

УДК 624.21.032.4:69.059.35

В.С. МОЛЧАНОВ, А.А. СИМОНОВ, С.А. ПРОСЕКОВ

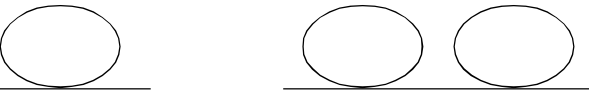
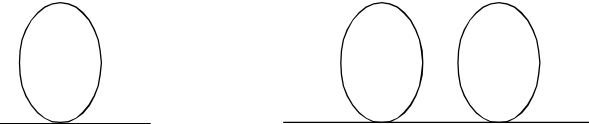
ПЕРЕУСТРОЙСТВО МАЛЫХ МОСТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ В ВОДОПРОПУСКНЫЕ ТРУБЫ ИЗ ГОФРИРОВАННОГО МЕТАЛЛА

Приведен анализ технического состояния искусственных сооружений на автомобильных дорогах Новосибирской области. Рассмотрены варианты реконструкции дефектных сооружений, сделаны предложения по конструкциям и технологии их переустройства.

Территориальное управление автомобильных дорог Новосибирской области (ГБУ НСО ТУАД) целенаправленно и планомерно использует возможности устройства водопропускных труб из гофрированного металла при переустройстве аварийных малых и средних мостов, железобетонных и бетонных труб на территориальной сети автомобильных дорог Новосибирской области. К их числу относятся металлические гофрированные трубы (МГТ) и комбинированные трубы (КТ). Этому предшествовали многолетние наблюдения (с 1987 г.) за эксплуатацией нескольких труб, построенных в качестве опытных. Конструкции труб разрабатывались индивидуально для каждого водотока ЗАО «СибЦНИИТС», были построены и эксплуатировались силами ОАО Маслянинское ДРСУ (табл. 1).

Таблица 1

**Перечень водопропускных труб, построенных на автомобильных дорогах
Маслянинского района в 1989–1997 гг.**

Наименование конструкций	Тип и отверстие построенных труб	№ по карте	Схемы поперечных сечений труб
Металлические гофрированные трубы (МГТ)			
Круглые МГТ	МГТ 2,0 м	5	
	МГТ 3×1,5 м	14	
Овальные МГТ с большей осью по горизонтали	МГТ 2×2,3×1,7 м	6	
Овальные МГТ с большей осью по вертикали	МГТ 1,7×2,3 м	9	
	МГТ 1,7×2,3 м	10	
	МГТ 2×1,7×2,3 м	12	
Овоидальные МГТ	МГТ 2,6×2,5 м	8	
	МГТ 2×2,6×2,5 м	13	

Для их устройства применяли оцинкованные элементы круглых труб диаметром 1,5; 2,0 и 3,0 м из волнистых листов толщиной 2,5 мм с размером гофр 130×32,5 мм (рис. 1), изготовленных на заводе ОАО «Алексинстройконструкция».

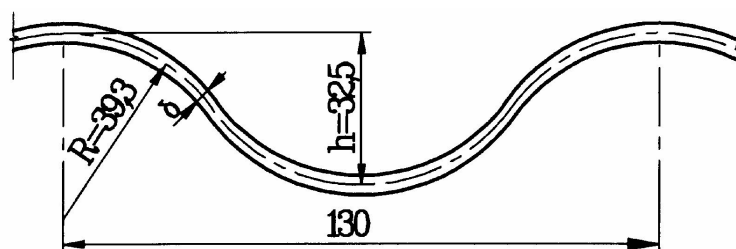


Рис. 1. Параметры «волны» гофрированного металлического листа

Снижение затрат от их применения составило в сравнении с традиционно применяемыми искусственными сооружениями: по проектно-изыскательским работам — 50 %; по строительству — 30–50 %; при эксплуатации — 85 %.

Широкому использованию гофрированных труб в нашей области способствуют особенности территории, на которой преобладает равнинная местность с большим количеством малых водотоков, часто полностью пересыхающих летом и замерзающих зимой, с преобладанием снегового стока (до 80 % общего) в период весеннего половодья.

В 2005 г. ЗАО «СибЦНИИТС» по заданию ГБУ НСО ТУАД разработало целевую региональную программу совершенствования искусственных сооружений. В ходе ее разработки были проанализированы возможности переустройства в водопропускные трубы с использованием гофрированного металла около ста малых и средних мостов с неудовлетворительным и аварийным состоянием.

