

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
*(проект,  
первая редакция)*

---

**ДОРОГИ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**  
**МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОФРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения



Москва  
Стандартинформ  
2020

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0–2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о стандарте

- 1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Мастерская Мостов» (ООО «Мастерская Мостов»)
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК-418 «Дорожное хозяйство»
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от № \*\*\*\*-ст
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется (по состоянию на 1 января текущего года) в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.gost.ru](http://www.gost.ru)).*

© *Стандартинформ*, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения национального органа Российской Федерации по стандартизации

## Содержание

1	Область применения .....
2	Нормативные ссылки.....
3	Термины и определения.....
4	Обозначения и сокращения.....
5	Основные положения .....
5.1	Общие указания.....
5.2	Расположение водопропускных труб и засыпных мостов из МГЭ.....
5.3	Типы сооружений из МГЭ.....
5.4	Основные требования к конструкциям .....
5.4.1	Общие требования .....
5.4.2	Дополнительные требования к водопропускным сооружениям.....
5.5	Деформации, перемещения конструкций.....
5.6	Эксплуатационные обустройства .....
6	Материалы и полуфабрикаты для проектирования сооружений из МГЭ.....
6.1	Металлические элементы сооружений из МГЭ и элементы усиления.....
6.2	Основные и дополнительные защитные покрытия.....
6.3	Бетонные и железобетонные конструкции .....
6.4	Грунтовые материалы.....
6.5	Материалы армирования грунтовой обоймы .....
7	Основные конструктивные требования для сооружений для МГЭ.....
7.1	Конструкция сооружений из МГЭ .....

7.2	Конструкция усиления МГЭ .....
7.3	Конструкция оголовков .....
7.4	Конструкция оснований сооружений из МГЭ замкнутого контура.....
7.5	Устройство сооружений замкнутого контура из МГЭ на скальных грунтах .....
7.6	Конструкция фундаментов сооружений из МГЭ разомкнутого сечения.....
7.7	Устройство фундаментов сооружений из МГЭ на вечномёрзлых грунтах.....
7.8	Устройство грунтовой обоймы.....
7.9	Системы усиления грунтовой обоймы сооружений из МГЭ
7.9.1	Армогрунтовые системы .....
7.9.2	Прочие системы усиления грунтовой обоймы .....
7.10	Конструкция лотков внутри металлических гофрированных труб.....
8	Нагрузки и воздействия .....
9	Расчет засыпных мостов и труб из МГЭ на воздействие водного потока.....
9.1	Общие указания.....
9.2	Гидравлический расчет водопропускных труб .....
9.3	Гидравлический расчет засыпных мостов.....
9.4	Расчет укрепления подмостового пространства, нижнего и верхнего бьефов .....
10	Расчет засыпных мостов и труб .....
10.1	Основные требования к расчету по методике предельных

состояний.....	
10.2 Общие требования к построению расчетной схемы МГЭ ..	
10.3 Расчет несущих конструкций из МГЭ малого диаметра .....	
10.4 Расчет конструкции по предельному равновесию .....	
10.5 Проверка общей устойчивости формы поперечного сечения МГТ.....	
10.6 Определение предельных деформаций поперечного сечения МГТ.....	
10.7 Расчет несущих конструкций из МГЭ арочного и коробчатого контура, а также труб полирадиусного контура.....	
10.8 Расчет концевых участков сооружений из МГЭ .....	75
10.9 Расчет болтовых соединений стыков .....	
10.10 Расчет оснований и фундаментов сооружений из МГЭ ...	
10.11 Защита участка насыпи с расположенными на нем сооружениями из МГЭ от оползневых воздействий.....	
Библиография .....	

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ДОРОГИ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

---

**Мостовые сооружения**  
**Проектирование гофрированных элементов**

Automobile roads of general us. Bridge construction.  
Design of corrugated structures

---

Дата введения – 20\_\_ - \_\_ - \_\_

## **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает требования к правилам проектирования металлических элементов пролетных строений при проектировании новых, реконструируемых и подвергаемых капитальному ремонту мостовых сооружений постоянного типа, а также пешеходных мостов.

Нормы стандарта не распространяются на проектирование:

- на железных дорогах;
- на автомобильных дорогах лесозаготовительных и лесохозяйственных организаций, не выходящих на сеть дорог общего пользования и к водным путям;
- галерей, конструкций для пропуска селей;
- служебных эстакад;
- коммуникационных сооружений, не предназначенных для пропуска транспортных средств и пешеходов.

Требования стандарта распространяются на мостовые сооружения, предназначенные для эксплуатации в любых климатических условиях и в районах с расчетной сейсмичностью до 9

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| ГОСТ 9.401-2018 | Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов |
| ГОСТ 9.602-2016 | Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии  |
| ГОСТ 9.307-89   | Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля  |
| ГОСТ 9.302-88   | Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля (с Поправкой)                           |
| ГОСТ 3640-94    | Цинк. Технические условия  |
| ГОСТ 8736-2014  | Песок для строительных работ. Технические условия (с Поправкой)  |
| ГОСТ 23735-2014 | Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия  |
| ГОСТ 25100-2011 | Грунты. Классификация  |
| ГОСТ 26633-2015 | Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия   |
| ГОСТ 27751-2014 | Надежность строительных конструкций и  |

	оснований. Основные положения
ГОСТ Р 32960-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки. Расчетные схемы нагружения
ГОСТ Р 52748-2007	Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения
ГОСТ 30244-94	Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
ГОСТ 30247.0-94	Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования
ГОСТ 30247.1-94	Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции
ГОСТ 15902.3-79	Полотна нетканые. Методы определения прочности (с Изменениями N 1, 2)
ГОСТ 8977-74	Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения гибкости, жесткости и упругости (с Изменениями N 1, 2, 3)
ГОСТ Р 54401-2020	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия
СП 11-105.97	Инженерно-геологические изыскания для строительства
СП 14.13330.2018	Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменением N 1)
СП 20.13330.2016	Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

1, 2)

- СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с Изменениями N 1-4)
- СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 (с Изменениями N 1, 2)
- СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\* (с Изменениями N 1, 2)
- СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96
- СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изменением N 1)
- СП Строительная климатология.  
131.13330.2018 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины и определения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.2

**армогрунт:** Композитный материал, состоящий из слоев уплотненного грунта и армирующих элементов различного вида, укладываемых между слоями грунта.

