстве транспортных развязок и мостов, от подтопляемых насыпей и испытательных сооружений; разработаны мероприятия водоотвода по предотвращению эрозионных и оползневых процессов, а также по очистке сточных вод.

На основании этих исследований в 1976 г. и 1984 г. в Союздорпроекте были разработаны типовые решения по водоотводным сооружениям на внегородских автомобильных дорогах общей сети СССР [1]. Результаты этих исследований также составили основу типового проектирования водоотводных устройств и дорожных одежд.

В основу разработки схемы водоотвода с проезжей части автомобильных дорог были положены: ширина проезжей части и другие геометрические параметры дорог, регламентированные СНиП II-Д.5-72 «Автомобильные дороги», а также методология расчетов поверхностного стока с микробассейнов и ливневое районирование территории России и нынешних стран СНГ.

Мероприятия, разработанные в Союздорпроекте за период 1967 - 1984 гг., получили практическое применение на многих объектах дорожно-мостового строительства в России и за рубежом.

Так, проблема водоотвода на автомобильных дорогах впервые приобрела конкретную значимость для всего дорожного комплекса и стала представлять собой одно из основных направлений по исследованию, развитию и совершенствованию методологических разработок по организации системы дорожного водоотвода и очистки сточных вод.

Однако, несмотря на наличие методов типового обоснования инженерных решений по устройству поверхностного водоотвода, ряд вопросов как типового, так и индивидуального проектирования до сих пор нуждаются в углубленном изучении и обобщении накопленного опыта.

В современных условиях типовые решения по организации водоотвода с поверхности проезжей части автомобильных дорог и разделительных полос, представляющие собой жестко регламентированные однотипные конструкции и размеры как прикромочных, так и откосных лотков для дорог всех категорий и условий применения, не отвечают требованиям нормативного обеспечения транспортно-эксплуатационных показателей современных скоростных многополосных дорог и могут быть лишь основой для проведения последующих исследований, накопления опыта и его обобщения.

Водоотводные сооружения, построенные в прошлые годы, характеризовались различной степенью гидрологической обоснованности их функционирования и отсутствием систематичности методологических подходов к их выбору и назначению. За последние годы применения типовой схемы дорожного водоотвода были выявлены многочисленные случаи ее недостаточности. Это вызвано тем, что в нормативно-технической базе проектирования автомобильных дорог произошли значительные изменения и, в частности, взамен СНиП II-Д.5-72 в 1987 г. был введен в действие [СНиП 2.05.02-85 \[2\]](#).

На основании этого, а также в связи с необходимостью изучения результатов научных исследований, проведенных в последние годы, и требований современной нормативной базы на проектирование автомобильных дорог, целесообразным явилось проведение дополнительных исследований и обобщений имеющегося в России и за рубежом опыта проектирования систем дорожного водоотвода.

Научное обоснование различных систем организации отвода воды с поверхности автомобильных дорог является неотъемлемой частью их совершенствования. На основании этого требования далее приведены результаты исследований и систематизации принципиальных схем дорожного водоотвода и очистки сточных вод с точки зрения их целесообразности и применимости для различных климатических и геолого-гидрологических условий.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ОТВОДА ВОДЫ С ПОВЕРХНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Автомобильные дороги и искусственные сооружения на них в процессе эксплуатации подвергаются разрушающим воздействиям от атмосферных осадков и поверхностного стока, что отрицательно влияет на их транспортно-эксплуатационные характеристики.

Дождевые осадки оказывают определяющее воздействие на изменение водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд. На основе результатов многочисленных экспериментальных исследований, проведенных в различных странах, было доказано, что влажность грунта земляного полотна возрастает при уменьшении расстояния от горизонта грунтовых вод, при уменьшении расстояния от фильтрующего слоя, а также при увеличении среднего количества осадков за 15 сут.

Температурные швы и мелкие трещины в дорожных покрытиях со временем пропускают воду в количестве, более чем достаточном для появления разрушений. В процессе эксплуатации в асфальтобетонных покрытиях появляются усталостные трещины вследствие динамических нагрузок и деформаций дорожной одежды, в цементобетонных покрытиях всегда имеются трещины в местах сопряжения с обочинами, а температурные швы со временем теряют водонепроницаемость.

Наибольший вред устойчивости дорожной конструкции причиняет свободная вода, находящаяся в конструктивных слоях дорожной одежды. Давление от колес транспортных средств вызывает перемещение этой воды в слоях дорожной одежды и их разрушение. Свободная вода в зернистом слое основания дорожной одежды при динамических нагрузках может снизить его прочность на 25 % и более.

Интенсивные кратковременные летние дожди не оказывают существенного влияния на повышение влажности грунта земляного полотна из-за недостатка влажности воздуха и значительного испарения. Однако понижение температуры воздуха способствует миграции к поверхности покрытия связанной воды, содержащейся на различных глубинах промерзающего грунта земляного полотна.

Дождевые осадки, выпадающие в летний период с недостаточной влажностью воздуха, непосредственно влияют на состояние покрытия и безопасность движения транспортных средств. 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 котором колесо полностью 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 имеет место при определенных скоростях движения автомобиля и определенной толщине пленки воды на покрытии,

которая зависит от интенсивности дождя, продольного и поперечного уклонов, шероховатости проезжей части и длины участка стока.

Все это указывает на необходимость проведения комплекса предварительных исследований гидрологических, геологических и климатических условий строительства автомобильной дороги с целью правильного выбора и назначения схемы организации отвода воды с поверхности покрытия проезжей части.

Особенности строительства автомобильных дорог в районах с различными природно-климатическими условиями, конструкций поперечного и продольного профилей земляного полотна, разнообразие сочетаний продольных и поперечных уклонов автомобильных дорог, микробассейнов стокообразования, многообразие сооружений дорожного водоотвода определяют особые условия формирования поверхностного стока и специфику схем организации водоотвода.

Расчетные параметры поперечного профиля земляного полотна и проезжей части внегородских автомобильных дорог назначаются в зависимости от категорий автомобильных дорог, интенсивности движения, особенностей продольного профиля, числа полос движения и др. [2].

С целью своевременного отвода воды с поверхности покрытия проезжая часть автомобильных дорог всех категорий принимается с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках. Поперечные уклоны проезжей части следует назначать в зависимости от числа полос движения и климатических условий. При радиусах кривых в плане менее 3000 м для дорог I категории и менее 2000 м для дорог других категорий, исходя из условия безопасности движения, предусматривается устройство виражей.

Поперечный уклон обочин для автомобильных дорог с двускатным поперечным профилем назначается на 10 - 30% больше поперечного уклона проезжей части во избежание застоя воды на обочинах и их размывов. С целью повышения уровня безопасности и удобства движения рекомендуется устраивать укрепленную полосу обочины по типу основной проезжей части, а обочины укреплять вяжущими материалами, щебнем, гравием, шлаком, бетонными плитками или засевом трав в зависимости от климатических условий и назначения автомобильной дороги. Поперечный уклон обочин на вираже принимается одинаковым с уклоном проезжей части автомобильной дороги.

В настоящее время в практике проектирования и строительства автомобильных дорог в России и зарубежных странах существуют следующие схемы организации поверхностного водоотвода.

Схема 1. Характеризуется свободным стеканием воды по поверхности проезжей части автомобильной дороги на обочины, далее на откосы и затем в боковые водоотводные каналы (кюветы). Скорость стекания воды в этом случае определяется параметрами продольных и поперечных уклонов проезжей части и обочин, нормированных [СНиП 2.05.02-85](#) [2], состоянием покрытия проезжей части, а также его типом, регламентированным типовым проектом на дорожные одежды. На рис. 1 представлены системы организации поверхностного водоотвода применительно к схеме 1, распространенные в России и зарубежных странах [3].

Такая схема широко применялась и применяется на автомобильных дорогах всех категорий. При этом для защиты от размывов необходимо укреплять откосы земляного полотна и кюветы. Типы укреплений кюветов и откосов земляного полотна в насыпях и

выемках назначаются в каждом конкретном случае в зависимости от геологических, гидрологических и климатических условий проложения автомобильной дороги.

Поперечные сечения водоотводных сооружений назначаются на основе результатов гидрологических и гидравлических расчетов. Согласно требованиям [2], продольный уклон водоотводных каналов должен быть не менее 5‰, а в исключительных случаях - 3‰, что объясняется необходимостью обеспечения своевременного и быстрого отвода поверхностных вод.

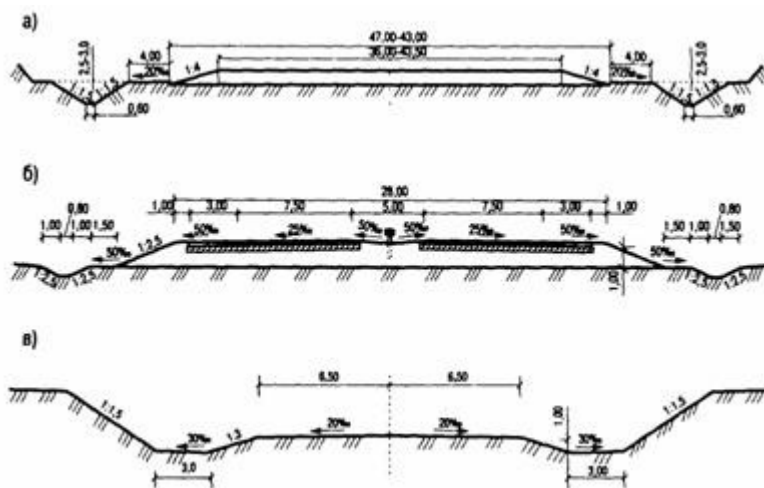


Рис. 1. Система организации поверхностного водоотвода на автомобильных дорогах:

а - Павловская - Краснодар - Новороссийск - Крымск;

б - Терекбалинт - Биаторбадь (Венгрия); *в* - дорога № 9 в КНДР

Схема 2. Характеризуется свободным стеканием воды по поверхности проезжей части автомобильной дороги к прикромочным водосборным лоткам, располагаемым с обеих сторон проезжей части, далее в открытые откосные водосбросные лотки, установленные через определенные расстояния друг от друга, затем в водоотводные укрепленные каналы, очистные сооружения или на прилегающую территорию. Эта схема применяется на автомобильных дорогах I - III, иногда - IV категорий (рис. 2, 3).

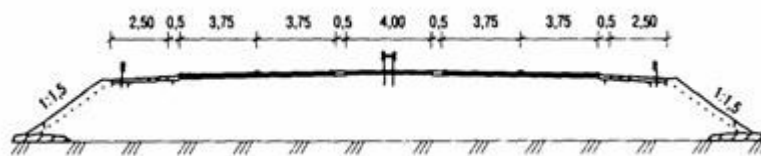


Рис. 2. Система организации поверхностного водоотвода на автомобильной дороге Москва - Ярославль - Вологда - Архангельск (1996 г.)



Рис. 3. Организация поверхностного водоотвода на одной из автомобильных дорог в Дмитровском районе Московской обл. (2000 г.)

В соответствии с этой схемой система поверхностного водоотвода на территории России и ряда зарубежных стран включает типовые железобетонные водосборные прикромочные и водосбросные откосные телескопические лотки, а также укрепленные водоотводные каналы.

На основе схемы 2 разработано множество различных водоотводных схем, одна из которых была применена в 1994 г. на трансконтинентальной автомагистрали «Принц» в Гвинее (рис. 4). Схема отвода воды с проезжей части автомобильной дороги была разработана в Союздорпроекте и включала сбор поверхностного стока в железобетонные прикромочные лотки прямоугольного очертания и дальнейший его сброс в водоприемные колодцы и на прилегающую территорию. Подобная схема была обусловлена прохождением автомобильной дороги в сильно пересеченной местности в выемках и насыпях с минимальными высотами, что создало определенные сложности в выборе и назначении схемы поверхностного водоотвода.

Такая же схема отвода воды, включающая железобетонные прикромочные прямоугольные лотки, была применена в 1971 г. в Афганистане на автомобильной дороге Кундуз - Файзабад (рис. 5, а).

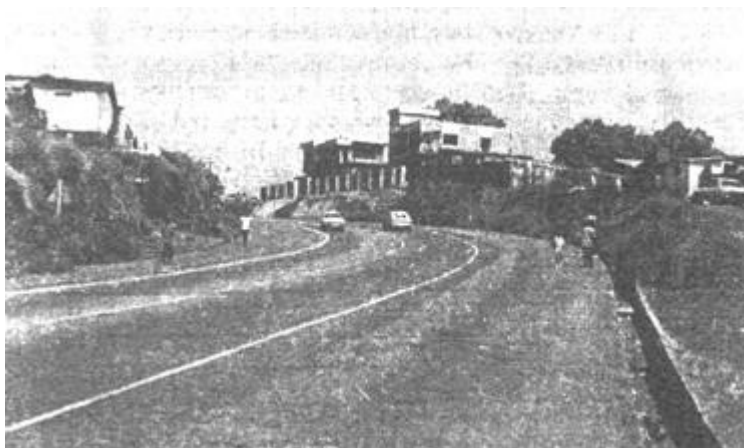


Рис. 4. Организация поверхностного водоотвода на трансконтинентальной автомагистрали «Принц» в Гвинее (1994 г.)

На отдельных участках дорога был установлен лоток с боковой частью, заменяющей бордюр, с прорезями по 20 см через каждый метр (рис. 5, б).