Был определен оптимальный диапазон применения гофротруб по водопропускной способности от 5 до 50 м³/с (рис. 2).

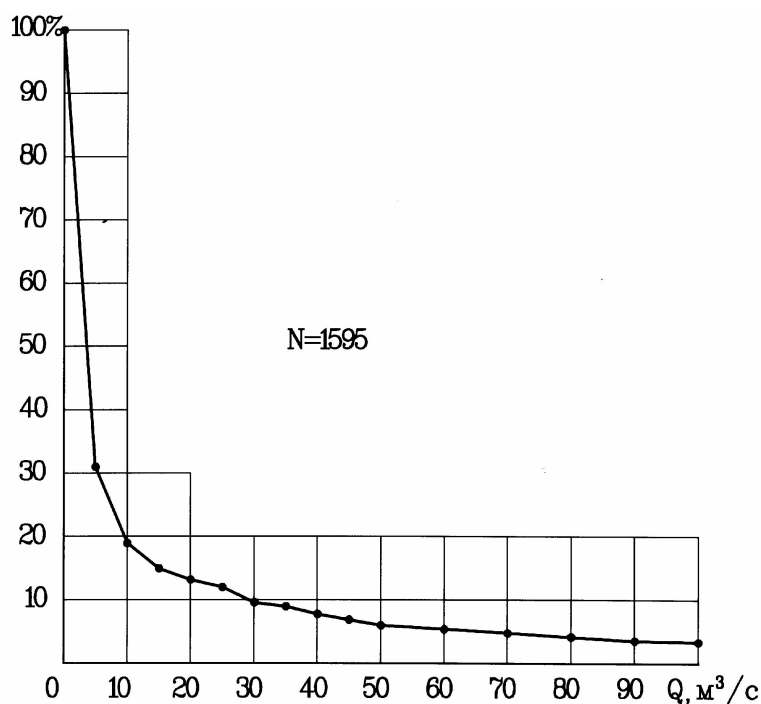


Рис. 2. Область применения гофротруб

В качестве рекомендуемых для переустройства в водопропускные трубы предложены 33 моста. Теперь вариант устройства гофрированной трубы прорабатывается как обязательный при разработке проектов переустройства малых и средних мостов, выполняемых в соответствии с [1–3], и окончательное решение принимается после сравнения показателей.

К преимуществам труб по сравнению с мостами следует отнести меньшую суммарную массу материалов, отсутствие необходимости в применении спецтехники для погрузки и перевозки конструкций вследствие их компактности; простоту сборки конструкций; лучшие транспортно-эксплуатационные характеристики в связи с отсутствием деформационных швов; существенно меньшие затраты труда. Металлические гофрированные водопропускные трубы замкнутого поперечного сечения являются гибкими конструкциями, работающими совместно с окружающими грунтами основания и насыпи. Укладка их производится бесфундаментно. Благодаря этим особенностям конструкции труб получаются относительно легкими. Трубы легко приспособляются к неравномерным осадкам основания. Поэтому постройка их и отличается экономической эффективностью. Однако при всей привлекательности этих конструкций они имеют и существенные недостатки. Основные из них следующие. Трубы из элементов толщиной 2,5 мм с размером гофр 130×32,5 мм имеют достаточно узкую область применения по высоте насыпи. При постройке труб предъявляются высокие требования к качеству их засыпки, в том числе к использованию для этих целей соответствующих качественных малодеформируемых материалов и к должному их уплотнению. Обеспечить выполнение этих требований в стесненных условиях около трубы, особенно в междуочковом пространстве и под нижними четвертями труб больших (2–3 м) отверстий, не всегда удается. В результате трубы еще в период строительства или вскоре после него могут при определенных условиях подвергаться существенным деформациям, вплоть до выхода сооружения из строя. Отсутствие фундаментов приводит к увеличению вероятности повышенных осадок основания и образования обратных уклонов в лотке.

Металлические конструкции труб постоянно находятся в контакте с водоток и подвергаются его агрессивному и абразивному воздействию, следствием чего являются повреждения стенок коррозией. Как указывалось, наиболее подвержены этому лотковая часть и зона вблизи уровня воды, долговечность которых, как правило, определяет долговечность труб в целом. Защитные лотки, в силу особенностей их работы в гибких трубах, часто быстро выходят из строя, не выполняют своих функций и требуют периодических ремонтов и замены.