3.3

**армогрунтовая мембрана (геомембрана):** Конструкция, состоящая из грунтового слоя в замкнутой оболочке из армирующих полотнищ, предназначенная для восприятия растягивающих напряжений и равномерного распределения давления на МГТ от вышележащих слоев грунта и временной нагрузки.

3.4

**армогрунтовая система:** Система, состоящая из грунта основания, уплотняемых слоев грунта насыпи и армирующих элементов в виде металлических стержней, полос, арматурных каркасов или геосинтетических тканей, решеток, сеток, закладываемых между слоями грунта насыпи с определенным вертикальным шагом.

3.5

**безнапорный режим работы:** Ламинарное течение воды при пропуске водного потока через сооружение с гарантированным обеспечением исключения возникновения турбулентности при расчетном и максимальном расходах.

3.6

**безотпорная зона:** участок в верхней части сооружения из МГЭ (трубы или арки) в районе шылыги прогибающийся вниз под действием веса грунта и временных нагрузок, на который не действует отпор грунта; центральный угол безотпорной зоны составляет  $n 90^\circ$ .

3.7

**геомассив:** Ограниченная часть геосреды, влияющая на сооружения посредством гидрогеологических и геодинамических процессов (разломы, карсты, оползни).

3.8

**грунтовая (армогрунтовая) обойма:** Массив грунта, окружающий сооружение из МГЭ, отсыпанный из дренирующего, тщательно уплотненного грунта, ограниченный размерами, определенными для конкретного сооружения, предназначенный для восприятия сжимающих напряжений при работе под полезной нагрузкой совместно с сооружением, что достигается в ряде случаев не только уплотнением грунта, но и дополнительным усилением обоймы путем армирования с помощью арматуры различного типа.

3.9

**демпфирующий слой:** слой песка (или ПГС), защищающий от повреждений покрытие сооружения при производстве СМР.

3.10

**металлическая гофрированная труба МГТ:** Водопропускная труба под насыпью автодороги для пропуска воды постоянных или временных водотоков.

3.11

**мостовое сооружение из металлических гофрированных элементов:** Засыпной мост в виде арки (бесшарнирной или с шарнирами), имеющий опоры и работающий совместно с грунтовой обоймой. Применяется для пропуска водотока, транспорта, пешеходов, скотопрогонов, миграции животных.

3.12

**оползень:** Сдвиг массива грунта под действием природных или техногенных воздействий, приводящий к смещениям больших объемов грунта. **оползневое воздействие:** Силовое воздействие

сползающего массива грунта, приводящее к повреждению или разрушению сооружения.

3.13

**оползневое давление:** Расчетная величина давления сползающего массива грунта, на которое должны быть рассчитаны противооползневые сооружения для обеспечения нормируемого(требуемого) коэффициента устойчивости.

3.14

**потенциально оползневой склон:** Природный береговой склон, имеющий в естественных условиях коэффициент устойчивости, требуемый нормами, уменьшающийся до недопустимых значений при воздействии на него природных или техногенных факторов.

3.15

**распределительная плита:** плита, выполненная из объёмной георешетки, заполненной гравием или ПГС, располагаемая между верхом сооружения и дорожной одеждой для распределения сосредоточенных нагрузок от подвижного состава на сооружении из МГЭ.

3.16

**расчетная схема сооружения:** Условная схема со всеми исходными параметрами, необходимая для расчета с целью определения напряженнодеформированного состояния сооружения.

3.17

**сейсмостойкость:** Способность зданий и сооружений противостоять сейсмическим воздействиям без потери эксплуатационных качеств.

3.18

**система «конструкция-грунт»:** Сооружение из металлических гофрированных элементов в грунтовой обойме, сооруженные таким образом, чтоб обеспечить совместную работу.

3.19

**строительный подъем:** Выгиб сооружения или его конструктивных элементов по форме, противоположный прогибу от постоянной и определенной части временной нагрузки с целью обеспечения плавности езды транспортных средств.

3.20

**устойчивость положения сооружения на опрокидывание:** Обеспечение требуемого нормами соотношения между моментами удерживающих и опрокидывающих сил относительно возможной точки опрокидывания.

3.21

**устойчивость положения сооружения на сдвиг:** Обеспечение требуемого нормами соотношения между удерживающими и сдвигающими силами, предотвращающее смещение сооружения по плоской, круглоцилиндрической или иной поверхности скольжения.

3.22

**хладостойкость:** Способность материалов, элементов конструкций и их соединений сопротивляться хрупким разрушениям при низких температурах окружающей среды.

3.23

**шелыга свода:** верхняя часть криволинейной цилиндрической поверхности, ограничивающей свод по верху.

## 4 Обозначения и сокращения

$A$	– площадь сечения нетто;
$A_b$	– площадь сечения стержня болта;
$C_{кр}$	– коэффициент Шэзи в сечении с критической глубиной;
$D$	– диаметр элемента контура сооружения;
$D_э$	– эквивалентное сечение, представляющее собой диаметр круга, равный по площади поперечному сечению сооружения $\omega_{соор}$ ;
$E$	– модуль упругости первого рода (Юнга);
$E_{гр}$	– компрессионный модуль упругости грунта;
$F$	– площадь продольного сечения стенки на единицу длины трубы;
$G$	– обобщенный показатель жесткости взаимодействующей системы "конструкция-грунт";
$H$	– высота элемента сооружения;
$I$	– моменты инерции сечения брутто;
$K_{ув}$	– коэффициент увеличения несущей способности МГТ за счет упругого отпора окружающего грунта;
$M$	– момент, изгибающий момент;
$M_{пл}$	– изгибающий момент, соответствующий образованию пластического шарнира;
$N$	– продольная сила;
$Q$	– гидравлический расход сооружения;
$R$	– радиус контура сечения сооружения по средней линии;
$R_{bp}$	– расчетное сопротивление смятию болтовых соединений;
$R_{bs}$	– расчетное сопротивление болтов срезу;
$R_y$	– расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию,

