

УДК 502/504:627.5

В. И. АЛТУНИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

О. Н. ЧЕРНЫХ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРУБЧАТЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ СТРУКТУР

Дан анализ некоторых инновационных технологий, применяемых при строительстве и реконструкции водопропускных труб на федеративных дорогах. Отмечены особенности использования современных габионных конструкций на входных и выходных участках водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур.

Металлические гофрированные трубы, инновационные технологии, водопропускные дорожные сооружения, габионные конструкции.

The paper analyses some of the innovative technologies used in the construction and reconstruction of culverts on federal roads. There are marked the peculiarities of usage of up-to-date gabion structures on input and output sections of the culverts of corrugated metal structures.

Corrugated metal pipes, innovative technologies, culverts, gabion structures.

Обязательным и важнейшим конструктивным элементом дорожных водопропускных труб является крепление отводящего и подводящего участков русел. На входе и выходе такого малого гидротехнического сооружения русло должно укрепляться по возможности капитально, так как это самое слабое место практически всех сооружений. В последние годы построено и реконструировано большое количество сооружений с применением металлических гофрированных труб (МГТ) в сочетании с габионными технологиями: в Читинской, Амурской, Архангельской областях – районах с вечной мерзлотой, в Смоленской и Московской областях, в Республике Коми, в городах Москве, Сочи и других регионах Российской Федерации. Однако полномасштабному внедрению современных достижений дорожной науки препятствует отсутствие полноценной нормативно-технической базы, регламентирующей требования к применению новых разработок и корректных расчетов, учитывающих все аспекты их гидравлической работы.

Как показывает анализ конструктивных решений металлических гофрированных труб, используемых при реконструкции и строительстве водопропускных труб, в качестве альтернативы малым мостам и путепроводам на низ-

конапорных гидроузлах и ландшафтных водных системах для исключения размыва участки русла перед водопропускной трубой и за ней часто укрепляют габионными конструкциями (ГК) (более 75 %) (рис. 1).



Рис. 1. Устройство нижнего бьефа металлических гофрированных труб с гасителями энергии из габионов на обьездной дороге в городе Коломне (2012 год)

В современном дорожном, гражданском и водохозяйственном строительстве габионные конструкции не только успешно конкурируют с бетонными и железобетонными, но и активно заменяют их [2]. Такие конструкции применяются для устройства водобоев, горизонтальных и наклонных рисберм, крепления откосов и дна подводящих и отводящих к водопро-

пусковому сооружению участков каналов, оголовков труб и лотков внутри металлических гофрированных труб (рис. 2), для сооружения подпорных стен, защиты берегов водотоков от воздействия водной и воздушной эрозии, для армирования и стабилизации откосов насыпей, для укрепления оврагов, логов, водоотводных и других дорожно-мостовых сооружений, используются при ремонте обрушенных откосов.

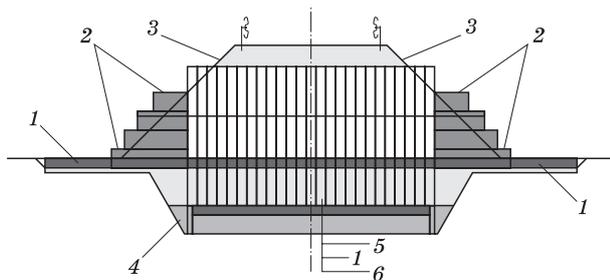


Рис. 2. Продольный разрез трехочковой металлической гофрированной трубы (проект ОАО ЦНИИС реконструкции моста через реку Таунга на автомобильной дороге Хабаровск – Лидога – Ванино, 2010 год): 1 – габионы Джамбо по слою геотекстиля; 2 – открылки из габионов системы Террамеш; 3 – укрепление матрасами Рено по слою геотекстиля; 4 – глиняный экран; 5 – металлическая гофрированная конструкция; 6 – щебенистый грунт замены

Среди отечественных и зарубежных габионных конструкций можно выделить три основных типа: коробчатые, матрасно-тюфячные и цилиндрические. Из этих типов габионных строительных блоков можно создавать комбинированные конструкции. В дорожном строительстве чаще всего применяются более экономичные и экологичные конструкции из габионов и матрасов (матрацев) Рено или Джамбо фирмы Маккаферри и реже отечественные габионные конструкции.

