

УДК 502/504:627.8

О. Н. ЧЕРНЫХФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва**В. И. АЛТУНИН**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва**СПЕЦИФИКА ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГОФРИРОВАННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ ИЗ МЕТАЛЛА**

Рассматривается взаимодействие наиболее распространенных водопропускных сооружений их металлических гофрированных элементов – кульвертов на транспортных магистралях с зарыбленными водотоками и водоемами. Выполнен анализ требований, направленных на охрану рыбных запасов и среды их обитания при строительстве и эксплуатации гофрированных труб на водотоках. Экспериментально в лаборатории установлены гидравлические режимы работы кульвертов, оказывающие наименьшее негативное воздействие на окружающую среду. Приведены рекомендации по обеспечению устойчивой работы труб из металлических гофрированных элементов с гладким лотком по дну в различных гидравлических режимах (напорный, полунанпорный, частично напорный и безнапорный), разрешенных в Российской Федерации и за рубежом. Предложены конструктивные и эксплуатационные мероприятия, позволяющие защитить водный объект от загрязнения, повысить качество воды в нерестовом водотоке, минимизировать влияние металлических гофрированных труб на окружающую среду. Приводится принципиальная схема отведения стоков на откосе автодороги. Отмечается, что используемые в качестве водопропускных сооружений металлические гофрированные трубы, запроектированные с учетом современных экспериментально подтвержденных методик гидравлического расчета, выполняют также существенные природоохранные функции. Использование металлических гофрированных труб в сочетании с известными методами минимизации влияния на окружающую среду (наличие организованных ливнеотводов с транспортных магистралей, биоинженерных очистных сооружений, а также специальных конструктивных элементов, позволяющих сохранить естественную среду обитания рыб) может значительно замедлить деградацию любых водотоков, в том числе и нерестовых.

Водопропускные металлические гофрированные трубы, нерестовый водоток, мероприятия по охране окружающей среды, входной оголовок, защита водотока.

There is considered an interaction of the most widespread conduit structures made of metallic corrugated elements – culverts on transport mains with stocked conduits and ponds. The analysis is fulfilled of the requirements directed to the protection of fish resources and its habitat when constructing and operation of corrugated pipes on watercourses. Experimentally in the laboratory there were set hydraulic modes of culverts operation having the minimal effect on the surrounding medium. Recommendations are given on providing a steady work of metallic corrugated pipes with a smooth tray on the bottom under different hydraulic modes (discharge head, half-discharge head, partially head and nonpressure) permitted in the Russian Federation and abroad. There are proposed structural and operational measures allowing protect a water body from pollution, improve the quality of water in the spawning watercourse and minimize the influence of metallic corrugated pipes on the environment. There is given a basic diagram of flow disposal on the slope of a highway. It is noted that metallic corrugated pipes used as culverts are designed taking into consideration up-to-date experimentally confirmed methodics of hydraulic estimation, they also fulfill essential environmental functions. Usage of metallic corrugated pipes in combination with known methods of minimization of the influence on the environment (availability of arranged storm collectors from transport mains, bioengineering treatment facilities as well as special structural elements allowing preserve the natural medium of fish habitat) can significantly slow down degradation of any watercourses including spawning ones.

Conduit metallic corrugated pipes, spawning watercourse, environmental protection measures, end wall, watercourse protection.

Центральным элементом комплекса по снижению отрицательного воздействия дорожно-мостовых техногенных сооружений на окружающую среду являются водоотводные и очистные сооружения. В качестве наиболее яркого примера инновационного конструктивного решения при проектировании водопропускного сооружения в дорожном и водохозяйственном строительстве можно рассмотреть использование металлических гофрированных труб (МГТ) – кульвертов. Поскольку выбор оптимального конструктивного решения водопропускного сооружения во многом определяется степенью информированности проектировщика о существующих экологически безопасных и экономичных технических решениях и методах их расчета, то важно иметь полную информацию об условиях работы МГТ и методах их расчета при различных условиях эксплуатации и взаимодействия с экосистемой водотока [1].