- изгибу по пределу текучести;
- $R_0$  – основное расчетное сопротивление стали при действии осевых сил;
- $R_{кр}$  – гидравлический радиус в сечении с критической глубиной;
- $S$  – длина пролета разомкнутого контура сооружения;
- $S_b$  – расчетное сдвигающее усилие на один болт;
- $W$  – минимальные моменты сопротивления сечения брутто;
- $W_n$  – минимальные моменты сопротивления сечения нетто;
- $W_{пл}$  – пластический момент сопротивления;
- $b$  – средняя ширина потока в сооружении;
- $b_{кр}$  – средняя ширина потока в сечении с критической глубиной;
- $c_{гр}$  – коэффициент упругого отпора грунта;
- $d$  – диаметр стержня болта;
- $g$  – ускорение свободного падения;
- $h_б$  – бытовая глубина потока в естественном русле;
- $h_{вх}$  – глубина потока на входе в сооружение;
- $h_{вых}$  – глубина потока на выходе из сооружения;
- $h_з$  – глубина заменяемого грунта;
- $h_{кр}$  – критическая глубина потока;
- $h_T$  – высота трубы;
- $i_L$  – уклон лога;
- $i_T$  – уклон лотка внутри трубы;
- $k'$  – коэффициент гибкости;
- $m$  – коэффициент гидравлического расхода;
- $m_y$  – коэффициент условий работы;
- $n$  – коэффициент гидравлического трения;
- $n_b$  – число болтов в соединении на единицу длины трубы;

- $q$  – интенсивность вертикального давления грунта на МГТ от постоянных и временных нагрузок с учетом коэффициентов перегрузки согласно действующим нормам;
- $q_p$  – расчетная несущая способность МГТ в грунте, т.е. интенсивность предельно допустимой нагрузки из условия предельного статического равновесия рассчитываемой системы;
- $q_{1,p}$  – расчетная несущая способность МГТ вне грунта;
- $r$  – радиус инерции;
- $t$  – толщина;
- $v_{\text{ВЫХ}}$  – скорость потока на выходе из сооружения;
- $\Delta D_{\text{пред}}$  – предельное относительное уменьшение горизонтального диаметра МГТ;
- $\Delta D'_{\text{пред}}$  – предельное относительное увеличение горизонтального диаметра МГТ;
- $\Pi_Q$  – параметр гидравлического расхода сооружения;
- $\beta$  – угол опирания трубы на грунтовое ложе;
- $\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности;
- $\varepsilon_{\text{п}}$  – коэффициент сжатия в определяющем сечении;
- $\lambda$  – расчетная гибкость трубы;
- $\lambda_0$  – предельная гибкость трубы;
- $\mu_{\text{гр}}$  – коэффициент Пуассона грунта;
- $\mu_{\text{п}}$  – коэффициент гидравлического расхода в определяющем сечении;
- $\sigma_{\text{кр}}$  – основное расчетное сопротивление стали при действии осевых сил;
- $\sigma_{\text{п.ц.}}$  – предел пропорциональности стали;
- $\sigma_m$  – предел текучести стали;

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

- $\varphi$  – коэффициент устойчивости;
- $\chi_{кр}$  – смоченный периметр в сечении с критической глубиной;
- $\omega_{кр}$  – площадь живого сечения потока в сечении с критической глубиной;
- $\omega_{соор}$  – площадь поперечного сечения сооружения;

*МГЭ* - металлические гофрированные конструкции;

*МГТ* - металлическая гофрированная труба.

## **5 Основные положения**

### **5.1 Общие указания**

5.1.1 Засыпные мосты и водопропускные трубы под насыпями из металлических гофрированных элементов следует проектировать капитального типа. При проектировании новых, реконструируемых и подвергаемых капитальному ремонту мостов и труб следует:

- обеспечить совместную работу сооружения из МГЭ с грунтом засыпки;
- обеспечить требуемую надежности конструкций от возникновения предельных состояний;
- выполнять требования к эксплуатационным характеристикам транспортных сооружений, а именно, обеспечению надежности, долговечности и бесперебойной эксплуатации сооружений, а также безопасности и плавности движения транспортных средств, безопасности для пешеходов и охране труда в процессе строительства и эксплуатации;
- предусмотреть возможность попадания маломобильных групп населения на тротуары и пешеходные сооружения;
- обеспечить эксплуатационные характеристики сооружения из МГЭ на весь период его эксплуатации;
- предусмотреть безопасный пропуск расчетных расходов паводков на водотоках (согласно требованиям ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов»);
- принять проектные решения, обеспечивающие экономное расходование материалов, экономию топливных и энергетических ресурсов, снижение стоимости и трудоемкости строительства и эксплуатации;
- обеспечить внедрение инновационных конструкций и технологий,

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

новых строительных материалов;

- предусмотреть использование деталей, изделий и материалов, отвечающих требованиям государственных стандартов;
- учесть перспективы развития транспортных средств и дорожной сети, реконструкции имеющихся и строительства новых подземных и наземных коммуникаций, благоустройства и планировки населенных пунктов, сельскохозяйственного освоения земель;
- предусмотреть меры по охране окружающей среды (в том числе по предотвращению заболачивания, проявления термокарстовых, эрозионных, наледных и других опасных процессов), по поддержанию экологического равновесия и охране рыбных запасов;
- предусмотреть разработку технологических регламентов, необходимых для реализации принятых конструктивно-технологических решений;
- основные технические решения, принимаемые в проектах новых и реконструируемых засыпных мостов и труб из МГЭ, следует обосновать путем сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов.

5.1.2 Водопропускные сооружения из МГЭ следует использовать как для пропуска периодически действующих водотоков, так и для пропуска постоянных водотоков. Допускается применение сооружений из МГЭ для удлинения существующих бетонных, железобетонных и каменных труб при уширении проезжей части и реконструкции дорог, а также для замены малых мостов и путепроводов.