Например, габионные конструкции Мосгипротранса представлены в виде габионных ящиков (коробчатых), тюфяков и цилиндров. Габионные тюфяки предусмотрены трех размеров: 3×1×0,5 м, 4×2×0,5 м и 2×1×0,25 м. Они применяются в качестве укрепления откосов, а также в качестве основания стенок из габионных ящиков. Материалом для изготовления арматурных каркасов габионов служат оцинкованная гибкая проволока диаметром 2,0...4,2 мм для плетения сетки и прутковое железо

диаметром 6...8 мм для устройства каркаса. Иногда габионы устраиваются без каркаса в виде проволочного мешка. Габионные укрепления, предусмотренные решениями Мосгипротранса, не доведены до практического применения в качестве типовых решений, а их использование в индивидуальном проектировании сопряжено с необходимостью более детальных дополнительных проектных и научно-исследовательских проработок.

Габионы фирмы Netlon (Великобритания) изготавливаются из высокоплотной полиэтиленовой сетки черного цвета с ячейками номинального размера 60×60 мм. В них используются полиэтиленовые стержни эллипсоидного сечения 7×4 или 5×3 мм. Применение габионных конструкций этого типа в отечественной практике дорожно-мостового строительства ограничено из-за недостаточной изученности их конструктивных особенностей, технологии возведения, поведения в инженерных сооружениях, условий применения и поставок, экологического блока и ряда других вопросов.

Габионные конструкции, применяемые при водохозяйственном и дорожном строительстве в нашей стране, в зависимости от фирмы-производителя (из металлической сетки фирмы «Офичине Маккаферри», ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод», из пластмассовых сеток фирмы Netlon, Великобритания, и др.) имеют примерно одинаковые типоразмеры: длина до 6 м, ширина 1...2 м, высота 0,17...1 м. По конструктивному исполнению, в зависимости от формы сетчатых контейнеров и формируемых из них единичных строительных блоков, габионные конструкции зарубежного производства, например фирмы «Офичине Маккаферри», подразделяются на коробчатые, коробчатые с армирующей панелью и с усиленной лицевой гранью, матрасы (матрасы Рено, Джамбо), цилиндрические, системы Макволл. Нетрадиционными являются конструкции, запатентованные фирмой «Офичине Маккаферри»: модульные системы Террамеш и Зеленый Террамеш, матрасы Геомак, маты Сармак, геокомпозитная сетка Макмат, сетка Родмеш, биоматы, биотекстили.

Обычно габионные конструкции представляют собой корзины прямоугольной формы, выполненные из металлической сетки двойного кручения по ГОСТ Р 52132 и ASTM A975-97, имеющей шестигранные звенья (размеры ячеек до 6×8 см или

8x10 см). Сетка изготавливается из стальной проволоки плотного оцинкования или с покрытием Galfan. В тех случаях, когда сооружение работает в агрессивной коррозионной среде, проволоку после цинкования рекомендуется покрывать оболочкой из поливинилхлорида (ПВХ), имеющей толщину 0,4...0,6 мм. По краям габионы упрочняются проволокой, имеющей больший диаметр, чем проволока сетки. Габионы могут быть разделены на ячейки посредством диафрагм, которые служат для упрочнения конструкции, облегчения работ по укладке и удобства эксплуатационных работ.

Матрасы Джамбо (высота 0,5 м) и Рено (высота 0,3...0,17 м) имеют форму параллелепипеда со значительной площадью поверхности и малой толщиной. Они оснащены диафрагмами через 1 м. Для выполнения аварийно-ремонтных работ и для временных сооружений используются цилиндрические габионы диаметром 0,65 и 0,95 м, состоящие из единого рулона сетки, открытого с одной стороны или вдоль одного бока. Для всех габионных конструкций характеристики звена проволоки, оцинкования и возможной пластификации точно такие же, как и для коробчатых габионов. В сооружении они заполняются камнем и увязываются между собой. Для заполнения габионных конструкций используется каменный материал в виде булыжника, крупной гальки или карьерного камня из твердых пород, не размываемых водой. Размер камня 70...400 мм, причем крупные камни укладываются у края сетки, а более мелкие в середине габиона. Плотность материала камня не должна быть меньше 2500 кг/м³, а марка по морозостойкости менее 50.

Перед установкой габионных конструкций на спланированную поверхность укладывают геотекстиль (Террам, Дорнит и другие материалы, регламентированные ТУ 186788-90 ОП-2), иногда щебень и камень (толщина подобных оснований 0,1...0,2 м), для ответственных сооружений под габионные конструкции укладывают обратный фильтр или противосуффозионный экран из геотекстиля по ТУ 8391-001-50099417-2001. Таким же образом облицовывают все грани габионов, имеющие контакт с грунтом. В случае, когда необходима герметичность защитного покрытия, применяют пропитку битумной мастикой. Битумную мастику можно заменить битумной или синтетической оболочкой под элементами габионных конструкций. При

этом необходимо предусмотреть защиту оболочки от возможного повреждения наложением двойного слоя геотекстиля.