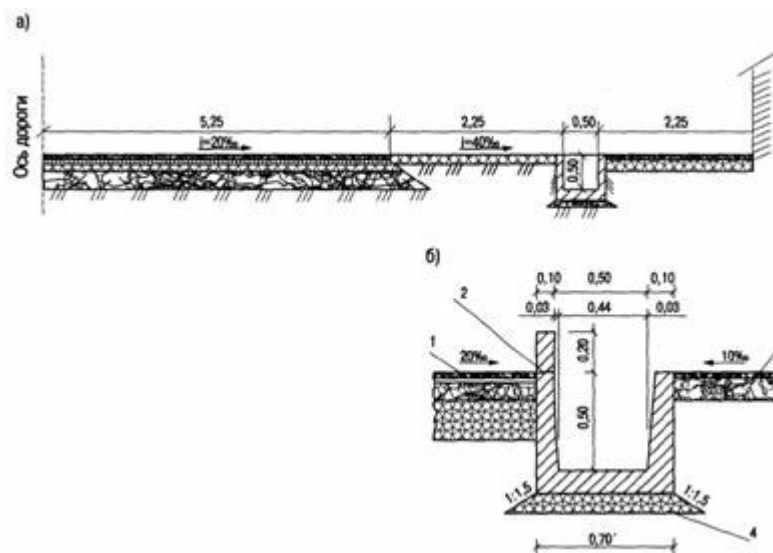


Рис. 5. Система организации поверхностного водоотвода на автомобильной дороге Кундуз - Файзабад (Афганистан) с водосбросными лотками: а - прямоугольного поперечного сечения; б – трапецидального поперечного сечения; 1 - проезжая часть; 2 - прорези по 20 см через 1 м; 3 - тротуар; 4 - основание из гравийного материала

Одной из разновидностей схемы 2 является система поверхностного водоотвода, применяемая на участках невысоких насыпей в Индии [4]. Эта система включает устройство цементобетонных берм, водосливов переменного сечения и открытых откосных лотков треугольного сечения (рис. 6, а). При этом откосы насыпи укрепляются засевом трав, а в нижнем бьефе откосных лотков устраивается бетонный зуб. На затяжных участках с постоянным продольным уклоном возможно устройство водослива с расширенным поперечным сечением и открытого лотка треугольного поперечного сечения, располагаемого на откосе под определенным углом (рис. 6, б).

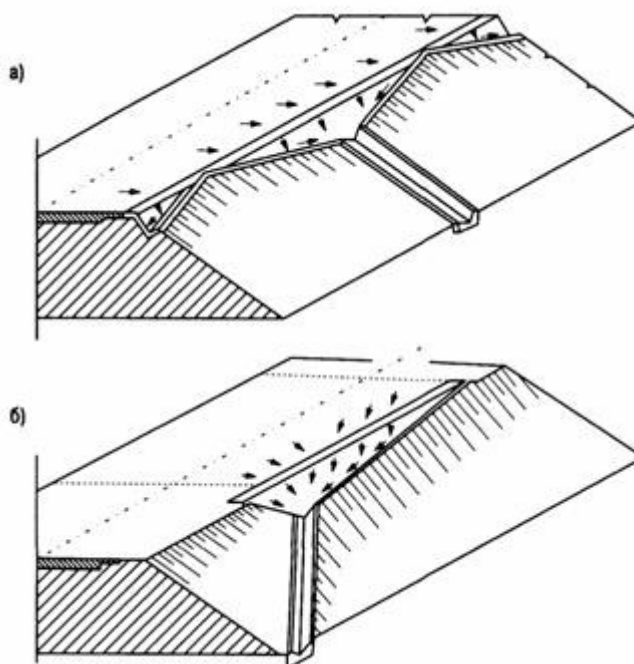


Рис. 6. Система поверхностного водоотвода с устройством откосных лотков треугольного сечения на автомобильной дороге в Индии:

а - переменного сечения; б - с расширенным поперечным сечением

Схема 3. Характеризуется свободным стеканием воды по поверхности проезжей части автомобильной дороги к бордюрам, располагаемым с обеих сторон проезжей части, далее в открытые откосные водосбросные лотки, располагаемые через определенные расстояния друг от друга, затем в водоотводные укрепленные русла, очистные сооружения, закрытую канализацию или на прилегающую территорию. Эта схема получила широкое применение при реконструкции МКАД, на внегородских автомобильных дорогах I - II категорий, городских мостах, путепроводах и улицах, а также дорогах промышленных предприятий (рис. 7).

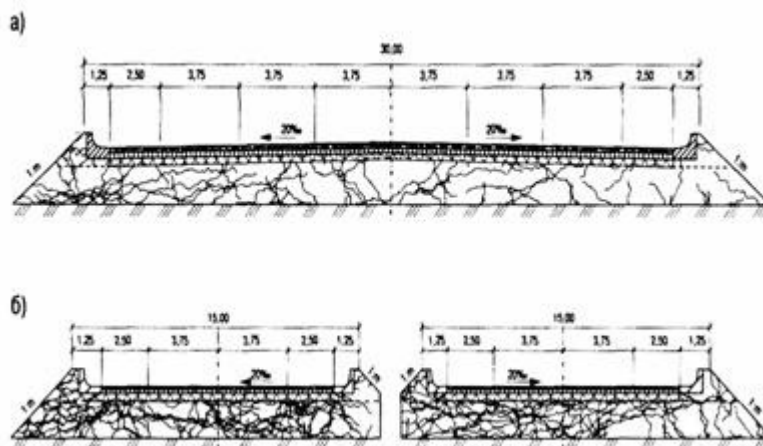
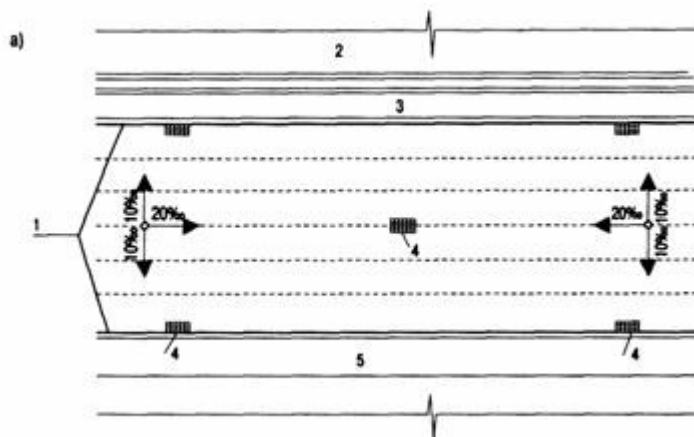


Рис. 7. Система организации поверхностного водоотвода на участках автомобильной дороги Рублево-Успенское шоссе (1998 г.):

a - с шестиполосным движением; *б* - с отдельными проезжими частями

Одной из разновидностей является схема, при которой поверхностные воды, стекающие по проезжей части автомобильной дороги в предбордюрное пространство, сбрасываются в дождеприемные колодцы, далее в закрытую ливневую канализацию и на очистные сооружения. Дождеприемные колодцы располагаются непосредственно у бордюра в плоскости проезжей части или в плоскости бордюра, кроме того, возможно одновременное устройство дождеприемников в плоскости проезжей части и бордюра. Такая схема широко применяется в городах и на участках подходов к путепроводам и мостам.

В городских условиях дождеприемные колодцы располагаются непосредственно в покрытии автомобильной дороги в переломных точках вогнутого продольного профиля и вдоль бордюрного камня (рис. 8, а), а также под тротуарами (рис. 8, б).



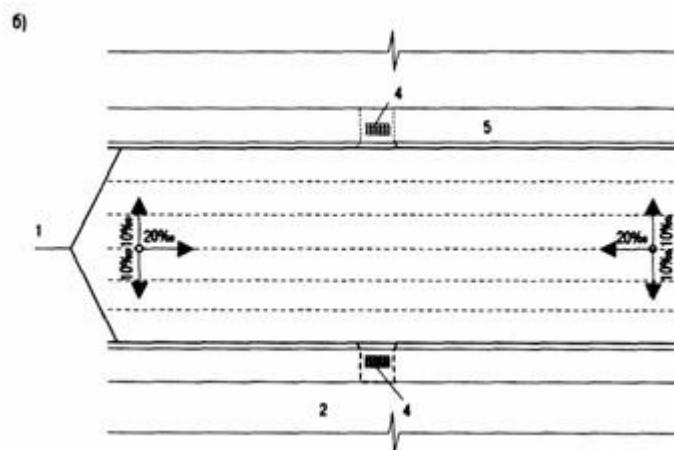


Рис. 8. Система организации поверхностного водоотвода на городских автомобильных дорогах:

а - в Австрии; б - в Германии;

1 - бордюр; 2 - газон; 3 - велосипедная дорожка; 4 - дождеприемный колодец; 5 - тротуар

Зачастую на внегородских дорогах устраивается система поверхностного водоотвода, включающая совместное применение бордюров и укрепленных бетонными плитками кюветов (рис. 9).

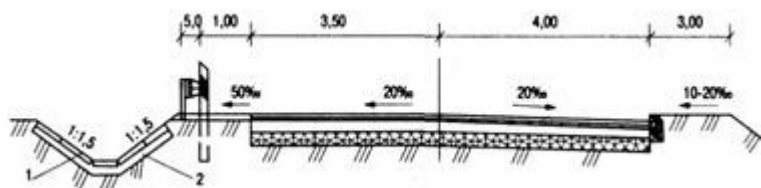


Рис. 9. Система организации поверхностного водоотвода на автомобильной дороге Будапешт - Геделе в Венгрии (1980 г):

1 - бетонная плитка 10×60×10 см; 2 - бетонная подушка

Рассмотренные схемы организации отвода воды с поверхности автомобильных дорог являются основополагающими в практике проектирования и строительства и на их основе разработано огромное количество систем поверхностного водоотвода с различными комбинациями водоотводных конструкций, поэтому их необходимо рассматривать как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих автомобильных дорог и мостовых переходов.

Особое внимание при организации поверхностного водоотвода, согласно этой схеме, следует уделять узлам сопряжения прикромочных и откосных сооружений, участкам входа в откосный лоток, водогасителям в концевой части откосных лотков, укреплению нижнего бьефа откосного водосбросного сооружения и участкам его сопряжения с продольными водоотводными канавами, очистными сооружениями и прилегающей территорией.

В последнее годы все чаще возникает необходимость сопряжения систем поверхностного водоотвода внегородских и городских автомобильных дорог. В случае пересечения дорог в одном уровне наиболее приемлемым является устройство закрытой ливневой канализации, тем не менее, назначение окончательной схемы водоотвода

должно быть согласовано с организациями, проектирующими, строящими и эксплуатирующими внегородские и городские автомобильные дороги.

В процессе проектирования системы водоотвода необходимо предусматривать не только постоянный, но и временный (на период строительства) водоотвод, а также четко определять первоочередность устройства водоотводных конструкций, обеспечивающих отвод воды до начала разработки выемок, котлованов и других сооружений.

При строительстве автомобильных дорог в районах с высокой сейсмичностью и возможностью возникновения толчков силой более 7 баллов по шкале Рихтера следует производить дополнительные расчеты на устойчивость откосов выемок в случае расположения в них водоотводных канав и перепадов; самих водоотводных конструкций; достаточности заглубления упоров фундаментов и зубьев в соответствии с требованиями [5]. Типовые решения водоотводных конструкций, разработанные в Союздорпроекте, рассчитаны на воздействие толчков силой 7 баллов, поэтому дополнительные расчеты для случая возникновения более слабых толчков не требуются.

При строительстве автомобильных дорог капитальность водоотводных сооружений оценивается в зависимости от их предназначения, согласно нормам на проектирование и в соответствии со значениями расчетных вероятностей превышения (ВП) максимальных расходов воды.

Основой расчетов и разработок является выполнение условия, при котором вычисленная величина расхода воды расчетной вероятности превышения должна быть не менее максимальной, наблюдавшейся за рассматриваемый период времени. Это требование особенно важно учитывать при обработке непродолжительных рядов наблюдений (50 лет и менее), при наличии одного или нескольких выдающихся максимумов, а также длительных рядов, не имеющих резко выраженного наибольшего максимума.

Согласно [СНиП 2.05.02-85](#) [2], вероятность превышения расчетных расходов воды при проектировании водоотводных канав и кюветов следует принимать для автомобильных дорог I - II категорий - 2 %, III категории - 3 %, IV - V категорий - 4 %. При проектировании системы поверхностного водоотвода мостов и дорог вероятность превышения рекомендуется принимать для автомобильных дорог I - II категорий - 1 %, III категории - 2 %, IV - V категорий - 3 %.

Применительно к системе поверхностного водоотвода автомобильных дорог эти вероятности превышения лишь косвенно отражают необходимость их учета. В результате отсутствия четких рекомендаций в действующих нормативных документах до настоящего времени проектные организации решают вопрос о назначении ВП по своему усмотрению в каждом конкретном случае. Все это зачастую приводит к устройству неравнопрочных водоотводных конструкций на автомобильных дорогах одной и той же категории.

Назначение различных величин ВП для автомобильных дорог одинаковых категорий и капитальности сооружений приводит к несоответствию технического уровня дорожных объектов нормативным требованиям в случае паводков редкой повторяемости (1 - 2 %) в период эксплуатации автомобильных дорог в зонах с малой вероятностью их возникновения.

Завышение значений расходов при расчете системы поверхностного водоотвода является причиной необоснованных строительных затрат. Напротив, снижение степени

ответственности водоотводных сооружений позволяет уменьшить их строительную стоимость, однако абсолютно не гарантирует устойчивость сооружений при пропуске больших паводков.