5.1.3 Основания и фундаменты, опоры, МГЭ, эксплуатационные обустройства должны удовлетворять проектной долговечности.

Минимальные проектные сроки службы и сроки до первого ремонта мостов и водопропускных труб приведены в СП 35.13330.

Срок службы несущих конструкций сооружения после реконструкции следует определять в техническом задании, но он не

может быть меньше 25 лет.

Сроки службы при соответствующем технико-экономическом обосновании могут быть изменены в процессе эксплуатации в случаях:

- замены конструкций при кардинальном изменении архитектурно-планировочных решений в районе мостового перехода, связанных, в том числе, с возрастанием интенсивности движения транспортных средств и пешеходов;
- замены конструкций вследствие непредвиденных катастрофических повреждений и разрушений;
- выполнения мероприятий по усилению и защите несущих конструкций.

5.1.4 При ремонте и реконструкции засыпных мостов и труб из МГЭ следует учитывать их физическое состояние, фактическую грузоподъемность конструкций, продолжительность и режим эксплуатации сооружений после реконструкции.

5.1.5 Расчеты следует выполнять в соответствии с требованиями статьи 3 ТР ТС 014/2011 [1].

## **5.2 Расположение водопропускных труб и засыпных мостов из МГЭ**

5.2.1 Расположение оси сооружения, его положение в плане и профиле, назначение отверстия следует производить с учетом условий трассирования дороги, принятых градостроительно-планировочных решений, а также опасных геологических процессов, русловых, гидрогеологических, экологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические и эксплуатационные показатели соответствующего участка дороги.

5.2.2 Допускается пересечение оси сооружений из МГЭ с осью

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

автомобильной дороги под различными углами с учетом расчета на несимметричное нагружение.

5.2.3 Число и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока следует определять на основе гидравлических расчетов, при этом необходимо учитывать последующее влияние сооружения на окружающую среду.

Пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение должен быть обоснован, а при наличии вечномерзлых грунтов, селевого стока, лессовых грунтов и возможности образования наледи - не допускается.

### **5.3 Типы сооружений из МГЭ**

5.3.1 При проектировании и строительстве транспортных сооружений на автомобильных дорогах, допускается применение металлических гофрированных элементов (МГЭ) имеющих различную геометрию и систему гофрировки, позволяющих формировать поперечные сечения замкнутого и открытого контура: круглые, полицентрические, арочные, коробчатые.

5.3.2 В зависимости от назначения, сооружения из МГЭ подразделяются на водопропускные сооружения (водопропускные трубы, ливневая канализация) и насыпные мосты (малые мосты, путепроводы, скотопрогоны, экотоннели и т.д.).

5.3.3 Форма и размеры поперечного сечения сооружения назначаются по результатам прочностных и гидравлических расчетов, исходя из технического задания и с учетом требований к габаритам транспортных сооружений.

Форма поперечного сечения сооружения из МГЭ должна обеспечивать плавное сопряжение с руслом водотока или проезжей частью автодороги.

5.3.4 При полирадиусной геометрии контура, должно быть обеспечено плавное сопряжение точек касания кривых различных радиусов (общая касательная). Плавное сопряжение должно контролироваться при сборке на заводе поставщике с отражением в документации поставки.

5.3.5 При коробчатой геометрии контура соответствие радиуса свода и радиусов сопряжений с боковыми сторонами не должно быть более, чем 5:2.

5.3.6 Отношение подъема к пролету арочного контура должно быть не менее 0,3.

5.3.7 Водопропускные сооружения разомкнутого контура, замкнутого контура отверстием более 3,0 м, а также сооружения прочего назначения с любым размером отверстия по схеме своей работы под динамической и статической нагрузкой представляют собой мостовые сооружения.

## **5.4 Основные требования к конструкциям**

### **5.4.1 Общие требования**

5.4.1.1 Конструктивные, архитектурные и объемно-планировочные решения сооружений из МГЭ, применяемые материалы и изделия должны быть технологически целесообразными и исполнимыми при строительстве, текущем содержании в период эксплуатации, при ремонтах и реконструкции.

5.4.1.2 Основные размеры конструкции новых сооружений, а также массу и размеры элементов следует назначать с учетом условий изготовления и возможности использования при монтаже и перевозке общестроительных и специализированных кранов и транспортных средств серийного производства.

Следует применять элементы и укрупненные монтажные блоки

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

максимальной заводской готовности с минимальными объемами работ по образованию соединений на монтаже.

5.4.1.3 При проектировании сооружений из МГЭ необходимо учитывать установленные для них допустимые отклонения формы и геометрических размеров согласно действующим ТУ заводов изготовителей. Для нетиповых элементов, при соответствующем обосновании могут быть установлены свои значения допустимых отклонений.

5.4.1.4 Минимальную толщину основного металла следует принимать по расчету, но не менее 2,5 мм по условиям долговечности, а при наличии агрессивных вод и для сооружений, возводимых в районах с расчетной минимальной температурой воздуха ниже минус 40°С и в районах распространения вечномерзлых грунтов, не менее 2,75 мм.

5.4.1.5 Наименьшую толщину засыпки над водопропускной МГТ следует принимать равной:

на автомобильных дорогах I-V категории, а также на дорогах и на улицах городов и поселков - 0,5 м до низа дорожной одежды, но не менее 0,8 м до верха дорожного покрытия;

Минимальная толщина засыпки над сводом водопропускных сооружений из гофрированного металла диаметром (или пролетом) больше 10 м должна проверяться расчетом.

В обоснованных случаях на улицах и автомобильных дорогах толщину засыпки над сооружениями из МГЭ допускается принимать менее 0,5 м. Во всех случаях при уменьшенной толщине засыпки должны выполняться содержащиеся в п. 6.22 СП 35.13330.2011 указания по учету динамического воздействия временных нагрузок.

При армировании грунтовой обоймы и устройстве мембраны из объемных георешеток над шельгой свода сооружения, а также при осуществлении других специальных конструктивно-технологических

мероприятий допускается уменьшать толщину засыпки при условии проверки расчетом.