На нерестовых водотоках необходимо выполнять дополнительные требования, направленные на охрану рыбных запасов и среды их обитания. МГТ должны устанавливаться таким образом, чтобы нерестилище не заливалось, не происходило взмучивание воды, и мутность водного потока не увеличивалась, не деформировались русло водотока и места нереста, не изменялись скорости течения.

В этой связи в первую очередь важно корректно оценить гидравлическую схему и параметры режима работы искусственного водопропускного сооружения. Важнейшими факторами, влияющими на скорость течения потока в МГТ, являются: конструктивные условия на входе и выходе из МГТ (рис. 1), уклон, шероховатость (рис. 2) и размер отверстия водопропускного сооружения. При обосновании возможности пропуска рыбы через МГТ надо выбирать такой режим, чтобы перед входом в МГТ не формировались завихрения в потоке, мешающие заходу рыбы, а максимальная скорость движения корреспондировалась со скоростью течения, преодолеваемой превалирующей породой рыбы.

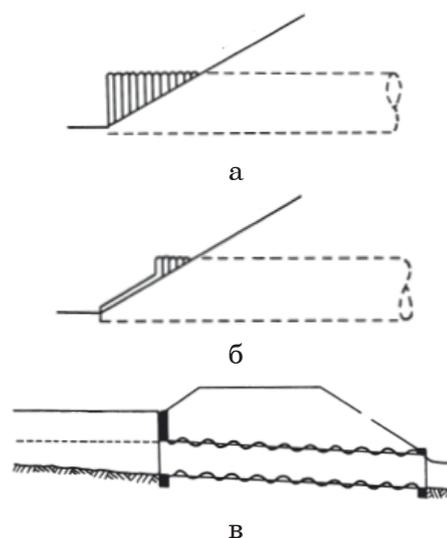


Рис. 1. Схемы основных типов входных оголовков МГТ, применяемых в мировой практике и исследованных в МАДИ: а – безоголовочный; б – срезанный по откосу (beveled inlet); в – порталный



а



б

Рис. 2. Кульверты со специальными устройствами на нерестовых водотоках (США, 2004 г.): а – с внутренними перегородками; б – с рыбоходом

Известно, что МГТ может работать в различных гидравлических режимах: безнапорном, полунапорном, частично напорном и напорном. При незатопленном входном оголовке наблюдается безнапорный режим движения, который в нашей стране обычно назначается в качестве расчетного. На временных орогах допускается проектировать МГТ на работу в полунапорном и напорном гидравлических режимах. Выполненные экспериментальные исследования и расчеты из [2] показывают, что при полунапорном режиме работы МГТ диаметром d с гладким лотком по дну без оголовка со срезом, перпендикулярным оси трубы, при относительном напоре перед трубой $H/d = 1,5$ имеет пропускную способность выше, чем при безнапорном режиме с максимально допустимой степенью заполнения трубы на входе $h/d = 0,75$ примерно в 2,2 раза. Если же в качестве расчетного режима принимаются частично напорный или напорный гидравлический режимы, то пропускная способность МГТ возрастает еще в большей степени, а, следовательно, и эффективность от ее применения. Кроме увеличения пропускной способности МГТ при частично-напорном и напорном режимах возрастает и заполнение трубы на выходе, и поэтому снижаются скорости в выходном сечении, чем облегчается гашение избыточной кинетической энергии в нижнем бьефе сооружения. Именно поэтому за рубежом МГТ проектируются на работу с затопленным входным оголовком, т.е. в полунапорном, частично-напорном и напорном режимах [3]. При этом только ограничивается степень затопления входного оголовка, которая в большинстве своем принимается равной $H/d = 1,5$, но допускаются и относительные напоры перед трубой $H/d = 3...5$.