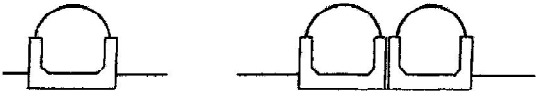
Трубы замкнутого поперечного сечения, в частности наиболее распространенные круглые МГТ диаметром 2 и 3 м, обладают относительно небольшой водопропускной способностью. Увеличение при повышенных расходах отверстия трубы за счет увеличения размеров очков (более 3–3,5 м) нецелесообразно из-за возникновения значительных подпоров, за счет применения большего количества очков относительно небольших размеров — нерационально по технико-экономическим показателям. Последнее в определенной мере относится и к увеличению размеров очков, в связи с увеличением расхода металла и недоиспользования размеров отверстия по высоте. Сборка МГТ замкнутого поперечного сечения требует относительно больших трудозатрат.

В общем рассматриваемые МГТ из элементов толщиной до 3 мм с размером гофр 130×32,5 мм в ряде случаев могут быть использованы для достижения поставленной цели преимущественно при небольших высотах насыпей и при относительно небольших расходах водотоков (примерно в первой половине диапазона 5–50 м³/с), преимущественно на периодических водотоках, при отсутствии наледообразования, а также при отсутствии повышенной агрессивности и образивности среды. Строительство труб на постоянных водотоках не допускается, если для устройства или ремонта лотка невозможно отвести поток в рядом расположенное сооружение или другим путем предотвратить доступ воды в трубу после полного возведения насыпи.

Как показал анализ, более эффективным для достижения поставленной цели, особенно при повышенных расходах водотоков и высотах насыпей, являются комбинированные трубы (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики комбинированных труб с нижней частью из железобетона и верхней из гофрированного металла

Наименование конструкций	Тип и отверстие построенных труб	№ по карте	Схемы поперечных сечений труб
КТ со сплошной железобетонной лотковой частью для каждого очка	КТ 2,9×2,6 м	16	
	КТ 2×1,9×2,1 м	2	
	КТ 2×2,9×2,6 м	4	
	КТ 3×4,8×3,8 м	15	
КТ с отдельными опорами	КТ 2×2,9×1,8 м	1	
	КТ 4,2×2,6 м	7	
	КТ 6,8×3,6 м	3	
КТ со сплошной железобетонной лотковой частью для крайних очков	КТ 3×1,4×1,6 м	11	

Очертание свода КТ принято по круговой кривой, как правило, полуциркульное. КТ, сочетая достоинства гибких гофрированных и жестких бетонных или железобетонных труб, в значительной мере лишены многих недостатков, присущих обоим этим конструкциям. По сравнению с МГТ распор от свода воспринимается не только грунтом засыпки, но и железобетонными (бетонными) опорами, в результате чего снижается влияние засыпки. Резко улучшаются условия засыпки трубы. Водоток большую часть периода эксплуатации пропускается без контакта с металлом свода. Полностью отсутствуют характерные для МГТ зоны металлоконструкций, наиболее сильно подвергающиеся коррозии: лотковая часть и зона вблизи уровня меженных вод. При одинаковой ширине отверстия КТ обладают большей водопропускной способностью. В них существенно снижены расход гофрированного металла и трудозатраты на строительство. По сравнению с жесткими бетонными или железобетонными КТ, благодаря сплошному по длине трубы гибкому своду, легко приспособляются к неравномерным осадкам без нарушения сплошности конструкции и часто могут укладываться бесфундаментно. В них значительно уменьшен расход кладки,

масса конструкций и трудоемкость строительства, особенно по сравнению с прямоугольными бетонными трубами.

До 2005 г. построены и введены в эксплуатацию 12 МГТ и 15 КТ. В 2005–2008 гг. подрядными организациями ГБУ НСО ТУАД построены еще 9 труб с использованием гофрированного металла в шести районах области.

Сооружение трубы любого типа начинают с подготовки основания, которое должно обеспечить контакт по всей площади и равномерную нагрузку конструкций на грунт, уплотненный до 0,95 максимальной стандартной плотности. В зависимости от вида и характеристик подстилающих грунтов, работы по подготовке основания включают: вырезку верхнего слоя грунта землеройным механизмом (бульдозером или экскаватором) и его транспортировку в отвал; послойную отсыпку грунтовой подготовки (так называемые подушки) с ее уплотнением грунтоуплотняющими машинами; вырезку ложа под трубу по шаблону (грейдером, оснащенным специальным ножом, или вручную). Толщины слоев подушки назначают в зависимости от используемой грунтоуплотняющей машины. Подушке придают строительный подъем в соответствии с рабочим проектом. Следует отметить, что подготовка основания является одним из главных моментов при строительстве труб, определяющих безосадочность и бездеформативность конструкции, а значит, надежность статической работы и долговечность. Прежде всего, подрядная организация должна обеспечить осушение участка монтажа. Именно необеспеченность водоотливной техникой часто является причиной осложнений и приводит к срыву сроков и низкому качеству выполнения работ.