Металлические сетки и сетчатые конструкции, изготавливаемые ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод», являются альтернативными зарубежными аналогами, а устраиваемые из них габионные конструкции и дорожно-мостовые сооружения обладают такими же преимуществами. Начиная с 2007 года одним из немногих в России производителей и экспортеров габионных конструкций является ООО Габиком (город Чебоксары) (рис. 3). Компания ООО Габиком производит сетки двойного кручения, согласно ТУ 1275-001-99475458-2007, ГОСТ Р 52132, и габионные конструкции с проволокой, имеющей усиленное антикоррозионное покрытие Galfan (Zn - 95 % + Al - 5 %), как и габионные конструкции фирмы Маккафери, ПВХ-покрытия, согласно ГОСТ 5960, имеющие нестандартные типоразмеры или специальные строительные модули. Сегодня именно они довольно широко используются совместно с металлическими гофрированными трубами в дорожном, энергетическом, гидротехническом строительстве, ландшафтном дизайне или на аварийных работах.

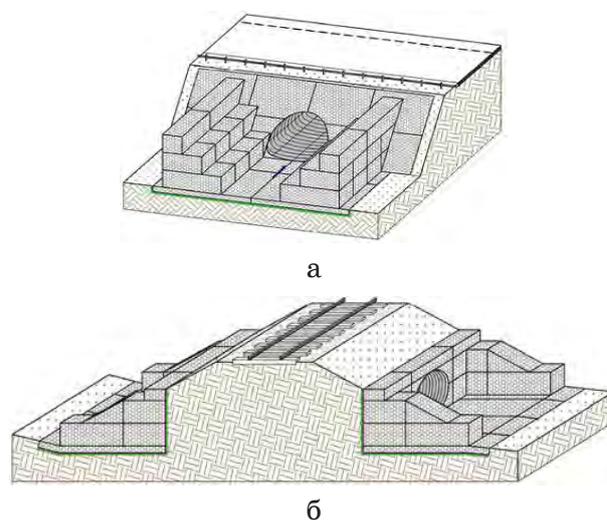


Рис. 3. Укрепление дорожных откосов и оголовков водопропускной металлической гофрированной трубы габионными конструкциями (ООО Габиком, город Чебоксары): а – вид с верхнего бьефа; б – продольный разрез по дамбе

Габионные конструкции устойчивы к значительным скоростям потока и волновым нагрузкам. Гашение энергии потока за трубой происходит на гладком водобое или

в водобойном колодце, который формируется установленными по дну матрасами. Для дополнительной защиты габионных конструкций от размывов выполняется их проливка цементным раствором М200. Пористая структура габиона, обладающая повышенной шероховатостью, положительно сказывается на гашении энергии потока в нижнем бьефе за выходным оголовком трубы. Наклонные рисбермы из габионных конструкций укладываются на глубину предполагаемого размыва. Допускаемые средние скорости потока при глубине 1,0 м для габионов толщиной 0,25...0,50 м составляют около 3...5 м/с.

Для сопряжения криволинейной поверхности металлических гофрированных труб с лицевыми блоками габионов производятся вырезы последних по месту. Как и гофрированные трубы, габионные конструкции относятся к классу гибких сооружений – они воспринимают возможные осадки грунта, реагируя на это незначительными прогибами. При этом разрушения структуры габионных конструкций не происходит и сооружение продолжает выполнять свое основное функциональное назначение. Аккумулируя грунтовые частицы, сооружения из габионных конструкций приобретают дополнительную прочность и одновременно становятся частью природного ландшафта. Время полной консолидации конструкции в зависимости от климата и типа сооружения составляет от 1 до 5 лет. После завершения процесса консолидации сооружение из габионных конструкций приобретает максимальную устойчивость и прочность.

Чтобы исключить возможность формирования фильтрационного потока вдоль трубы, за входным оголовком труб, выполненным из габионных конструкций, укладывают бентоматы, благодаря которым не происходит протечки воды. При высоком расположении выходных оголовков труб, для предотвращения возможности попадания потока воды на проезжую часть, предусматривается устройство отбойных стенок, выполненных из габионных конструкций. Высота запаса над уровнем потока превышает 1 м.