Рациональность назначения ВП связана со всеми конструктивными элементами автомобильной дороги: земляным полотном, проезжей частью, разделительной полосой, водоотводными сооружениями и определяет условия безопасности движения транспортных средств по дороге, а также ее устойчивость под воздействием гидрометеорологических факторов. Следовательно, критерии вероятности превышения необходимо назначать в строгом соответствии со степенью ответственности возводимых объектов и сооружений на основании требований действующих нормативных и отраслевых руководящих документов.

В случае защиты от подтопления поверхностным стоком особо ответственных объектов непрерывного действия (котельных, населенных пунктов, очистных сооружений, энергетических комплексов и др.) капитальность водосборных и водоотводных сооружений следует устанавливать такой же, как и у защищаемых объектов.

3. ОСОБЕННОСТИ ОТВОДА ВОДЫ С ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС, ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК, ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ И ПОДТОПЛЯЕМЫХ НАСЫПЕЙ

Отвод поверхностных стоков с разделительных полос, транспортных развязок, испытательных полигонов и подтопляемых насыпей характеризуется рядом особенностей, которые обусловлены различными очертаниями поверхностей стекания в плане, наличием замкнутых площадей стекания и съездов с большими продольными и поперечными уклонами, примыканием к городской территории и т.п.

На автомагистралях необходимо дополнительно обеспечивать отвод поверхностных вод с разделительной полосы и их вывод за пределы земляного полотна. Принципы организации поверхностного водоотвода с разделительных полос подробно рассмотрены в работе [\[6\]](#).

Система отвода воды с поверхности транспортных развязок и съездов включает обеспечение беспрепятственного стока воды по покрытию проезжей части за счет придания ему соответствующих продольных уклонов, укрепление обочин и устройство водосборных лотков, располагаемых на откосах насыпи через определенные расстояния.

В том случае, когда съезды транспортных развязок проходят в насыпях и поверхность между съездами сохраняется в естественном состоянии, для отвода воды в пониженных точках замкнутых площадей устанавливаются водопропускные трубы. Допускается не устанавливать водопропускные трубы при малых площадях водосбора в пределах развязок в том случае, когда обеспечивается достаточная фильтрация поверхностного стока в грунт на основании соответствующих расчетов.

При устройстве транспортных развязок в выемках и сохранении естественного состояния площадей съездов система водоотвода включает устройство кюветов, водоперепускных лотков и труб.

Когда транспортная развязка примыкает к городской застройке, следует устраивать закрытую ливневую канализацию, при необходимости сопрягая ее с существующей системой водоотвода. Местоположение дождеприемных колодцев и закрытых водостоков необходимо согласовывать с возможностью подключения к имеющейся водоотводной сети и с учетом ее пропускной способности.

Перед началом работ по реконструкции существующей системы водоотвода необходимо произвести комплекс гидравлических расчетов. В случае переустройства существующей водоотводной системы при строительстве или реконструкции автомобильной дороги в зоне, примыкающей к жилой застройке, гидрологические и гидравлические расчеты следует производить с учетом дополнительного пропуска поверхностного стока с жилой территории и условий его регулирования применительно к расчетной вероятности превышения.

Особое внимание следует уделять вопросам проработки систем организации водоотвода с поверхности мостов и путепроводов.

Водоотвод с поверхности мостов и путепроводов обеспечивается системой продольных и поперечных уклонов. Наиболее целесообразными являются продольные уклоны не менее 5‰ и поперечные уклоны не менее 15 - 20‰.

В настоящее время применяются две основные схемы организации водоотвода с проезжей части мостов и путепроводов.

Схема, применяемая на мостах и путепроводах с числом полос движения не более шести, предусматривает сбор поверхностных стоков вдоль тротуаров с последующим сбросом в откосные лотки на подмостовых конусах или закрытую ливневую канализацию.

Вторая схема, применяемая на больших мостах и путепроводах со значительной шириной проезжей части, включает систему отвода воды с помощью поперечных выпусков через водоотводные трубки и тротуарные блоки под мост или путепровод, а в ряде случаев через дождеприемные колодцы с последующим сбросом в ливневую сеть.

Схема организации водоотвода назначается в каждом конкретном случае индивидуально, а количество поверхностного стока, размеры и местоположение водоотводных сооружений определяются расчетом.

При расходах воды, стекающей с поверхности мостов и путепроводов, менее или равной $0,041 \text{ м}^3/\text{с}$, на откосах устанавливаются малые телескопические лотки Б-6. При расходах воды более $0,041 \text{ м}^3/\text{с}$ выбираются иные размеры конструкций откосных лотков, определяемые расчетным расходом поверхностного стока.

В случае организации системы водоотвода на мостах и путепроводах с отдельными проезжими частями, а также при строительстве автомобильных дорог в непосредственной близости от водотоков отвод поверхностных вод осуществляется вдоль проезжей части с последующим их сбросом в откосные водосбросные лотки.

При пересечении железных или автомобильных дорог высоких категорий, во избежание попадания воды и загрязнения проезжей части дорог, располагаемых уровнем ниже, целесообразно сбрасывать поверхностные стоки с городских мостов или путепроводов в ливневую канализацию. В ряде случаев поверхностные воды отводятся специальными водоотводными желобами на разделительную полосу, в кюветы либо в дожде -приемные колодцы закрытой водоотводной сети.

В районах паводкового подтопления необходимо обеспечивать устойчивость подмостовых конусов и водосбросных лотков, расположенных на подмостовых откосах между мостами под отдельные проезжие части автомобильных дорог.

Независимо от типа укрепления откосов подтопляемых насыпей всегда возникает необходимость отвода воды, собирающейся на поверхности автомобильной дороги, через укрепляемые откосы подтопляемых насыпей. При этом сброс воды осуществляется на укрепленный откос без устройства откосных лотков, либо на откосе подтопляемой насыпи устраивается откосный лоток. Оба этих решения предусматривают организованный сбор и сброс воды через определенные расстояния на откос или в откосные водосбросные лотки.

В местах организованного сброса поверхностных вод возникают значительные скорости течения воды, что указывает на необходимость укрепления откосов цементобетоном и железобетоном. Однако и в случае укрепления откосов зачастую в результате проникания стекающей воды под укрепление имеют место размывы подстилающего слоя и деформации покрытий откосов. Деформации укреплений возникают в случае равномерного стекания воды с поверхности дороги по откосам, что особенно проявляется в районах с большим количеством ливневых осадков и при устройстве комбинированного укрепления, когда в нижней части подтопляемого откоса устраиваются габионы, бетонные плиты, а верхняя часть укреплена засевом трав.

Конструкция водоотводных лотков на откосах подтопляемых насыпей назначается с учетом разрушающих воздействий речного потока (судовых и ветровых волн, скорости течения вдоль насыпи, ледохода, карчехода, размывов у подошвы насыпей). Одним из таких существенных требований является необходимость устройства откосных лотков при сохранении прочности конструкции укрепления. При этом конструкция лотков должна быть единым целым с принятым укреплением и не являться источником его разрушения. На основании этого чаще всего наиболее пригодны откосные лотки, устраиваемые из монолитного бетона.

В концевой части откосных лотков на подтопляемых насыпях необходимо устраивать гасители водной энергии потока и стенки против размыва паводковыми водами. На высоких пойменных насыпях на неподтопляемых участках откосов допускается применение типовых телескопических лотков с выводом воды из них на укрепленные подтопляемые участки откосов.

Для уменьшения объема притока дождевых вод на подтопляемые откосы поверхности регуляционных сооружений можно придавать уклон в сторону неподтопляемого откоса, а при использовании грушевидных дамб - во внутреннюю их сторону с последующим выводом воды лотками, устраиваемыми в местах сопряжения откосов дороги и дамбы.

При устройстве регуляционных дамб значительной протяженности, примыкающих к незатопляемым берегам и предохраняющих от размывов береговую линию, поверхностные воды сбрасываются вдоль подошвы насыпей подходов непосредственно в русло водотока по откосу регуляционной дамбы.

При этом вдоль подошвы насыпи на основании гидравлических расчетов устраивается укрепленный цементобетоном водосбросной лоток, водопрopusкная способность которого рассчитывается, исходя из притока дождевой воды, стекающей с поверхности автомобильной дороги, регулиционных сооружений и прилегающей местности.

Выпуск воды с поверхности регулиционных грушевидных дамб или дамб иной замкнутой формы, примыкающих к насыпи подхода или берегу, производится с помощью круглой трубы малого диаметра; разрыва в регулиционной дамбе; задержания воды в замкнутой котловине за счет испарения и фильтрации в почвогрунты. Выбор и назначение того или иного решения необходимо обосновывать соответствующими расчетами, а также экономической и экологической целесообразностью.

Водосбросные откосные лотки на пойменных насыпях при наличии регулиционных траверс целесообразно размещать в местах с замедленными скоростями течения, находящимися под защитой регулиционных траверс, т.е. непосредственно за ними.

При необходимости концентрации поверхностного стока малого объема к одному водопрopusкному сооружению производится полная или частичная переброска поверхностного стока в соседние водосборы.

На участках высоких насыпей, подходах к мостам и путепроводам, ограниченными двусторонними выемками, эффективнее переводить сброс поверхностных вод из водоотводных канав и прикромочных лотков не в сторону подтопленного откоса и берегов водотока, а на низовую сторону, устраивая закрытые перепуски через дорогу в начале и в конце насыпи и закрытые ливневые сети под прикромочной полосой или обочиной. Подобная переброска поверхностного стока с верховой стороны на низовую позволяет собирать воду лишь в двух водосборных лотках, тем самым устраняя необходимость рассредоточения водоотводных сооружений и уменьшая занятость земель. Рассмотренное решение возможно использовать также в том случае, когда сброс поверхностных вод приводит к заболачиванию прилегающей к дороге территории.

При устройстве испытательных полигонов и треков применяется схема организации поверхностного водоотвода, которая назначается с учетом местоположения всего комплекса испытательных сооружений и конструкций, а также с учетом рельефа местности, расположения водотоков и водоемов.

В связи с большой насыщенностью небольших территорий автодромов дорожными объектами и многочисленными пересечениями дорог в разных уровнях, водоотводные сооружения следует проектировать с особой тщательностью.

Для организации сброса воды из водоотводных сооружений используются понижения рельефа, лога, водотоки и озера, находящиеся на территории автодромов и вблизи испытательных треков.

Дороги, предназначенные для испытаний различных типов автомобилей, условий и режимов их работы отличаются от внегородских и городских автомобильных дорог как по типу покрытий, так и по расположению в плане, поперечному и продольному профилям. Для таких дорог характерны динамометрические, разворотные петли, затопляемость, автотреки с виражами криволинейного очертания в поперечном профиле, поэтому схема организации поверхностного водоотвода на этих дорогах определяется общей схемой испытательного трека или автодрома.

Отвод воды из замкнутой котловины автотрека производится с помощью водопропускной трубы, как правило, малого диаметра 0,5 - 0,75 м, местоположение которой устанавливается в зависимости от особенностей рельефа местности и расположения смежных объектов. При небольших объемах стока в районах с засушливым климатом и при наличии хорошо дренирующих грунтов вместо водопропускных труб допускается устройство испарительных бассейнов.

При исследовании эксплуатационных характеристик автомобилей возникает необходимость устройства участков дорог глубокого (до 2 м) и неглубокого (до 0,3 м) затопления с автономными выездами и заездами на них. В этом случае требуется устройство двух водопропускных сооружений для перепуска воды из одного замкнутого пространства в другое и выпуска воды за пределы дороги. Кроме того, для беспрепятственного стока к водопропускным сооружениям необходимо выполнять вертикальную планировку поверхности.

Большие сложности при назначении схемы поверхностного водоотвода возникают при проектировании заводских автотреков, для которых характерна компактность расположения дорожных сооружений на небольшой территории. В этом случае устраивается комбинированная система водоотвода, включающая ливневую канализацию и наземные водоотводные сооружения. Проект ливневой канализации при этом должен включать результаты оценки притока поверхностных вод расчетной ВП; гидравлические расчеты коллекторов с определением их водопропускной способности, схемы сечений и типов труб; план расположения всего комплекса водоотводных, водосборных и водосбросных сооружений; продольные профили коллекторов и подключений к ним водоотводов; таблицы с расчетными данными дляждеприемных колодцев; детали стыков и укладки труб на искусственное основание; конструктивные схемы водопровода для поливочных целей. Подобная схема была разработана в 1969 - 1970 гг. в Союздорпроекте и успешно применена в г. Тольятти на испытательном автотреке ВАЗа.

При отводе поверхностных вод с проезжей части криволинейных виражей на кольцевых дорогах вдоль подошвы внутреннего откоса рекомендуется применять прямоугольный лоток с железобетонной решеткой, закрывающей его сверху, предусматривая возможность наезда автомобилей на решетку. Из этих прямоугольных лотков вода поступает вдоль подошвы виража вждеприемные колодцы.

Перед началом строительства автотрека разрабатывается проект временного предпостроечного водоотвода, в состав которого входят определение временных водоразделов, направления стока, рациональное местоположение и количество открытых водоотводных канав, их водопропускная способность; план предпостроечного водоотвода; поперечные сечения территории в нулевом цикле; обоснование схемы водоотвода с территории автотрека за пределы стройплощадки и определение объемов строительных работ.

Существует две схемы организации временного водоотвода: придание строительной площадке двускатного поперечного профиля с уклоном к продольным границам автотрека и устройством двух водосборных канав; рассечение строительной площадки несколькими поперечными водоотводными канавами и создание между ними искусственных водоразделов с наклонными поверхностями стекания.