5.4.1.6 Размеры и конструктивные решения по укреплению откосов назначаются исходя из размеров грунтовой обоймы с учетом требований по укреплению откосов СП 78.13330 для автомобильных дорог.

5.4.1.7 Отверстия труб и засыпных мостов допускается увеличивать для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов и для пропуска сельскохозяйственных машин с обеспечением соответствующих габаритов по ГОСТ Р 52748.

5.4.1.8 Должны быть предусмотрены мероприятия по защите элементов конструкции при устройстве грунтовой обоймы, отсыпке насыпи и укреплении откосов, от механических повреждений при работе строительной техники, засорения и загрязнения, вредных воздействий агрессивных сред, высоких температур и т.п.

5.4.1.9 Сооружения не должны опираться на фундаменты, которые являются относительно неподатливыми по сравнению с прилегающей боковой засыпкой.

5.4.1.10 Минимальное расстояние между соседними отверстиями сооружения должно быть не менее указанного в таблице 1.

Таблица 1

Диаметр (пролет) сооружения D (S), мм	Минимальное допустимое расстояние между отверстиями, мм
Сооружения замкнутого контура	
< 600	300
600 - 1800	D/2
> 1800	900
Сооружения разомкнутого контура	
Любой пролет	600

5.4.1.11 Допускается уменьшать расстояние между отверстиями при условии заполнения пространства между ними бетонной смесью.

5.4.1.12 Сооружения из МГЭ допускается проектировать без

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

устройства оголовков. При этом нижняя часть несрезаемого контура сооружения должна выступать из насыпи на уровне ее подошвы не менее, чем на 0,2 м, а сооружение со срезанным концом должно выступать из тела насыпи не менее чем на 0,5 м.

#### **5.4.2 Дополнительные требования к водопропускным сооружениям**

5.4.2.1 Отверстие сооружения определяют на основании гидравлических расчетов. Полученные гидравлические характеристики должны обеспечить нормальный режим работы сооружения и гарантировать сооружение от возникновения скоростей протекания воды, приводящих к повреждению конструкции сооружения, размывам грунта насыпи, подводящего и отводящего русел водотока.

5.4.2.2 Для водопропускных сооружений следует предусмотреть безнапорный режим работы. При этом под оголовками труб следует предусматривать противофильтрационные экраны. Также необходимо обеспечивать водонепроницаемость стыков элементов, укрепление русла, устойчивость насыпи и грунтовой обоймы против фильтрации воды.

Обеспечить формирование плавного сжатия потока в пределах переходных участков - входного и выходного оголовков, исключая возможность появления затопленного водослива и возникновения бурного протекания воды на входе и на выпуске из сооружения.

5.4.2.3 Отверстие (и высоту в свету) труб следует назначать, как правило, не менее, м:

- 1,0 - при длине трубы до 20 м;
- 1,5 - при длине трубы 20 м и более.

Отверстия труб на автомобильных дорогах ниже II категории допускается принимать равными 1 м при длине их не более 30 м.

Отверстия труб на автомобильных дорогах общего пользования в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 40°С (с обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330) следует назначать не менее 1,5 м независимо от длины трубы.

5.4.2.4 Максимальный продольный уклон лотка трубы из МГЭ следует принимать не более 0,05.

Сооружения из МГЭ разомкнутого контура проектируются без ограничения уклона по руслу из условия обеспечения прочности гофрированных элементов в грунтовой обойме, а также при условии обеспечения защиты от размыва.

5.4.2.5 Для всех сооружений из МГЭ на основании гидравлических расчетов следует предусмотреть углубление, планировку и укрепление русел, устройства, препятствующие накоплению наносов, а также устройства для гашения скоростей протекающей воды на входе и выходе.

При использовании принципа строительства с сохранением вечной мерзлоты возведение струенаправляющих и берегоукрепительных сооружений не должно вызвать изменений состояния вечномерзлых грунтов в основании, нарушений режима грунтовых вод, местных застоев воды и других значительных изменений бытового режима водотока.

5.4.2.6 Бровка земляного полотна на подходах к сооружениям из МГЭ должна быть не менее чем на 0,5 м выше отметки подпорного уровня, определяемого по наибольшему расходу для автомобильных дорог I категории и по расчетному горизонту для дорог II, III, IV и V категорий (по СП 78.13330).

5.4.2.7 Не допускается применять трубы из МГЭ в местах возможного возникновения селей.

5.4.2.8 Сооружения из МГЭ диаметрами менее 5 м при наличии

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

карчехода и наледообразования следует проектировать совместно с комплексом противоналедных мероприятий, специальной защиты от карчехода и ледохода. Защитные сооружения (сетки, заборы) должны устанавливаться с учетом задержания карчей и ледяных полей на подходах к сооружению на высоту выше отметки максимального подпертого уровня горизонта высоких вод (ПУВ ГВВ) не менее чем на 1,0 м.

При диаметре сооружений из МГЭ более 5 м возможность пропуска карчей должна проверяться по данным дендрологических характеристик территории водосбора. Пропуск ледохода в сооружение не допускается.

## **5.5 Деформации, перемещения конструкций**

5.5.1 Для сооружений из МГЭ следует обеспечить плавность движения транспортных средств путем ограничения упругих прогибов, в виде вертикальных и горизонтальных перемещений стенок конструкции от подвижной временной вертикальной нагрузки. При необходимости допускается устройство распределительной и переходных плит.

5.5.2 Вертикальные перемещения стенки сооружения из МГЭ от действия постоянной и временной нагрузки не должны превышать  $0.01 \cdot H$ , где  $H$  — высота (диаметр) конструкции из МГЭ, м. При этом, вертикальные перемещения стенки сооружения следует учитывать при назначении габаритов сооружения и проектировании насыпи.