Выполненные в МАДИ экспериментальные гидравлические исследования модели МГТ с гладким лотком по дну [1] показали, что в диапазоне применяемых в нашей стране уклонов МГТ $i = 0,01...0,05$ происходит их самопроизвольная «зарядка» и устойчивая работа в частично-напорном и напорном режиме со стандартными типами

входного оголовка (рис. 1). При исследовании МГТ без оголовка установлено, что при работе с затопленным входным оголовком над ним самопроизвольно, практически постоянно, формируется одна или несколько вихревых воронок. Через вихревой шнур воронки в трубу поступает воздух, который, однако, не оказывает заметного влияния как на устойчивость того или иного гидравлического режима, так и на пропускную способность трубы. Отсутствие влияния при полунапорном режиме объясняется тем, что на поверхности водного потока в трубе атмосферное давление и поступающий через вихревую воронку воздух не меняет его. Количество поступающего через вихревую воронку воздуха небольшое и поэтому снижение пропускной способности МГТ за счет замещения воды воздухом также малое.

При работе МГТ в частично-напорном и напорном режимах с используемыми уклонами, повышенные гидравлические сопротивления трубы обеспечивают отсутствие вакуумметрического давления на входе, которое обычно формируется в гладких бетонных трубах. Поэтому воздух, попадающий в лотковую часть входного сечения трубы через вихревую воронку при частично-напорном и напорном режимах, перемещается по ней в виде небольших пузырьков, постепенно поднимающихся к своду трубы, что не оказывает влияния ни на устойчивость режима, ни на пропускную способность трубы. В гладких же трубах на входе формируется вакуумметрическое давление и попадающий в трубу через вихревую воронку воздух приводит к формированию переходного режима с движением по трубе воздушных пузырей и водяных пробок или формированию гидравлического прыжка. Работа водопропускной трубы в таком режиме по существующим отечественным нормативным рекомендациям не допускается.

Однако все же следует предпринять меры, препятствующие формированию вихревой воронки над входным оголовком МГТ. Объясняется это тем, что вихревая воронка способна захватывать и направлять плавающий над

входным оголовком мусор в водопропускную трубу, что может привести к повреждению входного оголовка, а возможно и перегораживанию сечения трубы, если мусор крупный. Для недопущения формирования вихревой воронки над входным оголовком МГТ можно использовать специальные противовихревые конструкции (плотик или противовихревой козырек) [6], но лучше использовать стандартную конструкцию входного оголовка в виде порталной стенки, применяемую с МГТ [4]. Выполненные в МАДИ экспериментальные исследования показали, что плотик и противовихревой козырек не обеспечивают гарантированную защиту МГТ от вихревой воронки. А вот при устройстве порталной стенки на входе, вихревая воронка не формируется ни при полунапорном, ни при напорном режимах. Если имеется возможность попадания в водопропускную трубу мусора, транспортируемого водным потоком, то следует устраивать на входе различного вида решетчатые конструкции, которые будут задерживать мусор и не позволять ему попадать в МГТ. Такие конструкции обеспечивают дополнительную турбулизацию потока, что также препятствует формированию вихревых воронок.

Очаги эрозии в придорожных ландшафтах могут развиваться в кюветах, на входных и выходных участках водопропускных сооружений. Повышенная мутность водотока отрицательно влияет на весь процесс нереста. Она снижает содержание кислорода в воде, способствует заиливанию икры и ее гибели. Поэтому для уменьшения мутности нерестового водотока следует закреплять или не разрушать при строительстве береговую полосу, использовать шпунтовые ограждения, сохранять водоохранную зону. Участки с нарушенным дерновым покровом должны быть защищены с помощью растительности или других средств от водной эрозии в течение семи календарных дней после завершения строительства. Повторная рекультивация берегов должна быть выполнена в течение одного года с применением местных видов растений. Са-

женцы древесных растений следует высаживать с интервалом не более 1 м (в центре) с гарантией выживаемости не менее 80 %.