Сборку труб производят в соответствии с монтажной схемой, имеющейся в проекте. В зависимости от геометрических размеров конструкции и местных условий монтаж выполняют из отдельных элементов или предварительно собранных на полигоне секций. При сборке секций необходимо следить за тем, чтобы один торец элемента находился на наружной поверхности звена, а второй — на внутренней. При этом во втором ряду продольного стыка не должно быть отверстий на наружных гребнях волн. В правильно собранных звеньях труб все марки должны быть видны. По наружной поверхности тела трубы делается обмазочная гидроизоляция.

После установки трубы в проектное положение производят подсыпку грунта в зазоры между грунтовым ложем и поверхностью нижней части трубы. Подсыпанный грунт следует уплотнить, используя ручные инструменты (деревянные штыковки диаметром не более 8 см и др.). Далее следует произвести дополнительную подсыпку грунта в нижней четверти трубы до охвата не менее 120° с уплотнением подсыпанного слоя ручными электротрамбовками. Электротрамбовки при уплотнении располагают не ближе 5 см к гребням гофров. Оставшийся в нижней части грунт уплотняют штыковками. Затем производят полную засыпку сооружения, которую следует вести с опережением возведения земляного полотна.

Процесс устройства грунтовой призмы у трубы включает: отсыпку грунта слоями заданной толщины автосамосвалами с разравниванием бульдозером; послойное уплотнение грунта грунтоуплотняющими машинами, а в непосредственной близости от трубы — ручными механизированными трамбовками. Контроль плотности грунта следует осуществлять на протяжении всего процесса

засыпки трубы путем отбора проб (обустройство трубы, укрепление и водоотвод). Укрепление входного и выходного русел, а также откосов насыпи выполняется в соответствии с общепринятыми конструктивными решениями. КТ могут укладываться на гравийно-песчаных фундаментах (подушках), на фундаментах из монолитного бетона и на сборно-монолитных фундаментах. В районах с суровыми климатическими условиями, каковыми характеризуется территория Новосибирской области, трубы, в зависимости от инженерно-геологических условий в основании, могут быть уложены на гравийно-песчаные фундаменты (подушки) или фундаменты из монолитного бетона. Основные схемы поперечных сечений труб на фундаментах обоих типов приведены на рис. 3 и 4.

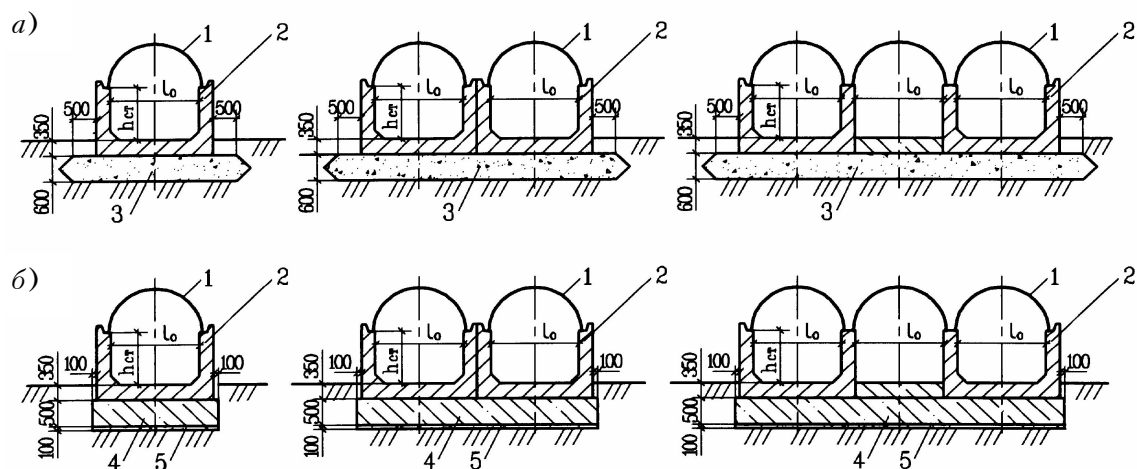


Рис. 3. Поперечные сечения средней части комбинированных труб со сплошной лотковой частью из железобетона:

а — на гравийно-песчаной подушке; б — на фундаменте из монолитного бетона; 1 — свод; 2 — лотковая часть; 3 — подушка; 4 — фундамент; 5 — щебеночная подготовка

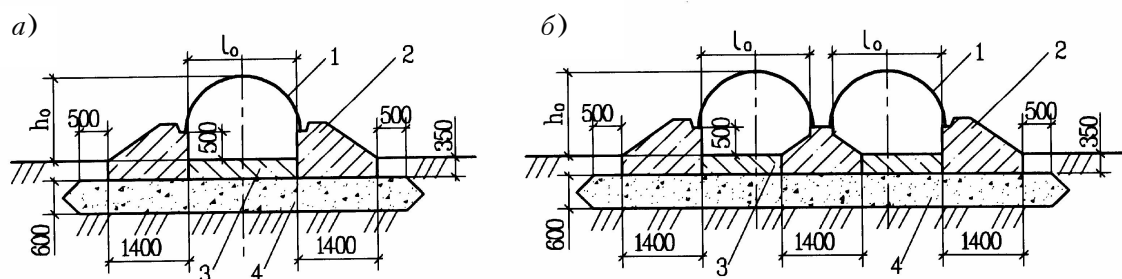


Рис. 4. Поперечные сечения средней части комбинированных труб с отдельными бетонными опорами на гравийно-песчаной подушке:

а — одноочковой; б — двухочковой; 1 — свод; 2 — опоры-стенки; 3 — лоток; 4 — подушка

Гравийно-песчаные фундаменты применяют на скальных, крупнообломочных грунтах с песчаным и пылевато-глинистым заполнителем при показателе текучести $J_l \leq 0,5$; крупных и средней крупности песках плотных и средней плотности; пылевато-глинистых грунтах при $J_l \leq 0,5$. При этом применение трехочковых труб допускается только на скальных, крупнообломочных грунтах с песчаным и пылевато-глинистым заполнителем при $J_l \leq 0,5$. Фундаменты из

монолитного бетона применяют на песках мелких и пылеватых, плотных и средней плотности; пылевато-глинистых грунтах при показателе текучести $J_l > 0,5$. При недостаточной несущей способности следует предусматривать усиление основания (замена грунта, свайный фундамент и т.п.).

На рис. 5 показан узел сопряжения свода с лотковой частью.

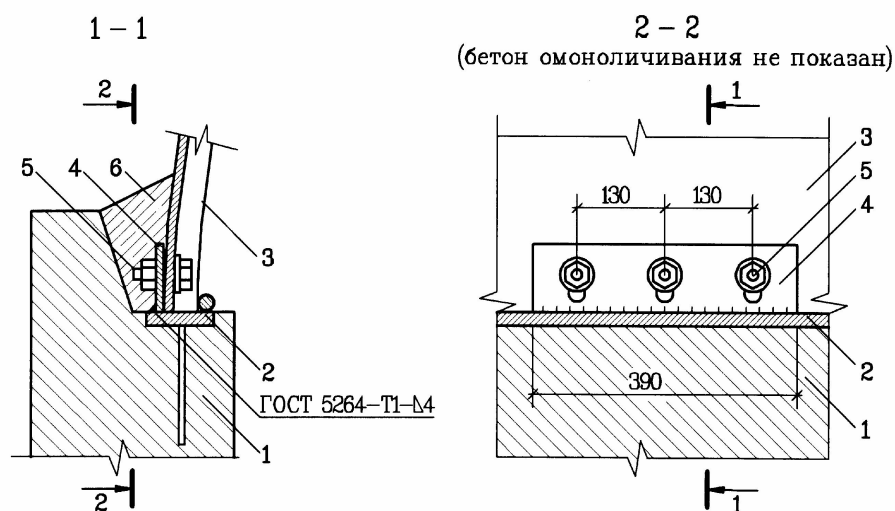


Рис. 5. Узел соединения свода с лотковой частью:

1 — лотковая часть; 2 — закладная деталь; 3 — свод; 4 — накладка; 5 — болтовое соединение; 6 — монолитный бетон

Оголовки предусмотрены четырех типов. Оголовки типов I и II запроектированы с использованием блоков лотковой части в виде лотка с торцом, выпущенным за пределы подошвы насыпи и срезанным вертикально (тип I) или по откосу насыпи (тип II), типов III и IV — с использованием блоков откосных стенок по действующей типовой документации прямоугольных железобетонных водопропускных труб. Оголовок типа III раструбный с откосными стенками, расположенными под углом 20° к оси трубы (рис. 6), оголовок типа IV с параллельными стенками.