Анализ работы построенных металлических гофрированных труб показал, что устройство подпорных стенок из габионных конструкций уменьшает общую длину водопропускных сооружений, обе-

спечивает благоприятные условия сопряжения с продольными подпорными стенками и придает общую архитектурную выразительность сооружению [5]. Входные оголовки имеют водоприемную часть, выполненную из матрасов, благодаря чему обеспечивается как перехват потока в логах и его последующий подвод к водоприемному колодцу. Часто отвод воды из нижнего бьефа к следующему водопропускному сооружению либо в естественный лог также выполняют с применением габионных конструкций, формируя трапециевидное русло. На участках со значительными уклонами для образования порогов-перепадов, обеспечивающих гашение энергии водного потока, целесообразно применять матрасы Рено, Джамбо либо габионные конструкции комбинированного типа. Могут быть использованы габионные матрасы, которыми на высоту 0,5 м над максимальным расчетным уровнем воды крепятся и откосы насыпи обратной засыпки. Верхняя часть откосов (сухая) укрепляется посевом трав по уложенному слою биоматов, обеспечивающих ускоренное прорастание семян.

Срок службы сооружений из габионных конструкций в среднем составляет: для металлических гофрированных труб из проволоки с цинковым покрытием – 35 лет; для гидротехнических сооружений из проволоки с гальфановым покрытием – 75 лет; для гидротехнических сооружений из проволоки с металлическим антикоррозионным покрытием с дополнительной полимерной оболочкой – не менее 75 лет [3–5]. При проектировании следует учитывать недостатки габионных конструкций: коррозионность металлической арматуры; быстрое истирание и разрушение сетки камнями; наличие местного дорогостоящего камня для заполнения металлических каркасов; трудоемкость выполнения многих операций, выполняемых вручную, в том числе и службой эксплуатации при очистке габионов от мусора; слабая защищенность от актов вандализма.

Конструктивные решения по устройству и укреплению входных и выходных участков водопропускных труб являются неотъемлемой частью комплекса всего водопропускного сооружения. От устойчивости выходных участков во многом зависит не только надежное

функционирование водопропускных труб, но и сохранение экологического равновесия окружающей местности. При проектировании и расчетах следует учитывать отмеченные особенности габионных конструкций. Разнообразие условий проектирования, режимов протекания воды в трубах, типоразмеров труб и их оголовков, а также других исходных условий проектирования предопределяет необходимость многовариантных проработок решений габионных конструкций [2, 3]. Следует отметить, что стоимость крепления металлических гофрированных труб габионами на 10...15 % меньше, чем стоимость крепления из железобетона, при лучшем ландшафтном виде и более высокой экологической безопасности (ориентировочная стоимость берегоукрепительных сооружений из габионов составляет 8...10 тыс. р. за погонный метр в ценах 2006 года, а вертикальной стенки из бетона – 12...14 тыс. р.).

Варианты применяемых конструкций из габионных и гофрированных структур должны прорабатываться с учетом следующих факторов:

конструктивных особенностей и типоразмеров водопропускных труб, а также их плано-высотного положения на местности и относительно дороги;

особенностей режима регулирования максимальных расходов воды;

типа входных и выходных оголовков и режима протекания воды в трубах;

гидравлических характеристик водных потоков на входе и выходе из водопропускных труб и устойчивости грунтов основания.

Выводы

При вариантных проработках конструктивных решений укрепления входных и выходных участков металлических гофрированных труб, а также откосов земляного полотна в границах подтопления верхнего и нижнего бьефов целесообразно использовать матрасные и коробчатые габионы, их сочетания друг с другом, а также их сочетания с традиционными материалами и конструкциями, апробированными зарубежными и отечественными строителями. Биоинженерные системы из габионных конструкций на водопропускных переходах из металлических гофрированных труб в дорожном строительстве пока применения не

нашли. Использование рассмотренных материалов и технологий позволяет значительно повысить долговечность водопропускных сооружений на транспортных магистралях, а также снизить затраты на их ремонт и эксплуатацию.

1. Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон). – М.: ФДА (РОСАВТОДОР), 2009. – 206 с.

2. 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.

3. Черных О. Н., Алтунин В. И., Федотов М. В. Обобщение опыта строительства дорожных гофротруб из металла: Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: сб. науч. трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – Ч. 2. – С. 287 – 298.

4. Черных О. Н., Алтунин В. И., Федотов М. В. Результаты обследования состояния водопропускных сооружений из гофрированных водопропускных труб: Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: сб. науч. трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – Ч. 2. – С. 150 – 159.

5. Черных О. Н., Алтунин В. И., Федотов М. В. Анализ технического состояния ряда трубчатых переходов из гофрированных структур в Московской области // Вопросы мелиорации. – № 1-2. – 2011. – С. 66–74.

Материал поступил в редакцию 02.04.13.

*Алтунин Владимир Ильич, кандидат технических наук, доцент
Тел. 8 (499) 155-03-16*

E-mail: chatra@mail.ru

*Черных Ольга Николаевна, кандидат технических наук, профессор
Тел. 8 (499) 976-24-60*