5.5.3 Горизонтальные перемещения стенки сооружения из МГЭ от действия постоянной и временной нагрузки не должны превышать  $0.03 \cdot l/2$ , где  $l$  — расчетная длина пролета сооружения (диаметр), м

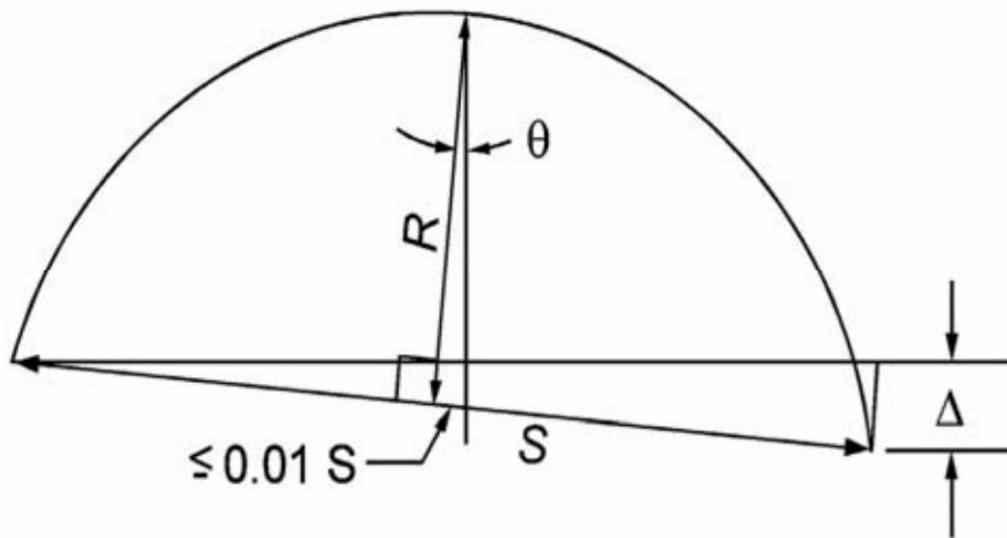
5.5.4 Необходимое очертание покрытия проезжей части засыпных мостов следует придавать за счет: строительного подъема,

изменения толщины засыпки и конструкции дорожной одежды.

5.5.5 Для сооружений из МГЭ разомкнутого контура в расчетах следует учитывать возможные перемещения верха опор и их осадки.

5.5.6 Различные по величине осадки соседних опор не должны приводить к изменению уклона продольного профиля автомобильной дороги над сооружением более чем на 2‰.

5.5.7 Различные по величине осадки соседних опор не должны приводить к повороту осевой линии контура сооружения более, чем указано на рисунке 5.5.1.



$S$  – длина пролета конструкции;  $R$  – осевая линия контура;  $\Delta$  – разница осадки соседних опор

Рисунок 5.5.1 — Схема ограничения поворота контура сооружения при различной величине осадки соседних опор

5.5.8 Предельные продольные и поперечные смещения верха опор не должны превышать значения  $5\sqrt{l_0}$ , см, где  $l_0$  — длина пролета сооружения, м.

5.5.9 Строительный подъем сооружений замкнутого сечения при высоте насыпи свыше 12 м следует назначать в соответствии с расчетом ожидаемых осадок от веса грунта насыпи. При расчете осадок допускается использовать методику, применяемую при расчете

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

осадок фундаментов.

При устройстве сооружений замкнутого сечения на скальных грунтах и на свайных фундаментах строительный подъем назначать не следует.

Сооружений замкнутого сечения под насыпями высотой 12 м и менее следует укладывать со строительным подъемом (по лотку), равным:

1/80h — на песчаных, галечниковых и гравелистых грунтах основания;

1/50h — на глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах основания;

где h — высота насыпи.

Отметки лотка входного оголовка сооружений замкнутого сечения следует назначать так, чтобы они были выше отметок в середине сооружений замкнутого сечения как до проявления осадок основания, так и после прекращения этих осадок.

Стабильность проектного положения сооружений из МГЭ в направлении продольной оси сооружений должна быть обеспечена устойчивостью откосов насыпи и прочностью грунтов основания.

## **5.6 Эксплуатационные обустройства**

5.6.1 Все части МГЭ со стороны внутреннего радиуса и видимые поверхности опор должны быть доступны для осмотра и ухода.

5.6.2 У каждого конца сооружения при высоте насыпи свыше 4 м следует, как правило, устраивать по откосам постоянные лестничные сходы шириной не менее 0,75 м.

5.6.3 В необходимых случаях (например, при строительстве засыпных мостов и труб в опытном порядке, при применении пролетных строений статически неопределимых систем,

чувствительных к осадкам, при создании в стальных конструкциях предварительно напряженного состояния и др.) в проектной документации следует предусматривать установку специальных марок или других приспособлений для осуществления контроля за общими деформациями, а также за напряженным состоянием отдельных элементов.

5.6.4 При строительстве и реконструкции насыпных мостов и труб должны быть запроектированы и выполнены мероприятия, направленные на обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности сооружения в соответствии с ГОСТ 30244, ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1.

Указанные мероприятия должны включать:

- обоснованные технические решения по генеральному плану;
- обоснование и обеспечение требуемых пределов огнестойкости и классов пожарной опасности применяемых строительных конструкций;
- технические решения по предотвращению воспламенения проливов легковоспламеняемых и горючих жидкостей на проезжей части мостовых сооружений, а также в подмостовом пространстве;
- технические решения, направленные на обеспечение условий для эффективного тушения пожара;
- организационно-технические мероприятия, направленные на предотвращение чрезвычайных ситуаций с угрозой возникновения пожара.

5.6.5 Все металлические конструкции насыпных мостов и труб должны быть заземлены при условии:

- расположения на сооружении силовых кабелей;
- расположения на расстоянии менее 5 м от контактной сети постоянного тока и менее 10 м от контактной сети переменного тока.

Также должны быть заземлены железобетонные и бетонные конструкции, поддерживающие контактную сеть.

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

5.6.6 На засыпных мостах через пути электрифицированных железных дорог над контактной сетью следует предусматривать устройство ограждающих и предохранительных вертикальных щитов (сеток) высотой 2,0 м. Допускается применение с каждой стороны моста горизонтальных щитов (сеток) длиной не менее 1,5 м.