В период миграции рыбопроизводителей в нерестовый водоток и развития икры на нерестилище строительство водопропускных сооружений запрещено. При нарушении естественного хода нереста рыбы после ввода в эксплуатацию водопропускного сооружения из сборных металлических гофрированных конструкций можно рекомендовать следующие мероприятия [4]: перенос места расположения сооружения; компенсационные мероприятия; строительство обводного водотока; природоохранные мероприятия (охрана нерестилища, защитные лесополосы, устройство очистных сооружений, отстойников и т. д.).

Качество воды в нерестовых водотоках должно соответствовать нормативным показателям состава и свойств воды, используемым для рыбохозяйственных целей. Общими показателями качества воды природных водотоков являются содержание в воде растворенного кислорода, рН и БПК. При недостаточном количестве растворенного в воде кислорода наступают заморы. Нормой для нерестовых водотоков считается величина не менее 6 мг/л. Кислотность в водотоках весной может составить рН = 8,0...8,3, в горах – около 7. При поступлении воды из болот ее кислотность снижается до 6...6,5. Контроль величины рН является важным и для оценки коррозионной устойчивости материала гофрированных металлических труб. Показатель БПК (окисляемости) воды является индикатором присутствия органических веществ в воде. БПК в горных водотоках должен составлять 1,2...1,5 мг O₂/л, в водотоках с зарослями – 3...20 мг O₂/л, в болотистых районах – 30...60 мг O₂/л.

Главными факторами негативного воздействия построенного водопропускного сооружения на среду обитания рыб при эксплуатации водного объекта являются вынос продуктов эрозии в водоток, загрязнение реки взвешенными наносами и мусором, заиление. Существенным

препятствием для миграции рыб вверх по течению могут являться неудовлетворительное обслуживание дороги и небрежное строительство: захламление трубы хворостом, плавающим бытовым и строительным мусором; близкое примыкание дороги к берегу водотока; проседание дорожного полотна, приводящее к деформации мостового или трубчатого переходов; некачественный временный ремонт водопропускного сооружения и т. п. Близость дороги к нерестовым водотокам, как правило, приводит к увеличению содержания в воде взвешенных веществ, изменению ее запаха, привкуса и окраски, возможно также появление плавающих примесей и привнесенных токсичных веществ. Поэтому соответствующие показатели воды также должны входить в перечень показателей, контролируемых при мониторинге водотоков после введения МГТ.

Защита водоемов и водотоков от загрязнения при эксплуатации МГТ включает в себя проведение комплекса мероприятий по сокращению загрязнения придорожной полосы, недопущению неконтролируемого прямого стока в водотоки вблизи дороги, устройству защитных и очистных сооружений [5]. Службе эксплуатации следует постоянно поддерживать в рабочем состоянии все водоотводные сооружения на участке дороги с МГТ в районе нерестового водотока. Для этого необходимо своевременно выполнять следующие работы:

очищать замусоренные участки водоотводных канав, обеспечивая продольный уклон дна не менее 10°;

восстанавливать нарушенное укрепление канав;

очищать и содержать в исправном состоянии водопропускные трубы и их оголовки;

выполнять очистку устьев дренажных устройств от сползшего по откосу грунта с последующей подсыпкой и укреплением откоса посевом трав с развитой корневой системой;

контролировать состояние дренажных устройств и очищать внутреннюю полость дрен;

выполнять очистку отстойников

до проектной глубины и отсыпку вокруг них грунта для защиты от стока поверхностных вод;

осуществлять контроль, очистку, смену кассет и ремонт специальных систем очистки ливневого стока.