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СООРУЖЕНИЯ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

Согласно [схеме 1](#), отвод поверхностного стока с проезжей части автомобильных дорог производится по обочинам и откосам земляного полотна в кюветы, водоотводные каналы и резервы.

Во избежание проникания воды в нижележащие конструктивные слои дорожной одежды необходимо обеспечивать своевременный отвод воды с поверхности обочин. Это достигается устройством поперечного уклона обочин, величина которого регламентирована в нормативных документах, и укреплением, что позволяет практически полностью исключить деформации поверхности от заезда транспортных средств и фильтрацию поверхностных вод в дорожное полотно.

Объем фильтрации воды в слои дорожной одежды зависит не только от ширины и уклона обочины, но также от количества ливневых осадков в районе проложения автомобильной дороги и фильтрационной способности материалов укрепления обочин. Широкое практическое применение получили укрепление обочин засевом трав, фракционированным щебнем, черным щебнем.

Наиболее благоприятным решением с целью обеспечения устойчивости всей дорожной конструкции является устройство обочин с укреплением на всю ширину по типу основной проезжей части, однако оптимальную конструкцию укрепления необходимо назначать на основе результатов технико-экономического сравнения различных вариантов конструкций укреплений и наличия местных материалов в районе строительства.

Разрушающему воздействию стекающих поверхностных вод и дождевых осадков подвержены не только обочины, но и откосы земляного полотна автомобильной дороги. Для защиты откосов от разрушения производится их укрепление засевом трав, тяжелыми грунтами, органическими вяжущими, сборными бетонными конструкциями, габионами, конструкциями с применением георешетки и т.д. [7, 8].

Область применения различных способов укрепления обочин и откосов земляного полотна автомобильных дорог регламентируется типовыми проектными решениями, требованиями нормативных документов и методическими рекомендациями, которые учитывают целесообразность и эффективность применяемого укрепления в конкретном районе строительства.

Поверхностные воды, притекающие к подошве откосов дорожного полотна, в случае прохождения автомобильной дороги в насыпях и полунасыпях предусматривается отводить кюветами, лотками, продольными и поперечными водоотводными канавами, осушительными канавами или резервами; в выемках и полувыемках - кюветами или лотками. Отвод поверхностных вод с прилегающих к насыпям и полунасыпям склонов и откосов выемок и полувыемок осуществляется водоотводными нагорными и

забанкетными канавами, испарительными бассейнами, поглощающими колодцами, закрытой ливневой канализацией и водоперепускными трубами.

Поверхностные воды, стекающие с покрытия проезжей части автомобильной дороги, обочин и откосов, аккумулируются у подошвы дорожного полотна, затем по укрепленным руслам сбрасываются на очистные сооружения и далее - в пониженные места рельефа, имеющие выход в речную систему или к пересекаемым логам и водотокам, входным и выходным руслам водопропускных сооружений.

Выпуск воды из водоотводных канав, кюветов и лотков в пониженные места рельефа местности допускается при условии, что это не вызовет заболачивания местности и застоя воды у прилегающего земляного полотна. В случае пересечения водоотводными сооружениями территории, где инфильтрация поверхностного стока в грунт угрожает устойчивости откосов выемок, основания земляного полотна и прилегающей к нему территории водоотводные канавы, кюветы, лотки и резервы рекомендуется устраивать с соответствующей гидроизоляцией, а поверхность слоя гидроизоляции укреплять от размыва и разрушения с учетом гидравлических характеристик потока.

Расчетные параметры водоотводных канав и сооружений рекомендуется назначать не менее нормативных значений, однако необходимо учитывать конкретные проектные параметры земляного полотна и рельеф местности.

Как правило, кюветы устраиваются с поперечным сечением трапецеидальной формы, однако в ряде случаев допускается устраивать кюветы треугольного и прямоугольного сечения. Минимальное сечение кюветов рекомендуется проверять на пропуск расчетного расхода воды и при необходимости увеличивать его размеры за счет углубления при сохранении минимальной ширины по дну.

Проектирование водоотводных канав осуществляется в следующем порядке: на основании результатов изысканий и, исходя из типа, свойств и состояния грунтов, притока поверхностных вод, выбирается наиболее рациональное поперечное сечение канавы; производится гидравлический расчет канавы; назначаются наиболее экономически и экологически целесообразные продольные уклоны и соответствующие им скорости течения воды; в соответствии с расчетными скоростями течения воды назначаются типы укрепления дна и откосов канав на различных участках их продольного профиля. При значительных скоростях течения воды в канавах дополнительно прорабатывается вопрос о конструкциях водогасящих устройств и типах укрепления выходных участков канав.

Оптимальные продольные уклоны канав назначаются, исходя из условия протекания воды, скорость которой не превышает величину неразмывающей скорости для данного грунта. Зачастую рельеф местности не позволяет выдерживать продольный уклон, не требующий укрепления канавы, поэтому в таких случаях рекомендуется устраивать короткие участки с максимально допустимыми уклонами и соответствующим укреплением, а между ними - вставки с продольными уклонами, значения которых не требуют применения укреплений. Для продольных канав, не имеющих укрепления, скорость течения воды по условиям предотвращения заиливания должна приниматься не менее 0,3 м/с.

Согласно нормативным требованиям [2], дно водоотводных канав должно иметь продольный уклон не менее 5‰, в исключительных случаях - не менее 3‰. Водоотводные канавы выемок рекомендуется устраивать с продольными уклонами, величины которых

равны продольным уклонам оси земляного полотна. В том случае, если продольные уклоны автомобильной дороги в выемке составляют значения менее 2‰, кюветы устраиваются с продольными уклонами не менее 2‰ с выпуском воды в одну или обе стороны выемки.

Конструкции укреплений водоотводных канав и кюветов должны обеспечивать необходимую прочность, устойчивость всей дорожной конструкции и удобство при содержании в период эксплуатации. Кроме того, укрепление необходимо производить в строгом соответствии с типовыми конструкциями и нормативными требованиями, а также с учетом максимального использования местных материалов и механизмов.

Практическое применение получили типовые конструкции укреплений водоотводных канав щебнем с засевом трав на откосах (рис. 10, а), сборными бетонными плитами (рис. 10, б), кюветными сборными лотками, торкретбетоном, монолитным бетоном, бетонными сегментами (рис. 10, в), асфальтобетонными плитами и песчаным асфальтобетоном.

а)



б)



в)



Рис. 10. Типы укрепений кюветов и водоотводных канав:

***а* - щебнем и засевом трав; *б* - сборными бетонными плитами; *в* - бетонными сегментами**

Укрепление водоотводных канав щебнем слоем 8 - 10 см с засевом многолетних трав на откосах применяется в районах с умеренным и влажным климатом при скорости течения воды в канаве не более 1 м/с. В случае, когда скорость течения воды в канаве не превышает значение 0,5 м/с, допускается укрепление дна водоотводных канав засевом трав.

Сборные бетонные плиты используются для укрепления водоотводных и нагорных канав, а также кюветов при скоростях течения воды до 3,5 м/с. Они изготавливаются в заводских условиях и имеют прямоугольную форму со следующими! размерами: для укрепления откосов крутизной 1:1,5 и дна водоотводных канав - 0,69×1,05×0,08 м; для укрепления откосов крутизной 1:1 и дна кюветов - 0,49×0,85×0,08 м.

При скорости течения воды не более 2 м/с поверхности дна и откосов кюветов укрепляются торкретбетоном. Укрепление торкретбетоном не допускается в условиях пылеватых и лессовидных суглинков, пучинистых, засоленных и малоустойчивых грунтов, а также на оползневых участках, в условиях сурового климата и агрессивной среды. Данный тип укрепления обладает малой несущей способностью и требует предварительного тщательного выравнивания укрепляемой поверхности.

В районах строительства с благоприятными климатическими, гидрологическими и геологическими условиями для укрепления откосов и дна водоотводных канав при скорости течения воды в них до 3,5 м/с применяется монолитный бетон, однако подобный способ укрепления является достаточно трудоемким.

. В зарубежных странах широкое использование получило укрепление водоотводных канав бетонными плитами, изготавливаемыми в заводских условиях и имеющими форму трубчатого сегмента толщиной 7 - 8 см, хорда которого равна 100 см.

В прежние годы в качестве укреплений кюветов, нагорных и водоотводных канав на опытных участках применялись асфальтобетонные плиты, однако они не получили дальнейшего широкого практического использования из-за повышенного трещинообразования, дефицита битума и необходимости применения при их приготовлении канцерогенных веществ (дегтя, жировых гудронов и т.п.).

В Московской области на пойменных участках до настоящего времени применяется укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог и резервов песчаным асфальтобетоном. Подобная конструкция является водонепроницаемой и по своим характеристикам в условиях подтопления превосходит укрепление из сборных бетонных плит.

Кроме вышеуказанных способов укреплений водоотводных, нагорных канав и кюветов применяются лотки-желобы, железобетонные прямоугольные и рамные лотки, длинномерные телескопические лотки, которые являются сборными и изготавливаются в заводских условиях. Эти конструкции рекомендуется применять в том случае, когда в районе строительства автомобильной дороги преобладают слабые, водонасыщенные грунты; необходимость увеличения поперечных размеров кюветов приводит к значительному объему земляных работ; автомобильная дорога I - II категорий проходит в насыпи высотой более 4 м с затяжным продольным уклоном более 30‰, а также в пониженных точках вогнутых кривых продольного профиля; автомобильная дорога проходит через населенные пункты; необходимы перехват и понижение уровня грунтовых вод.

Не допускается применение открытых лотков в качестве укреплений водоотводных канав в пылеватых грунтах в условиях сурового климата из-за возможности их быстрой разрушения в результате многократного сезонного промерзания и оттаивания.

Сбор поверхностных вод, согласно [схеме 2](#), осуществляется в открытые прикромочные лотки, которые устраиваются на стыке кромки проезжей части и обочины, при этом обочине придается уклон в сторону проезжей части. Прикромочные лотки выполняются монолитными или из сборных элементов различного поперечного сечения.

Наибольшее распространение на территории России получили типовые сборные прикромочные лотки треугольного поперечного сечения, разработанные в Союздорпроекте (рис. 11 а, б).

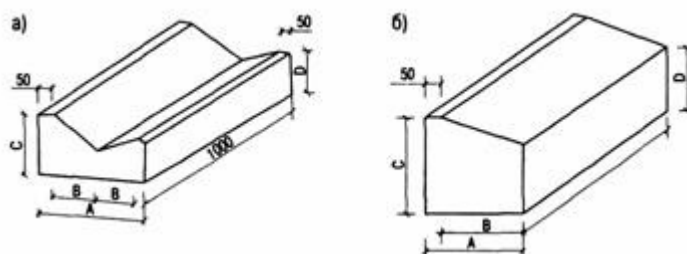
Для удобства установки в процессе строительства в ряде случаев выпускаются прикромочные лотки треугольного поперечного сечения с выступами (рис. 11, в).

Кроме типовых прикромочных конструкций, на автомобильных дорогах применяются водосборные лотки эллипсоидного (рис. 11, г), круглого (рис. 11, д, е), трапециевидального (см. рис. 5, б) и прямоугольного поперечных сечений (см. рис. 5, а).

В ряде случаев для повышения пропускной способности в прикромочных лотках через определенные расстояния устанавливаются дождеприемные колодцы, однако такой способ организации поверхностного водоотвода не получил широкого практического применения на территории России из-за трудоемкости содержания в эксплуатационный период. Подобным недостатком содержания обладает и прикромочный щелевой закрытый водосборный лоток круглого поперечного сечения, использование которого распространено в ряде зарубежных стран.

Широкое применение на зарубежных автомобильных дорогах получил метод устройства асфальтобетонных водоотводных лотков одновременно с укладкой покрытия проезжей части. Лоток шириной 75 см и глубиной 5 см устраивается с помощью асфальтоукладчика, оборудованного дополнительными трамбуемым и вибрационным брусками соответствующего профиля.

В соответствии со [схемой 3](#), поверхностные воды с покрытия аккумулируются в предбордюрном пространстве, образуемом на стыке кромки проезжей части и бордюрного камня. Форма поперечного сечения предбордюрного пространства определяется поперечным профилем проезжей части и в большинстве случаев имеет треугольное, реже - криволинейное очертание.



Марка блока	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм
Б-1-24-100	1000	450	290	240
Б-1-22-75	750	325	270	220
Б-1-20-75	750	325	250	200
Б-1-20-50	500	200	250	200
Б-1-18-50	500	200	230	180

Марка блока	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм
Б-2-22-40	375	325	220	180
Б-2-20-40	375	325	200	160
Б-2-20-50	250	200	200	160
Б-2-18-25	250	200	180	140

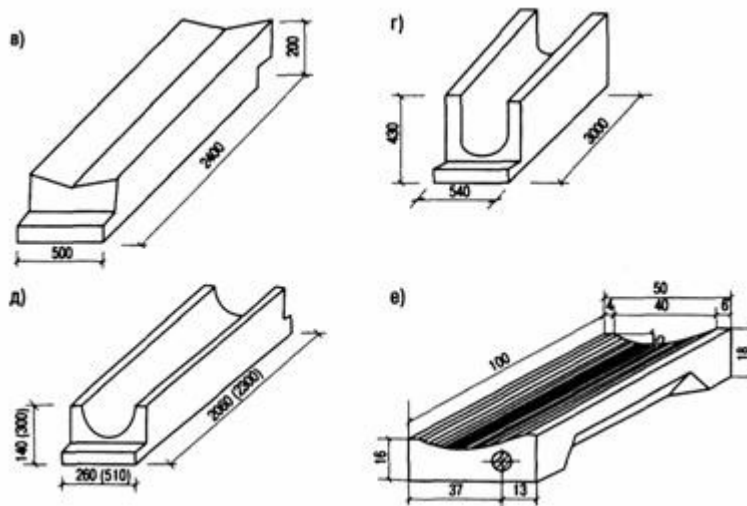


Рис. 11. Прикромочные водосборные лотки:

а, б - типовые блоки, разработанные в Союздорпроекте, и их типоразмеры; в - с выступами; г - эллипсоидного поперечного сечения; д - круглого поперечного сечения; е - круглого поперечного сечения, разработанный в Союздорпроекте

Для обеспечения своевременного отвода поверхностных стоков проезжей части необходимо придавать как можно больший поперечный уклон, учитывая условия безопасности движения транспортных средств. В случае невозможности выполнения этого условия поперечный уклон целесообразно увеличивать непосредственно у бордюра на ширине 1 - 1,5 м, придавая сечению предбордюрного пространства полигональное очертание.