Конструкции засыпных мостов, под которыми предполагается проход слитко-, чугуно- или шлаковозных составов, должны иметь специальные экраны, ограничивающие нагрев ограждаемых конструкций до температуры не выше 100 °С.

## **6 Материалы и полуфабрикаты для проектирования сооружений из МГЭ**

### **6.1 Металлические элементы сооружений из МГЭ и элементы усиления**

6.1.1 МГЭ должны быть произведены заводом, имеющим необходимое оборудование и опыт для осуществления полного цикла их производства.

6.1.2 МГЭ, поставляемые зарубежными производителями, подлежат обязательной сертификации.

6.1.3 Основными параметрами МГЭ являются длина и высота волны гофра, а также толщина элемента. Точные значения этих параметров и геометрических характеристик для МГЭ определяются в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя.

6.1.4 Наименьшая толщина МГЭ принимается по расчету, но не менее указанной в п. 5.4.1.4.

6.1.5 Наибольшая допустимая толщина металлопроката для МГЭ определяется производителем.

6.1.6 Выбор системы гофрировки осуществляется на основании результатов расчетов, с учетом экономической целесообразности

применения той или иной системы в соответствии с сортаментом заводов изготовителей.

6.1.7 Предельные отклонения геометрических размеров МГЭ не должны превышать значений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Параметры	Допускаемые отклонения, мм
Длина и ширина гофрированного листа	$\pm 2$
Высота волны гофра	$\pm 2$
Длина волны гофра	$\pm 1$
Расстояние от края листа до вершины крайнего гофра	$\pm 5$
Расстояние от края элемента до центра крайнего болтового отверстия	$\pm 3$
Разность диагоналей между углами элемента	$\pm 6$
Радиус вальцовки элемента	$\pm 5$
Диаметр и овальность отверстий болтовых отверстий	+2 / -1
Расстояние между группами отверстий	$\pm 2$
Расстояние между отверстиями	$\pm 1$

6.1.8 Для стыковых соединений МГЭ между собой следует применять крепежные болты и гайки со сферической опорной поверхностью.

6.1.9 Материалы для МГЭ, металлических опорных элементов, элементов усиления, метизы а также расчетные характеристики материалов, следует принимать по ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование металлических элементов».

## 6.2 Основные и дополнительные защитные покрытия

6.2.1 Внутренняя и наружная поверхности МГЭ должны иметь основное и дополнительное защитное антикоррозионное покрытие. Кромки листов отверстия также должны быть защищены основным защитным покрытием.

6.2.2 Проектирование защитных покрытий необходимо

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

производить с учетом требований СП16.13330, СП 28.13330 и ГОСТ 9.602, а также ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование металлических элементов».

6.2.3 При проектировании защиты от коррозии конструкций сооружений северного исполнения, строящихся в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже минус 40 °С, необходимо учитывать требования ГОСТ 9.401. За температуру наружного воздуха согласно СП 131.13330 принимается температура наиболее холодной пятидневки.

6.2.4 Проектирование сооружений из МГЭ должны осуществляться с учетом опыта эксплуатации аналогичных сооружений, при этом следует предусматривать анализ коррозионного состояния конструкций и защитных покрытий с учетом вида и степени агрессивности среды.

6.2.5 Для защиты антикоррозийного покрытия от механических повреждений при взаимодействии с грунтом засыпки, необходимо разрабатывать специальные мероприятия, в том числе обертывание сооружения из МГЭ геотекстилем.

6.2.6 Основное защитное покрытие выполняется из цинка марки Ц3 по ГОСТ 3640 с толщиной слоя от 85 до 200 мкм, методом горячего цинкования по ГОСТ 9.307 с учетом требований СП53-101.

6.2.7 Допускается увеличение толщины цинкового покрытия методом напыления.

6.2.8 Для ремонта поврежденного цинкового покрытия рекомендуется применение цинк наполненных составов, в том числе в виде аэрозолей.

6.2.9 Толщину основного защитного покрытия и тип дополнительного покрытия следует назначать на основе данных о коррозионной активности (агрессивности) грунтов основания, насыпи и пропускаемой сооружением воды и вод подземной фильтрации.

6.2.10 Применение сооружений из МГЭ в сильноагрессивных средах допускается с учетом разработки специальных мероприятий по защите от коррозии.

6.2.11 Для сооружений северного исполнения, применяемых в районах с зимними температурами ниже минус 40 °С дополнительное защитное покрытие следует устраивать независимо от степени агрессивности среды.

6.2.12 Выбор материалов и толщины лакокрасочных покрытий для дополнительной защиты от коррозии оцинкованной стали производится с учетом срока службы лакокрасочного покрытия в конкретных условиях эксплуатации.

6.2.13 В качестве дополнительных защитных антикоррозионных покрытий для сооружений из МГЭ рекомендуются следующие типы лакокрасочных покрытий:

- ненаполненные (пластбутилен, бутадиен, пластбутадиен);
- наполненные битумно-минеральные (битуминоли);
- наполненные битумно-резиновые по;
- эпоксидно-каучуковые;
- эпоксидно-полиамидные;
- эпоксидно-каменноугольные;
- хлоркаучуковые;
- полисилоксановые;
- полиуретановые;
- перхлорвиниловые и сополимеро-винилхлоридные;
- эпоксидные;
- протекторные цинконаполненные на различных пленкообразующих (эпоксидные, полистирольные, полиуретановые).

6.2.14 По согласованию с заводом-изготовителем допускается применение других типов покрытий.

6.2.15 В качестве нормативных документов на лакокрасочное

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

покрытие рассматривать: государственный стандарт или технические условия производителя покрытия, документы о качестве и сертификат соответствия покрытия.

6.2.16 Применяемые метизы должны быть защищены от коррозии слоем цинка толщиной не менее 16 мкм, нанесенным гальваническим, термодиффузионным, либо методом горячего цинкования в соответствии с требованиями ГОСТ 9.302.

6.2.17 Дополнительное антикоррозионное покрытие метизов следует применять аналогично МГЭ.