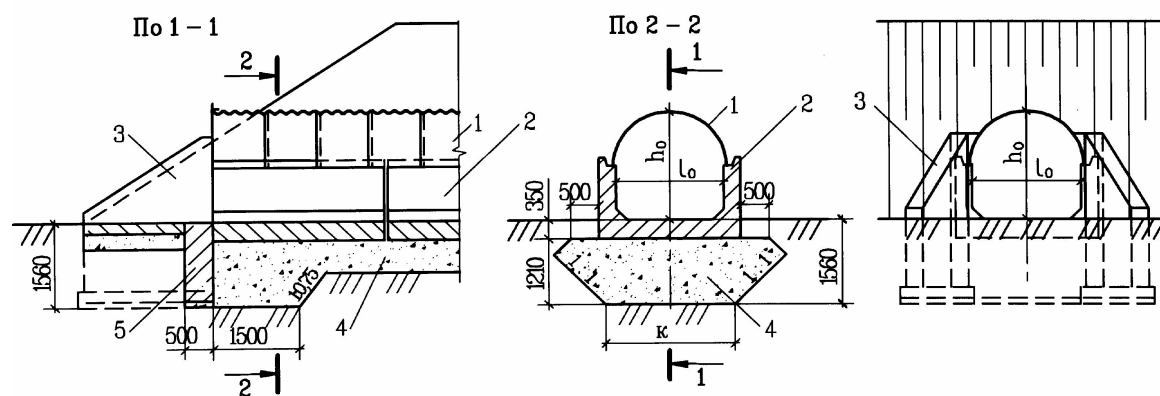


Рис. 6. Оголовок типа III для комбинированных труб на подушке:

1 — свод; 2 — лотковая часть; 3 — откосные стенки; 4 — гравийно-песчаная подушка; 5 — противофильтрационный экран

Портальные стенки ни в одном оголовке не предусмотрены. Оголовки всех типов могут применяться в любых климатических условиях на всех указанных выше фундаментах (за некоторым исключением для оголовков типа III и IV).

Засыпка труб (устройство грунтовых призм) предусмотрена по схеме, представленной на рис. 7.

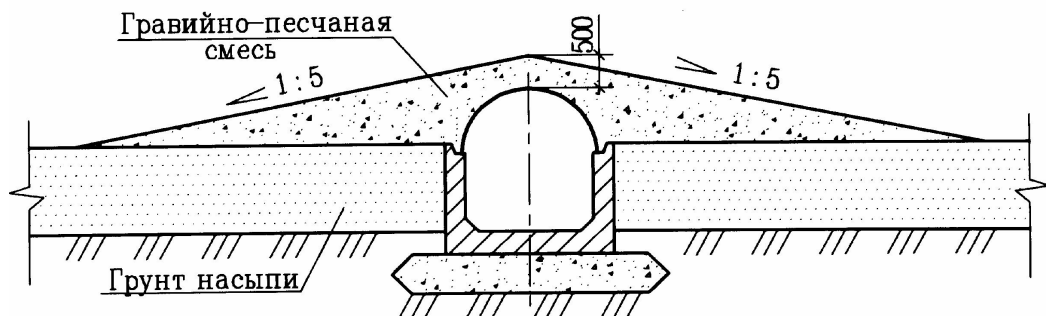


Рис. 7. Схема засыпки комбинированных труб

Экономия от внедрения МГТ и КТ только при их строительстве (за период 2005–2008 гг.) составила свыше 80 млн р. Ожидаемая экономия от переустройства еще 24 искусственных сооружений составит 170 млн р.

Следует отметить, что кроме 270 мостов государственной собственности в области эксплуатируется 230 мостов муниципальной собственности, доля малых, в том числе ветхих деревянных сооружений среди которых весьма значительна. Обследование и переустройство большей части из них — только вопрос времени.

Библиографический список

1. СНиП 2.05.03–84*. Мосты и трубы / Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1996. 214 с.
2. ВСН 176–78. Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных труб. М., 1978. 77 с.
3. Методические рекомендации по применению металлических гофрированных труб. М.: Росавтодор, 2002. 75 с.
4. Автомобильные дороги Новосибирской области. Отчет СГУПС по материалам ОГУ ТУАД Новосибирской области. 1998. 94 с.