В России широкое практическое применение на магистральных автомобильных дорогах, МКАД и городских улицах получили цементобетонные бордюры (рис. 12) длиной 1 и 3 м, устанавливаемые на бетонное основание.

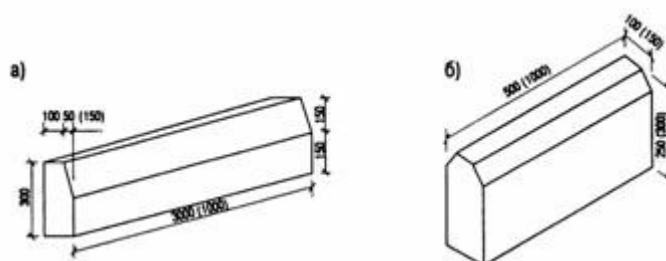


Рис. 12. Типовые (а, б) бордюрные блоки

В ряде зарубежных стран установка бордюрного камня на автомобильных дорогах производится на бетонное основание с обязательным устройством упора из двух рядов силикатного кирпича. В некоторых случаях для дополнительной защиты участка стыка проезжей части и бордюрного камня от разрушения предбордюрное пространство выполняется из клинкера.

В последние годы в Германии на автомобильных дорогах часто устраиваются водонаправляющие бордюры высотой 12 - 15 см плавного поперечного профиля, выполненные из асфальтобетонной смеси определенного состава [9].

На рис. 13 представлены цементобетонные и асфальтобетонные бордюры, бордюры-лотки и борта на обочинах, применяемые на автомобильных дорогах в ряде зарубежных стран. Зачастую при реконструкции автомобильной дороги с цементобетонным покрытием требуется устройство нового асфальтобетонного покрытия и системы поверхностного водоотвода. В этом случае в существующее цементобетонное покрытие устанавливаются стержни арматуры и устраивается монолитный бордюр (рис. 14).

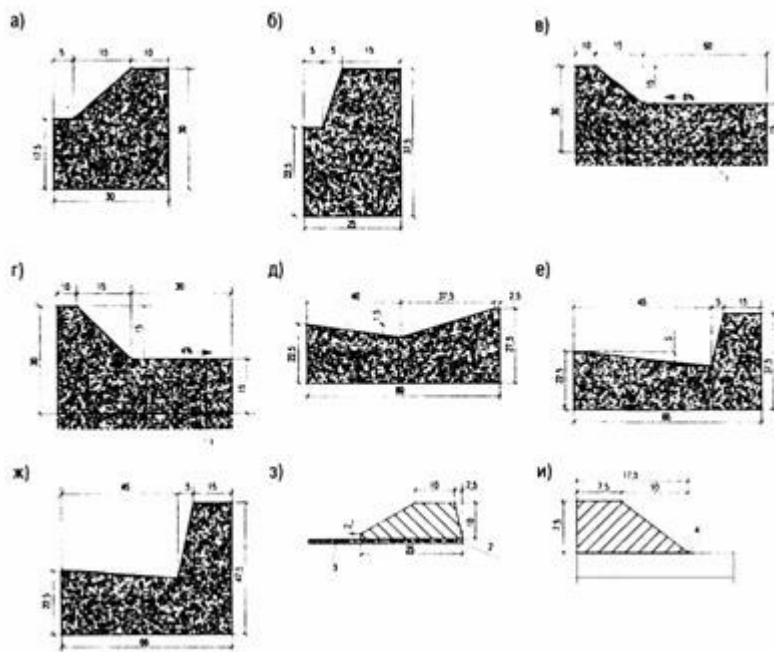


Рис. 13. Бордюры и бордюры-лотки, применяемые в зарубежных странах:

а, б, в, г - цементобетонные бордюры; д, е, ж - цементобетонные бордюры-лотки; з, и - асфальтобетонные бордюры; 1 - песчаная подушка; 2 - откос; 3 - покрытие обочины; 4 - край покрытия

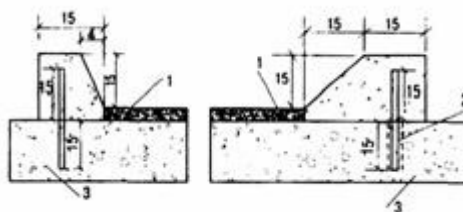


Рис. 14. Монолитный бордюр; 1 - новое покрытие; 2 – стержень арматуры; 3 - существующее бетонное покрытие

На отдельных участках МКАД при реконструкции была установлена новая система сбора и отвода поверхностных стоков с проезжей части, включающая парапетное ограждение на обочине и длинномерные телескопические лотки Б-7 (рис. 15).

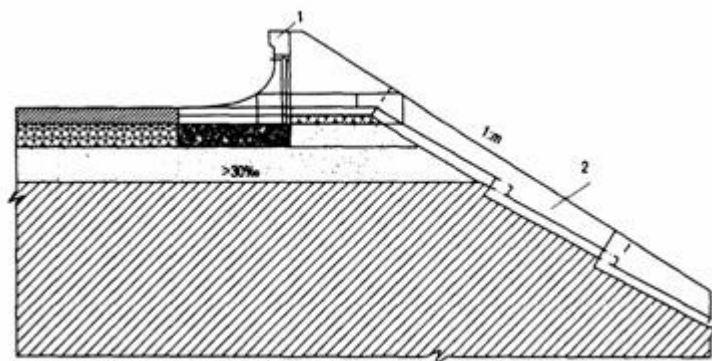


Рис. 15. Система сбора и отвода поверхностных вод на МКАД, включающая парапетное ограждение на обочине и открытые телескопические лотки Б-7 (1999 г.): 1 - парапетное ограждение; 2 - телескопический лоток Б- 7

Для увеличения скорости отвода воды с поверхности покрытия в настоящее время как в России, так и за рубежом на автомагистралях, подходах к мостам и путепроводам, а также городских улицах широко применяются подземные ливневые стоки с отводом воды за пределы земляного полотна. Существуют три типа дождеприемных колодцев: с горизонтальным отверстием (рис. 16, а), вертикальным отверстием (рис. 16, б) и комбинированный тип (рис. 16, в). На внегородских автомобильных дорогах устанавливаются дождеприемные колодцы с горизонтальным отверстием, а в городских условиях находят применение все три типа дождеприемников. Типы дождеприемных решеток назначаются в соответствии с требованиями [ГОСТ 26008-83](#) [ГОСТ 26008-83](#). Дождеприемные решетки. - М.: Изд-во стандартов, 1983.">[10].

Решающую роль в своевременности отвода поверхностных стоков при такой схеме организации водоотвода выполняют пропускная способность дождеприемных колодцев и правильность их установки через определенные расстояния друг от друга.

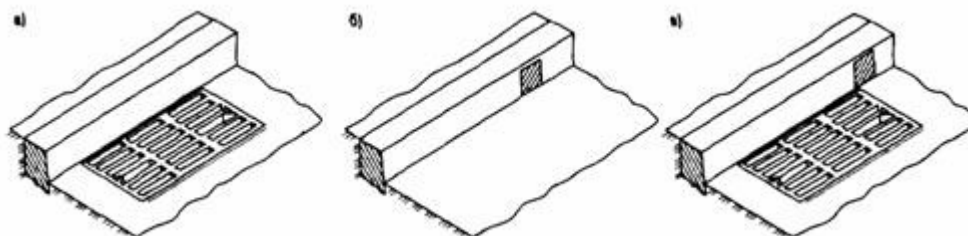


Рис. 16. Типы дождеприемных колодцев: а - с горизонтальным отверстием; б - с вертикальным отверстием; в - комбинированный

В последнее время в зарубежных странах ведутся исследования и разрабатываются новые типы дождеприемных колодцев и решеток, которые обладают не только повышенной пропускной способностью, но и высокой износостойкостью. Так, в Германии в 2000 г. была разработана решетка дождеприемного колодца, предназначенная для автомобильных дорог и тротуаров и выполненная из нержавеющей стали [11]. Данная решетка имеет углы из износостойкой пластмассы, что значительно снижает уровень шума при наезде на нее автомобиля, обладает хорошей пропускной способностью и повышенной коррозионной стойкостью (рис. 17).

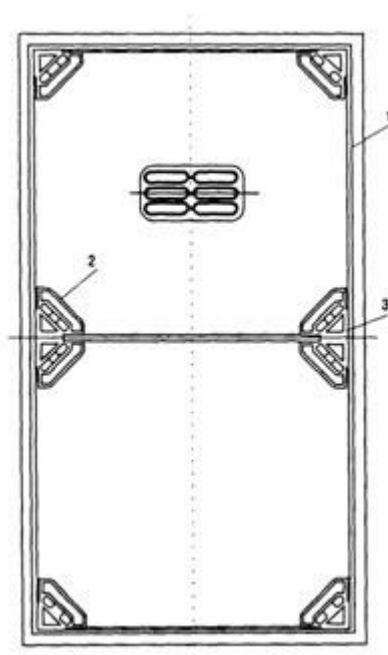


Рис. 17. Дождеприемная решетка, разработанная в Германии (2000 г.):

1 - битумная мастика или бетон; 2 - углы из пластмассы; 3 - рамка

В середине поверхности дождеприемной решетки предусматривается размещать вентиляционную прямоугольную решетку, которая изготавливается из высокопрочных пластмасс, армированных стекловолокном.

В 1997 г. в США была разработана крышка дождеприемного колодца, имеющая различные уклоны отдельных частей ее поверхности [12]. Крышка на внешней стороне имеет выступы, расположенные через определенные расстояния друг от друга под углом, что не только обеспечивает быстрый отвод поверхностных стоков в дождеприемный колодец, но и снижает уровень шума, а также увеличивает коэффициент сцепления.

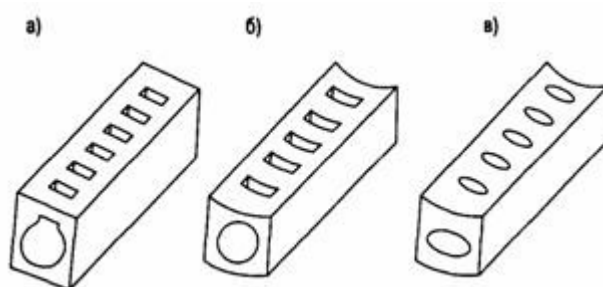


Рис. 18. Железобетонные водоотводные блоки (а, б, в) различных модификаций

На автомобильных дорогах Великобритании применяются водоотводные железобетонные блоки в форме параллелепипеда с внутренним продольным каналом и отверстиями, выходящими на верхнюю плоскость блока [13]. Канал и отверстия могут иметь различные очертания: прямоугольные, круглые, эллиптические или ромбические (рис. 18). Железобетонные блоки укладываются вдоль кромки проезжей части рядом с бортовым камнем заподлицо с покрытием. В пониженных переломных точках продольного профиля поток воды отводится в сторону от автомобильной дороги. Кроме того, широкое применение в системе водоотвода на территории Великобритании получили пустотелые сборные бордюрные блоки [14, 15], устанавливаемые на бетонное основание (рис. 19).

Сброс поверхностных стоков из прикромочных водосборных лотков и предбордюрного пространства в пониженные места и очистные сооружения осуществляется с помощью водосборных лотков, располагаемых на откосе земляного полотна через определенные расстояния. Схема устройства сопряжения откосных и прикромочных сооружений в плане назначается в зависимости от продольных уклонов - встречных или уклонов одного знака.

На территории России для поперечного сброса поверхностных стоков с автомобильных дорог применялись и применяются типовые открытые сборные железобетонные телескопические лотки Б-6 и Б-7 трапециевидального поперечного сечения, разработанные в Союздорпроекте (рис. 20, а). На рис. 20, б представлена конструкция водосборного телескопического лотка из стеклофибробетона, примененная при реконструкции МКАД [16].