Для перехвата поверхностного стока и его отведения к водопропускной трубе целесообразно применять традиционные специальные устройства или их совмещенные решения: нагорно-ловчие каналы, ливнеотстойники, водоприемные колодцы и др. Для очистки ливневых поверхностных сточных вод, поступающих с автомобильных дорог разных технических категорий в нерестовые водотоки или водоемы рыбохозяйственного назначения, рекомендуется использовать различные сооружения по водоотведению и очистке. Это могут быть как типовые сооружения [4, 5]: пруды-отстойники, каскад многокамерных отстойников, габионные фильтрующие сооружения, рассеивающие выпуски, локальные очистные закрытые сооружения и т. д., так и биоинженерные мероприятия, например, биоплато с использованием высшей водной растительности, которая способствует процессам самоочищения поступающего с придорожной территории поверхностного стока (рис. 3). Расчеты по определению нагрузки стоков, поступающих в камеру отстоя механических взвесей и назначению количества камер отстойников для разделения фито- и зоопланктона при крупных автотрассах приводятся в специальной литературе [5].

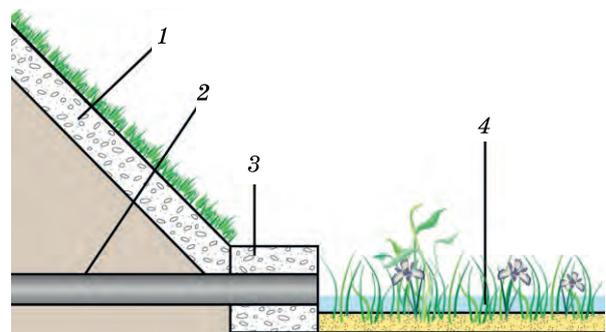


Рис. 3. Принципиальная схема отведения стоков на откосе автодороги [1]: 1 – каменная наброска; 2 – водовыпускное сооружение; 3 – подпорная стенка выходного оголовка; 4 – мелководное биоплато

Выводы

Используемые в качестве водопропускных сооружений металлические гофрированные трубы, запроектированные с учетом современных экспериментально подтвержденных методик гидравлического расчета, выполняют также существенные природоохранные функции. Использование МГТ в сочетании с известными методами минимизации влияния на окружающую среду (наличие организованных ливнеотоков с транспортных магистралей, биоинженерных очистных сооружений, а также специальных конструктивных элементов, позволяющих сохранить естественную среду обитания рыб) может значительно замедлить деградацию любых водотоков, в том числе и нерестовых.

1. Алтунин В. И., Черных О. Н., Федотов М. В. Водопропускные трубы в транспортном строительстве. Гидравлическая работа труб из металлических гофрированных структур. – М.: МАДИ, 2012. – 269 с.

2. Ушаков В. В. Формирование напорного режима в гофрированных трубах с гладким лотком по дну / Ушаков В. В., Алтунин В. И., Черных О. Н. [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – №2. – С. 38–40.

3. Hydraulic design of highway culverts. U. S. Department of Transportation. // Hydraulic design series number 5. Third edition. – Publication No. FHWA-HIF-12-026, April 2012. – 326 p.

4. Кондратьев В. Г., Козлов В. И. Про-

ектирование водопропускных переходов из гофрированных металлических структур на нерестовых водотоках. – М.: ТрансИГЭМ, «Центр практической экологии – ЭКОТЕРРА». – 2005. – 115 с.

5. Габова Е. В., Алтунин В. И., Черных О. Н. Систематизация конструкций очистных сооружений на транспортных магистралях // Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: материалы Международной научно-практической конференции. – М.: МГУП, 2013. – Ч. III. – С.81-94.

6. Противовихревое устройство дорожной водопропускной трубы из гофрированного металла: Патент 145030 (Российская Федерация, U1 МПК E01F, 5/00 / В. И. Алтунин, О. Н. Черных, А. В. Бурлаченко [и др.]; заяв. 10.06.2014; опубл. 10.09.2014. – Бюл. № 25

Материал поступил в редакцию 30.06.14.

Черных Ольга Николаевна, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений

Тел. 8 (499) 190-53-43

E-mail: gtsmgup@mail.ru

Алтунин Владимир Ильич, кандидат технических наук, доцент кафедры гидравлики

Тел. 8 (499) 155-03-16

E-mail: chtara@mail.ru