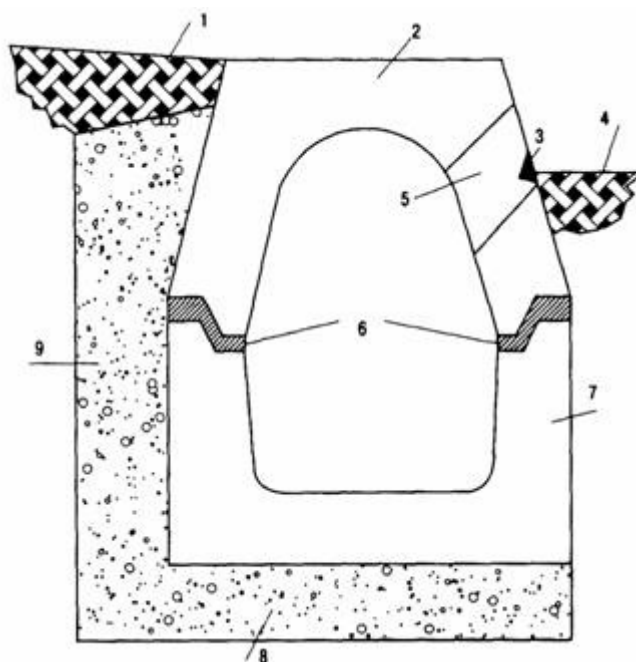
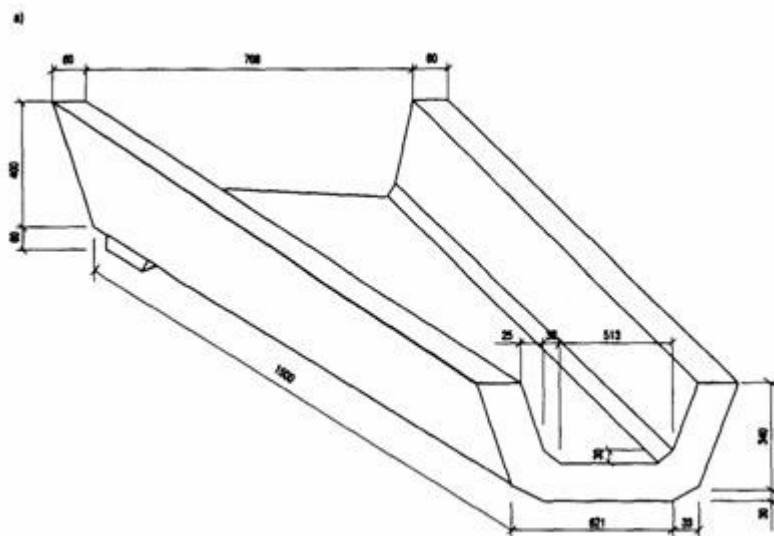


Рис. 19. Пустотелый сборный бордюрный блок:

1 - тротуар; 2 - съемная верхняя часть блока; 3 - отверстие для пропуска воды; 4 - проезжая часть; 5 - участок миграции воды; 6 - цементный раствор; 7 - стенка бордюрного блока; 8 - бетонное основание; 9 - цементобетон



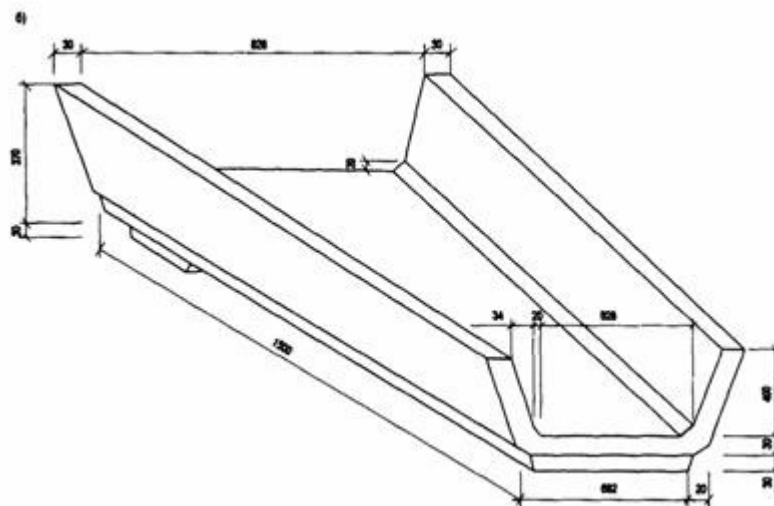


Рис. 20. Откосные телескопические лотки:

а - типовые, разработанные в Союздорпроекте; б - из стеклофибробетона

В прежние годы на опытных участках автомобильных дорог использовались открытые откосные лотки-полутрубы и быстротоки с рассеивающими трамплинами из железобетонных блоков [17, 18], однако они не получили дальнейшего широкого практического применения.

На автомобильных дорогах Франции в качестве откосных водосбросных сооружений применяются лотки, разработанные фирмой «Этерни» (рис. 21).

Откосные водосбросные конструкции необходимо устанавливать в строгом соответствии с разработанным проектом и методами их строительства. При устройстве системы поверхностного водоотвода автомобильных дорог наиболее ответственными являются узел сопряжения прикромочного лотка и бордюрного камня с раструбом откосного водосбросного лотка, участок входа в откосный лоток и нижний бьеф откосного лотка.

Узлы сопряжения прикромочных лотков и бордюров с блоками откосных лотков необходимо монолитировать с целью исключения попадания поверхностных стоков на откосы и преждевременного разрушения конструкций водоотвода. Поверхность участка входа в откосный лоток должна быть ровной и не иметь значительных выступов шероховатости во избежание застоя воды. С целью предотвращения заиливания концевых участков откосных лотков и застоя воды у подошвы земляного полотна, на основании результатов гидравлических расчетов назначается тип укрепления нижнего бьефа откосного водосбросного лотка. В настоящее время применяются следующие схемы укреплений концевых участков откосных лотков: поверхностные стоки сбрасываются из откосных водосбросных лотков в укрепленные монолитным бетоном кюветы и водоотводные каналы, далее на очистные сооружения и прилегающую территорию (рис. 22); в концевой части откосных лотков устраивается укрепление бетонными блоками на щебеночном основании (рис. 23); в нижнем бьефе откосных лотков устраивается бетонный растекатель, а зона растекания укрепляется монолитным бетоном (рис. 24, а); на участках высоких насыпей предусматривается устройство бетонного растекателя, укрепление зоны растекания монолитным бетоном и поверхности за зоной растекания щебнем крупных фракций или габионными конструкциями (рис. 24, б).

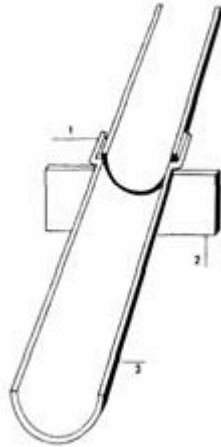


Рис. 21. Водосбросный лоток фирмы «Этерни»:

1 - уширение; 2 - анкерная пластина толщиной 20 мм; 3- звено лотка

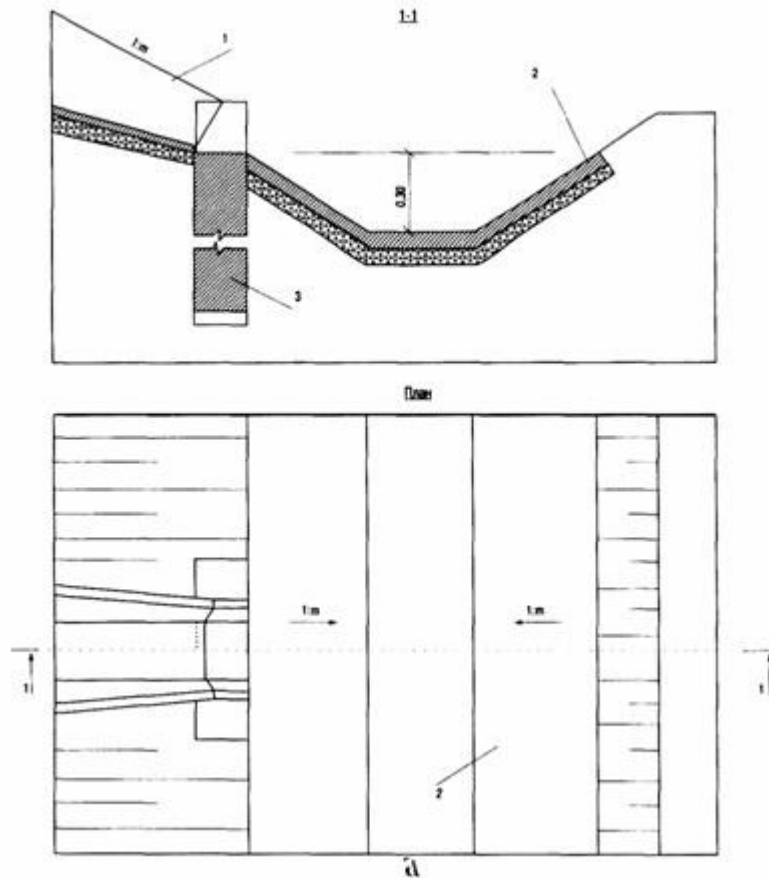


Рис. 22. Укрепление нижнего бьефа откосного водосбросного лотка монолитным бетоном на участке Киевского шоссе от МКАД до аэропорта «Внуково-2»:

а - блок Б-7; 2 - монолитный бетон; 3 - бетонный упор

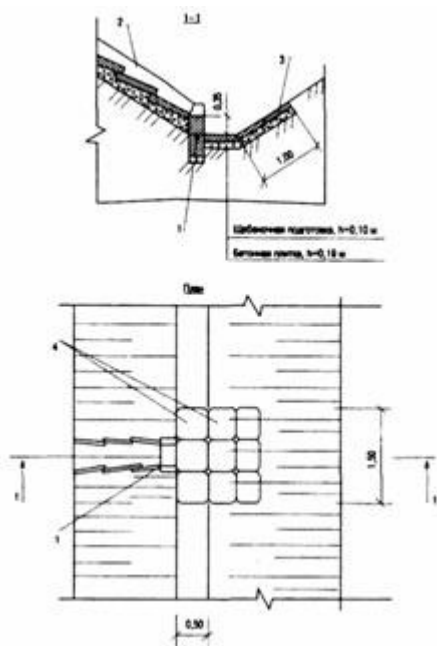


Рис. 23. Укрепление нижнего бьефа откосного водосбросного лотка бетонными блоками на автомобильной дороге Яхрома - Красная Горка в Дмитровском районе Московской области: 1 - блок Б-9; 2 - блок Б-6 (Б-7); 3 - блок Б-8; 4 - блок Б-5

Для пропуска под автомобильной дорогой поверхностных стоков, поступающих из кюветов, и отвода воды с бессточных площадей, съездов транспортных развязок, кольцевых автотректов и полигонов часто применяются круглые железобетонные трубы, водоперпускные прямоугольные железобетонные лотки, асбестоцементные трубы и дренажные призмы. В этом случае режим протекания воды в трубах принимается безнапорным в связи со стесненностью условий и небольшими сбросными расходами. Допускается принимать полунапорный режим протекания только для водопропускных труб при пропуске расхода требуемой ВП и наличии фундаментов труб.

Диаметр водопропускных труб принимается не менее 1,0 м, а при ее длине свыше 20 м - не менее 1,25 м.

Водопрпускные трубы необходимо устраивать в соответствии с типовыми проектами, выполнять укрепление входных и выходных русел и устраивать гасители.

Основное назначение водогасящих устройств (перепадов, водобойных колодцев, уступов, стенок, быстротоков и рассеивающих трамплинов) состоит в гашении на коротком участке кинетической энергии водного потока до размеров, не угрожающих опасности размывов искусственного водоотводного русла или мест выброса воды на прилегающую территорию.

В настоящее время в практике проектирования отсутствуют типовые схемы и конструкции многоступенчатых перепадов, что является существенным недостатком развития типового проектирования.

Многоступенчатые перепады колодезного типа рекомендуется применять при сбросе воды из водоотводных и нагорных канав, кюветов и других водопрпускных сооружений при затяжных уклонах и расходах воды более $1 \text{ м}^3/\text{с}$ (при сбросе воды в овраги, лога и русла водотоков).

Длина колодцев, их количество, расчетные глубины, скорости течения воды, высоты их стенок определяются индивидуальными гидравлическими расчетами в зависимости от величин расхода воды, разницы высот верхнего и нижнего бьефов, высоты и количества ступеней перепада, формы и размеров подводящих и отводящих водоотводов, скорости течения, глубин воды и уклонов в подводящем русле.

Для сброса воды из нагорных и водоотводных канав, кюветов и водоперпускных труб на косогорах применяются быстротоки, которые устраиваются в подводящих и отводящих руслах водопрпускных сооружений.

Как правило, быстротоки устраиваются с примыканием к отводящим руслам с уклоном меньше критического, что вызывает в водном потоке переход из бурного состояния в спокойное через гидравлический прыжок.

Для перевода водного потока из бурного состояния в спокойное на более коротком участке в конце быстротока устанавливаются водобойные сооружения (колодцы, стенки, уступы).

В настоящее время применяются три типа гасителей энергии водного потока: ребро в конце укрепления; гаситель ЦНИИСа в виде раструба с одной или двумя водобойными стенками; стенка в раструбном оголовке в сочетании с ребром в конце укрепления. Гасители в виде ребра в конце укрепления в основном уменьшают размыв за сооружением, однако практически не снижают скорости водного потока.

Для пропуска воды через дорожное полотно, сброса воды из нагорных канав на косогорах, укреплении оврагов и т.д. применяется сопряжение водоотводных устройств в виде шахтного колодца, который выполняет функцию гасителя энергии водного потока между верховыми и низовыми сооружениями. Шахтные водосбросы являются наиболее приемлемыми конструкциями в стесненных условиях и при разнице высот между верховой и низовой стороной косогора более 5 м.

Отверстие шахтного колодца назначается на основании гидравлического расчета и с учетом удобства его очистки от мусора и каменного материала. Шахтные водобойные колодцы целесообразно устраивать в местах отсутствия наледеобразования, так как из-за

очень низких температур возможно замерзание воды и образование льда в колодце, удаление которого сопряжено с определенными трудностями.

Для закрытой ливневой канализации, устраиваемой на автомобильных дорогах, в качестве поперечных водоперепускных сооружений применяются асбоцементные трубы диаметрами 400 и 500 мм, предназначенные для сброса воды из дождеприемных колодцев в отводной коллектор.

5. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ТЕХНОГЕННЫХ МИКРОБАССЕЙНАХ И УЧЕТ ЭРОЗИОННЫХ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Паводки, формирующиеся на техногенных поверхностях, характеризуются высокими значениями максимальных расходов, кратковременностью прохождения и резкими колебаниями значений в связи с изменением интенсивности дождя, особенно на малых водосборах.

Поверхности стекания, участвующие в формировании дождевого стока, применительно к дорожному водоотводу, характеризуются малыми односкатными и двускатными безусловными склонами естественного и искусственного происхождения. Водопроницаемость и потери стока на таких склонах определяются типами и конструкциями дорожных покрытий, укреплений обочин, разделительных полос и типами грунтов естественных склонов прилегающей территории.

Искусственные поверхности стекания (проезжая часть, разделительные полосы) имеют преимущественно прямоугольную форму, а естественные склоны - веерообразную или в виде двух вытянутых прямоугольников, примыкающих с обеих сторон к водоотводному сооружению или дорожному полотну.

Индивидуальные особенности форм, размеров (от 0,0001 до 0,5 км²), продольных и поперечных уклонов микробассейнов и искусственных поверхностей стекания поверхностных вод определяются как нормативными требованиями, категориями дорог, так и расположением автомобильных дорог на местности и относительно других объектов. Строительство автомобильных дорог вблизи объектов различного назначения, транспортные пересечения и примыкания, необходимость сбора поверхностных вод для их отвода от дороги или в очистные сооружения определяют необходимость решения вопросов сопряжения системы дорожного водоотвода с системами отвода воды на близлежащих объектах.

На условия формирования максимального стока дождевых вод влияют множество факторов, проявление которых для каждого конкретного региона и водосбора индивидуально. В практике инженерных расчетов и исследований эти факторы принято подразделять на три группы: метеорологические; факторы, зависящие от поверхности водосборов (инфильтрация, скорость и время добегания по склонам и руслу и т.д.); факторы руслового и бассейнового регулирования (заторы русл, транзитные участки рек и т.д.)

Все факторы, независимо от принадлежности к одной из трех групп, следует подразделять на факторы естественного и искусственного регулирования. Под искусственным регулированием понимают такие условия формирования максимальных расходов воды, которые складываются под влиянием хозяйственной деятельности человека. При естественном регулировании максимальный сток формируется в природных условиях на момент их изучения.

Каждый из рассмотренных выше факторов способен оказывать влияние на формирование максимальных расходов воды в различных регионах. Некоторые факторы присущи лишь отдельным районам, а другие, например метеорологические факторы, имеют место в любом районе, но с разной степенью значимости.

По степени влияния на величину максимального стока все формирующие факторы принято подразделять на безусловные, действующие в любом регионе исследований, и региональные, оказывающие свое влияние в отдельных регионах.

К основным факторам формирования максимального дождевого стока относятся условия выпадения и изменения во времени дождевых осадков. Воздействие этих факторов должно рассматриваться с учетом метеорологических особенностей района строительства дороги, требуемой ВП расчетных дождевых максимумов и времени формирования максимального поверхностного стока на водосборах различных величин, конфигураций, уклонов и типов поверхностей стекания.

Воздействие факторов, определяющих формирование и регулирование максимального дождевого стока, необходимо рассматривать с учетом их возможного изменения за нормативный период срока службы проектируемых дорожных сооружений.

Требования к расчетным нормам и методам расчета максимальных расходов воды, проектированию транспортных сооружений определяются методами, одним из требований которых является необходимость оценки расчетных максимальных расходов с заданными критериями вероятности превышения.

Для гидрологического обоснования объектов всех отраслей капитального строительства, в том числе транспортного, метод расчета максимального стока и его параметры должны обеспечивать определение максимумов расходов со следующими значениями вероятности превышения: 0,1; 0,33; 1; 2; 3; 5; 10 %.

В требуемом диапазоне ВП от 0,1 до 10 % фактические условия формирования поверхностного стока на дорожных поверхностях стекания и поверхностях малых склонов, изучены слабо. Нет достаточного количества натурных данных максимальных дождевых расходов, необходимых для обобщения и разработки на их основе методов расчета максимального стока.

Расчетный метод должен быть применим к любой стадии принятия проектных решений и проработки проектной документации, а также предусматривать приближенные расчеты с требуемой степенью достоверности их результатов независимо от особенностей природных условий и степени изученности региона. Такое требование обусловлено необходимостью определения строительных затрат и объемов проектно-изыскательских работ при разработке схем развития сети автомобильных дорог, технико-экономических расчетов и оценки контрактных условий и предложений.

При строительстве скоростных многополосных автомагистралей, в том числе значительной протяженности, автомобильных полигонов, стоянок транспортных средств, мостов, транспортных развязок и других дорожных объектов и комплексов возникает необходимость проектирования поверхностного водоотвода с техногенных микроплощадей и водосборов значительной площади.

В настоящее время в ряде стран, в том числе в России и странах СНГ, накоплен значительный опыт расчетов максимального дождевого стока. Этот опыт периодически рассматривается на международных семинарах, симпозиумах, национальных съездах и конференциях гидрологов. Он широко отражен в трудах IV и V Всесоюзных съездов гидрологов, II - IV Всесоюзных научно-технических конференций по дорожно-мостовой гидравлике и гидрологии, в материалах международных симпозиумов по паводкам и их расчетам 1979 и 1995 гг., отчетах 13-й и 16-й Генеральных Конференций ЮНЕСКО, XX Конгресса МАГИ, 2-го Международного конгресса ЭКВАТЕК-96 [\[19\]](#). Освещение теоретических и методических основ построения отдельных расчетных зависимостей и оценки их параметров можно найти в трудах научно-исследовательских институтов, статьях и монографиях, а также в нормативно-инструктивных документах.

Основополагающий принцип расчетов максимального дождевого стока состоит в том, что расчетные условия поверхностного стекания воды складываются в самых неблагоприятных условиях: при значительном предварительном увлажнении поверхностей стекания, минимальных потерях стока, постоянном дождевом наполнении склонов водой на всей их поверхности, эксплуатационном поливе водой и др.

При проектировании систем дорожного водоотвода особое внимание необходимо уделять мероприятиям, направленным на предотвращение развития эрозии и устранение ее причин. Противозэрозионные мероприятия предназначены для быстрого и надежного закрепления пересекаемых автомобильной дорогой оврагов и склонов, подверженных эрозии.

Эти мероприятия должны предусматривать комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий, целью которых является приостановление эрозии и восстановление плодородия эрозионных почв, а также устранение причин возникновения эрозии на тех участках, где она может возникнуть.

В настоящее время применяются следующие типы противозэрозионных водоотводных сооружений: сооружения на водосборной площади (для частичного или полного задержания стока, а также его рассредоточения на участках склонов, подверженных эрозии); головные овражные (для задержания развития вершин оврагов); русловые и донные (для борьбы с углублением дна оврага при воздействии на него паводковых и межженных вод за счет уменьшения скорости течения воды по дну оврага).

К сооружениям на водосборной площади относятся хворостяные выстилки, нагорные каналы, валы-террасы, водозадерживающие и водоотводные валы. В качестве головных

овражных сооружений используются перепады, быстротоки, шахтные водобойные колодцы и консольные сбросы. Наибольшее применение эти сооружения находят для защиты мостов, дорог, зданий и других капитальных сооружений. К русловым и донным сооружениям относятся концевые участки водоотводных канав, находящиеся у подошвы склонов оврагов или бортов на дне русл оврагов. Устойчивостью этих сооружений определяется сохранность и нормальная работа водоотводных устройств автомобильных дорог.

Для защиты подтопляемых земляных откосов противоэрозионных сооружений применяются различные типы укреплений в соответствии с типовым проектом, а также используются синтетические и вяжущие материалы. При строительстве донных сооружений применяется посадка древесно-кустарниковых насаждений.

Помимо гидротехнических противоэрозионных сооружений в России и зарубежных странах применяются агротехнические и лесомелиоративные мероприятия, однако эффективность агротехнических мероприятий достигается только на склонах крутизной до 4°, а лесомелиоративные мероприятия зачастую оказывают свое действие только через 10 - 12 лет.

Сброс воды через вершины оврагов осуществляется водопропускными трубами, быстротоками, перепадами, шахтными и консольными водосбросами.

Регулирование поверхностного стока на водосборных склонах производится земляными валами-террасами и валами-стенками, а отвод воды из регулирующих сооружений, ограниченных водозадерживающими валами, осуществляется по водоотводным канавам, имеющим трапецидальное поперечное сечение.

В качестве временных и промежуточных мер борьбы с эрозионными процессами в лесных и лесостепных районах применяются фашины, деревянные и каменные конструкции.

При закреплении вершин оврагов, а также в случае пересечения оврагов автомобильными дорогами возникает необходимость устройства донных противоэрозионных сооружений. Для предотвращения развития размывов дна логов и оврагов используются запруды, донные перепады и низководные плотины. Степень эффективности использования таких сооружений зависит от их взаимодействия с другими противоэрозионными мероприятиями.

Для отвода поверхностного стока с прилегающих к оползню склонов устраивается система нагорных канав, ограждающих оползень от притока притекающей к нему воды. Нагорные канавы могут служить источником фильтрации воды в оползневые массивы, что приведет к их обрушению, поэтому их принято устраивать на неподвижных участках склонов.

Сток, формирующийся на поверхности оползня, рекомендуется регулировать с помощью устройства системы разветвленных водоотводных канав, засыпки и планирования оврагов, а также их укрепления для быстрого вывода воды за его пределы; тампонирования трещин; регулирования системы искусственного полива сельскохозяйственных угодий, располагаемых на оползневых склонах, и регулирования поверхностного стока с автомобильных дорог, пересекающих оползневые склоны.

В случае приложения внегородской автомобильной дороги через населенные пункты возникает необходимость дополнительной оценки притока дождевых вод в соответствии с нормативами на проектирование вновь строящихся и реконструируемых систем наружной канализации постоянного назначения для населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Такая же необходимость возникает при согласовании проектирования примыканий, пересечений, сбросов в существующую канализационную систему поверхностных стоков с внегородских дорог, а также при росте населенных пунктов вдоль автомобильных дорог.

В каждом конкретном районе строительства автомобильной дороги следует учитывать специфические факторы, характерные только для данного водосбора и регулирующие максимальный поверхностный сток: меженный сток, пахотные земли на склонах, искусственное орошение, бессточные поверхности, террасированное земледелие, заторы русел горных рек, карстовые явления, местоположение искусственных сооружений, перераспределение стока между водотоками, озерность и заболоченность, регулирование стока на широких поймах, транзитные участки русл, наледообразование, мелиоративные сооружения, населенные пункты и др. Необходимо также учитывать вероятность возможного совпадения паводкового периода со временем действия этих факторов как регулирующих, а для получения расчетных максимумов, наиболее полно отражающих условия их формирования в районе строительства, после выполнения изыскательских работ уточнять отдельные параметры в соответствии с материалами полевых обследований водотоков и длительных наблюдений на метеостанциях.

В условиях непрерывного и интенсивного развития транспортного строительства, ухудшающейся экологической обстановки и трудно восстанавливаемых природных ресурсов вопросы их рационального использования и охраны приобретают все большее значение.

В настоящее время на территории России применительно к охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов действует ряд официальных документов, подробный перечень которых приведен в «Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» ФДЦ Министерства транспорта Российской Федерации [20].

Согласно данным Рекомендациям, проработку вопросов охраны окружающей среды необходимо производить на всех стадиях составления предпроектной и проектной документации на строительство, реконструкцию и ремонт автомобильных дорог и сооружений на них. Проектирование автомобильных дорог и мостовых переходов с учетом природно-охранных требований должно ориентироваться на предупреждение возможных отрицательных воздействий при строительстве и функционировании автомобильных дорог, мостовых переходов и других сооружений.

Особое внимание следует уделять проектированию автомобильных дорог и мостовых переходов в сложных гидрометеорологических и геологических условиях (в районах с оползнями, карстами, оврагами).

Система временного строительного водоотвода, обеспечивающая защиту очищенных от дернового покрова грунтовых поверхностей от эрозии, должна состоять из системы ограждающих валов, водосборных и водоотводных канав, а также предусматривать выборочную вертикальную планировку в местах с затрудненным стоком.

В районах карстообразования следует избегать концентрации поверхностного стока, приводящего к активизации карстовых процессов, и предусматривать вертикальную планировку прилегающей к дороге территории в пределах полосы отвода, исключая застаивание поверхностных вод; предусматривать укрепление сооружений системы поверхностного водоотвода с целью предотвращения инфильтрации поверхностных вод; устройство гидроизоляции и укрепления верхнего и нижнего бьефов водоотводных сооружений; подбор отверстия водопропускных сооружений из расчета обеспечения безнапорного режима их работы.

При невозможности обеспечения указанных требований для предотвращения застаивания воды необходимо предусматривать водопонижающие или дренажные сооружения.

Во избежание заболачивания территорий с верховой стороны насыпей, продолжительного подтопления сельскохозяйственных угодий и леса, подтопления строений и сооружений, а также эрозии почв необходимо обеспечивать отвод воды из всех замкнутых пониженных мест в низовую сторону дорожного полотна.

Поверхностные воды, стекающие с проезжей части автомобильных дорог, должны подлежать специальным натурным обследованиям с целью определения степени загрязнения и разработки мероприятий по их очистке.

Степень загрязнения поверхностных стоков и количество загрязняющих веществ непосредственно зависят от интенсивности и состава движения автомобилей. На покрытии автомобильных дорог оседают пыль, продукты износа покрытий, шин и тормозных колодок, выбросы от работы двигателей автомобилей, материалы, используемые для борьбы с гололедом, пылепоглощающими веществами, в числе которых взвешенные вещества и нефтепродукты.

В зависимости от климатических условий и интенсивности движения транспортных средств на поверхности покрытий скапливается определенное количество загрязняющих веществ. Часть из них оседает и накапливается вне зоны передвижения автомобилей, где с течением времени может происходить процесс изменения их химических свойств и усиление загрязнения находящейся на поверхности и просачивающейся в грунт воды.

При решении вопросов о необходимости очистки поверхностных сточных вод и расчетах предельно допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ в водный объект необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- Правилами охраны поверхностных вод, утвержденными Госкомприродой СССР 21.02.91;

- Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения ([СанПиН 4630-88](#)).

Величина фактического сброса загрязняющих веществ поверхностными сточными водами (в г/ч) по каждому веществу загрязнения определяется согласно п. 39 [ГОСТ 17.1.1.02-77 \[21\]](#).

Если величина фактического сброса не превышает ПДС, допускается сброс поверхностных сточных вод непосредственно в водоток без очистки. В этом случае

применяются обычные схемы водоотвода в соответствии с действующими нормами на проектирование и типовыми решениями.

Рассчитанные величины загрязнения необходимо, по возможности, уточнять путем взятия проб сточных вод. При этом следует учитывать, что степень загрязнения поверхностного стока зависит от места отбора проб и характера стока в течение года (интенсивности стока, продолжительности сухого и дождливого периодов и т.д.).

Если проведенные расчеты ПДС показали необходимость очистки поверхностных сточных вод перед их сбросом в водоток, следует применять схемы поверхностного водоотвода с покрытия автомобильных дорог и мостов, обеспечивающие сбор вод поверхностного стока и направление их на очистные сооружения.

На очистные сооружения принято отводить наиболее загрязненную часть поверхностного стока, образующуюся в период выпадения дождей, таяния снега и полива дорожных покрытий. Максимальные дождевые расходы, относящиеся к наиболее интенсивной части дождя и наибольшему стоку талых вод, сбрасываются без очистки. Это является одним из основополагающих принципов расчета размеров и количества очистных сооружений. Количество и расположение очистных сооружений определяется объемом расчетного стока, пропускной способностью этих сооружений, размерами водосборной площади, продольными и поперечными профилями дороги, количеством и месторасположением мостов, путепроводов и съездов.

Степень очистки поверхностных вод в очистных сооружениях определяется расчетом и принимается не ниже нормативных показателей для отдельных видов загрязнений.

Для очистки поверхностных сточных вод применяются пруды-отстойники, инфильтрационные бассейны, поглощающие колодцы, стационарные щитовые заграждения в акватории водоема, сооружения с использованием габионных конструкций.

Система очистки поверхностных вод с помощью локальных очистных сооружений предусматривает сбор и отвод сточных вод в закрытую ливневую канализацию, включающую устройство прикромочного бордюрного камня, продольного прикромочного (вдоль бордюрного камня) закрытого водосбросного лотка с металлической решеткой для задержания крупного мусора и продольного водоотводного лотка-коллектора со смотровыми колодцами в разделительной полосе. Вывод воды из прикромочных лотков в лоток-коллектор, а из него в очистные сооружения или промежуточный соединительный коллектор осуществляется при помощи труб малого диаметра.

Очистка вод, стекающих с поверхности мостов и подходов к ним, производится при помощи системы, включающей фильтры в нижнем бьефе откосного водоотводного лотка.

В настоящее время методы и системы очистки сточных вод с автомобильных дорог должны предусматривать не только своевременную и полную очистку поверхностных стоков от загрязнения, но и возможность последующего применения продуктов очистки для хозяйственных нужд. Так, в США с использованием промышленной установки, действующей на основе метода струйной фильтрации, из сточных вод производится выделение органического материала, который впоследствии смешивается с природным газом и используется для газовых турбогенераторов. Кроме этого, органический осадок смешивается с местным грунтом и применяется для образования верхнего защитного слоя при захоронении муниципальных отходов.

Выбор и назначение водоотводных конструкций и очистных мероприятий должны осуществляться на основе расчетов с учетом сложившихся местных условий в каждом конкретном случае.

Все водоотводные сооружения должны иметь конструкцию, обеспечивающую не только своевременный сбор, отвод и очистку поверхностных вод, но и позволяющую без особых трудностей производить их обслуживание, не оказывая влияния на движение автомобилей и разрушающего воздействия на другие конструктивные элементы автомобильных дорог.

В России за последние годы исследования по выявлению химического состава и степени загрязнения сточных вод автомобильных дорог, а также систем их очистки не производились, за исключением обобщений прежнего опыта и результатов разработок, выполненных в Союздорпроекте и ГП «Росдорнии». В некоторой степени это определяется относительно малым удельным весом такого рода загрязнения в общем объеме воздействия человека на окружающую среду, что однако не оправдывает недоучет этих факторов.

Необходимость решения вопросов по очистке поверхностных сточных вод с внегородских автомобильных дорог определяет решение задач по нормированию расчетных показателей загрязненности поверхностных вод и степени их очистки; разработке наиболее целесообразных схем организации сбора, отвода, очистки и сброса этих вод в водоемы; установлению нормативов проектирования и расчета пропускной способности очистных сооружений; разработке типовых конструкций очистных сооружений; разработке мероприятий, снижающих степени загрязненности поверхностных сточных вод без устройства очистных сооружений; разработке мероприятий по уменьшению загрязненности территории, используемой для размещения стройплощадок и бензохранилищ, складирования битума, нефтепродуктов, цемента и других стройматериалов; организации работ по эксплуатации очистных сооружений или выполнению других мероприятий по уменьшению степени загрязненности сточных вод.

До настоящего времени в России нет полных данных о химическом составе поверхностных вод, стекающих с внегородских автомобильных дорог, мостов и путепроводов различных категорий, кроме того, нормативы на проектирование и типовые конструкции очистных сооружений для автодорожного строительства, которые бы учитывали особенности проложения и конструктивные особенности дорог различных категорий, мостов и путепроводов, отсутствуют.

В связи с отсутствием критериев загрязненности поверхностных стоков для автомобильных дорог различных категорий в период инженерных изысканий необходимо производить полевые экспресс-измерения степени загрязненности поверхностей автомобильных дорог на объектах реконструкции с целью получения исходных данных для установления региональных показателей загрязнения сточных вод.

Схема водоотвода для очистки поверхностных вод с помощью локальных очистных сооружений предусматривает устройство закрытой ливневой канализации. Чаще всего в состав такой канализации входят: краевая укрепленная полоса обочины и бордюрный камень; продольный закрытый водосборный лоток с металлической решеткой для задержания крупного мусора; продольный водоотводный лоток-коллектор со смотровыми колодцами в разделительной полосе. Вывод воды из прикромочных лотков в лоток-коллектор, а из него в очистные сооружения или промежуточный соединительный коллектор осуществляется при помощи труб малого диаметра.

Очистные сооружения целесообразно располагать компактно, занимая как можно меньше ценных сельскохозяйственных угодий. Количество и местоположение очистных сооружений определяются объемом расчетного стока, пропускной способностью этих сооружений, размерами водосборной площади, продольным и поперечным профилями автомобильной дороги, количеством и местоположением мостов, путепроводов, съездов, переездов и других сооружений, а также рельефом местности.

Вывод воды из очистных сооружений осуществляется открытыми водоотводными канавами с выпусками воды из них в водоемы. На мостовых переходах, пересекающих крупные водоемы, сбор воды с поверхности автомобильной дороги осуществляется в типовые прикромочные лотки, примыкающие с внешней стороны к бордюрному блоку, с последующим ее сбросом по поперечным водоотводным трубам малого диаметра в центральный коллектор, размещенный под разделительной полосой.

С целью уменьшения степени загрязнения поверхностей автомобильных дорог, мостов и путепроводов, пересекающих источники водоснабжения, рекомендуются профилактические мероприятия: сухая очистка поверхности дорог, мостов, путепроводов; ограничение количества стоянок автомобилей на дорогах и мостах; регулярная очистка дорожных поверхностей поливомоечными машинами; удаление бензоколонок от участков дорог, мостов и путепроводов, проходящих в непосредственной близости от водотоков. Эти мероприятия являются менее эффективными по сравнению с очистными сооружениями, однако оказываются крайне необходимыми, когда строительство очистных сооружений задерживается или не запланировано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из основных задач повышения технического уровня автомобильных дорог, безопасного движения по ним и их экологического функционирования является обеспечение своевременного и целенаправленного сбора и отвода воды с поверхности автомобильных дорог и последующая ее очистка от загрязнений.

В разрешении этой проблемы особое место занимают исследования, направленные на совершенствование методологической базы проектирования и расчета систем поверхностного водоотвода с целью разработки оптимальных проектно-строительных решений и ремонтно-восстановительных мероприятий.

Несмотря на наличие значительного числа разработок систем организации поверхностного водоотвода с автомобильных дорог, эти исследования, особенно в последние годы, имеют особую актуальность. Так, существует необходимость совершенствования отдельных методик расчета максимального дождевого стока с техногенных поверхностей; проведения натурных наблюдений за работой различных водоотводных сооружений и учета расхода проскока мимо откосных водосбросных лотков и дождеприемных колодцев; изучения особенностей выпадения дождевых осадков и уточнение расчетных ливневых характеристик поверхностного стока; учета влияния хозяйственной деятельности человека на особенности формирования максимального стока на микробассейнах; научного обоснования разработок по определению минимально допустимых расстояний между нетрадиционными конструкциями откосных водосбросных лотковых сооружений; натурных исследований загрязнения сточных вод и разработки комплекса мер по охране окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водоотводные сооружения на автомобильных дорогах общей сети Союза ССР: 503-09-7.84. Типовые материалы для проектирования /Союздорпроект: Утв. и введ. Минтрансстроем СССР (распоряжение № АВ-80 от 28.03.84). - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
2. [СНиП 2.05.02-85](#). Автомобильные дороги / Госстрой России: Введ. 01.01.87. - М.: ГУП ЦПП, 2001.
3. Строительство и эксплуатация Венгерских автомагистралей. - Будапешт: Гл. инж. бюро Будапешт, дор. упр. М-ва путей сообщения и связи, 1977.
4. Ismail H.M. A modified design for surface drainage of desert roads // The Highway Engineer. - 1980, may.
5. [СНиП II-7-81*](#). Строительство в сейсмических районах. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1981.
6. Ильина А.А. Принципы сбора и отвода воды с разделительных полос на современных автомагистралях // Автомоб. дороги: Информ. сб. / Информавтодор. - 2001. - Вып. 6.
7. Конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования: Сер. 3.503.9-78. Вып. 0. Материалы для проектирования / Союздорпроект: Утв. Минтрансстроем СССР 06.05.88 (протокол № АВ-299). - Введ. 07.05.88 (приказ № 144 пр). - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
8. Методические рекомендации по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве / ООО «Организатор», Союздорпроект. - М., 2000.
9. Renaissance der Asphalthochborde zur Wasserfiihrang. Dubner Rolf// Bitumen. - 2000. - 62, Ns 3.
10. [ГОСТ 26008-83](#). Дождеприемные решетки. - М.: Изд-во стандартов, 1983.
11. DE 19854134 A1, МПК⁷ E 02 D 29/14. Schachtabdeckung mit Ecken aus Kunststoff/ Hanebrink Hubert; Beton- und Fertigteilewerk Dorsten GmbH. - Ns 19854134.1; Erklart 24.11.98; Veröffentlicht 25.05.2000.
12. Patent number 5,997,212 US. Cover for underground structures, body thereof and frame therefore / J. Wada, K. Sahara. - Appl. № 08/880,244; Filed: 23 Jun. 1997; Date of Patent 7 Dec. 1999.
13. Patent El G (E 01 C 11/22, E 03 f 3/04). Drainage blocks [Evercrete Ltd]. Eng. / Hamer Ronald Leslie. - № 1344236, 1974.
14. Patent 8003772, GB E 01G Int. Cl³ E 01 C 11/22. Hollow kerb drainage units / West Yorkshire metropolitan county council. - № 2069574 (8102778); 5 Feb. 1980; 28 Jan. 1981.
15. Kerb and drain unit splay together// Highways. - 1995, June.

16. Ильина А.А. Новый материал для конструкций системы поверхностного водоотвода на автомобильных дорогах. - М., 2000. - (Сб. науч.-метод. работ по повышению уровня обоснованности проектов автомоб. дорог и сооружений на них / Союздорпроект; Вып. 4).

17. Рассеивающие трамплины из железобетонных блоков для концевых устройств быстротоков автодорожных водоотводных сооружений: Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений: Сер. 3.503.1-85. Вып. 0. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

18. Рассеивающие трамплины из железобетонных блоков для концевых устройств быстротоков автодорожных водоотводных сооружений: Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений: Сер. 3.503.1-85. Вып. 1. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

19. Международный конгресс «Вода: экология и технология» (ЭКВАТЕК-96) // Гидротех. стр-во. - 1997. - № 1.

20. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов / ОАО «Гипродорнии». - М., 1995.

21. [ГОСТ 17.1.1.02-77](#). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. - М.: Изд-во стандартов, 1977.