### **6.3 Бетонные и железобетонные конструкции**

6.3.1 Материалы для бетонных и железобетонных конструкций следует применять по ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование железобетонных элементов».

### **6.4 Грунтовые материалы**

6.4.1 Для строительства частей сооружений из МГЭ, выполняемых из грунтовых материалов с контролируемыми характеристиками, следует применять пески средней крупности, крупные, гравелистые, щебенистогалечниковые и дресвяно-гравийные грунты в соответствии с ГОСТ 25100 и ГОСТ 8736, а также песчано-гравийные смеси по ГОСТ 23735.

6.4.2 Грунтовые материалы не должны содержать обломков размером более 50 мм.

6.4.3 В гранулометрическом составе материала допускается содержание не более 10% частиц размером менее 0,1 мм, в том числе не более 2% глинистых частиц размером менее - 0,005 мм.

6.4.4 Допускается применять пески мелкие по ГОСТ 25100, соответствующие приведенным выше требованиям к гранулометрическому составу.

6.4.5 Гранулометрический состав грунтовых материалов рекомендуется принимать в соответствии с графиком на рисунке 6.4.1.

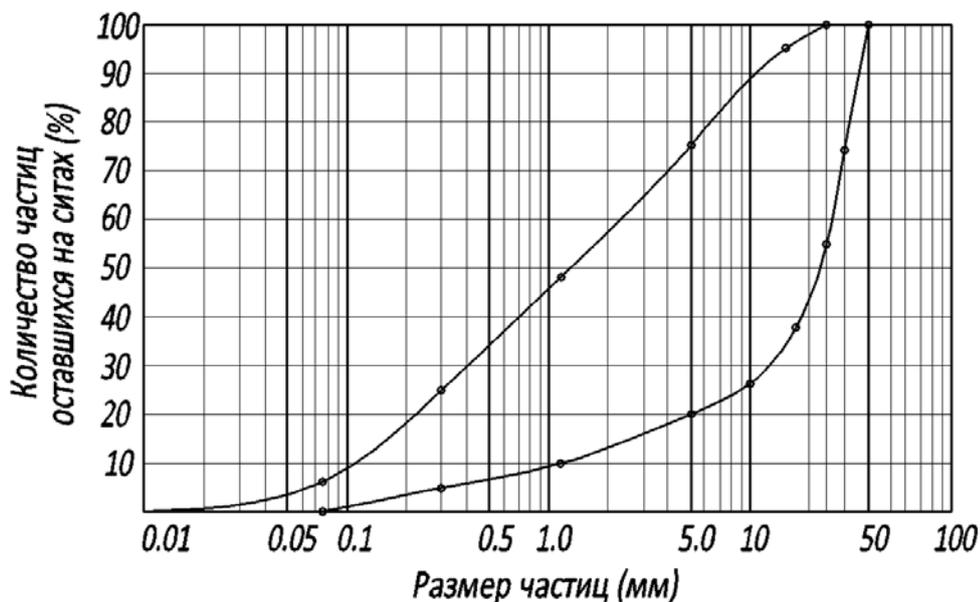


Рисунок 6.4.1 - Рекомендуемые требования к гранулометрическому составу грунтовых материалов

6.4.6 Приведенные выше требования относятся к грунтовым материалам, применяемым при выполнении следующих видов работ:

- устройство подушки под металлические гофрированные трубы;
- замена слабых грунтов основания для укладки металлических гофрированных труб и для устройства фундаментов сооружений из МГЭ;
- устройство грунтовой обоймы сооружений из МГЭ;

6.4.7 Грунтовые материалы не должны содержать замерзших комьев, органики и вредных материалов.

## 6.5 Материалы армирования грунтовой обоймы

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

6.5.1 Грунтовая обойма сооружений из МГЭ отверстием более 3,0 м, как правило, армируется композитными комбинациями из плоских и объемных георешеток с геотекстильными материалами. Для армирования грунтовой обоймы МГТ следует применять геотекстиль со значением разрывной нагрузки не ниже приведенных в таблице 3. Схема армирования во всех случаях определяется проектом.

Таблица 3 - технические характеристики рекомендуемого иглопробивного геотекстильного полотна

Наименование показателей	Измеритель	Норма и допуски	
Ширина	см	250±4	170±4
Разрывная нагрузка (min)	кН/м	7-12	6-10
Удлинение при разрыве, не более:	%		
в поперечном направлении		70	80
в продольном направлении		130	110
Поверхностная плотность материала	г/м <sup>3</sup>	600	600

6.5.2 Жесткий слой в армогрунтовых обоймах, а также в основании и над шельгой свода сооружения устраивают с применением объемных георешеток со значением разрывной нагрузки не ниже приведенных в таблице 4.

Таблица 4 - технические характеристики рекомендуемых георешеток

Наименование основных показателей	Нормативный документ	Нормативное значение не менее
Разрывная нагрузка Н полоски 50'100 мм: по длине по ширине	ГОСТ 15902.3	1250 1250
Жесткость кН полоски размером 160'20 мм;	ГОСТ 8977-74	40
Прочность шва на отрыв, % от разрывной нагрузки материала		50

6.5.3 Для устройства заполнителя армогрунтовых мембран из объемных георешеток в грунтовых обоймах на водопропускных сооружениях из МГС применяются грунты по п. 6.4. Допускается

использовать грунтовую массу полускальных и скальных пород, получаемую при разработке скальных выработок взрывным способом при максимальной крупности обломков скального грунта не более размера ячейки георешетки.

## **7 Основные конструктивные требования для сооружений для МГЭ**

### **7.1 Конструкция сооружений из МГЭ**

7.1.1 При проектировании засыпных мостов и труб из МГЭ следует руководствоваться заводской документацией раскладки листов, технологической схемы сборки и болтовых креплений.

7.1.2 Конструкция сооружений из МГЭ состоит из отдельных элементов - гофрированных металлических листов, изогнутых по заданному радиусу и образующих между собой при соединении продольные (вдоль оси трубы) и поперечные (кольцевые) стыки. Стыковка элементов производится с помощью крепежных элементов (болты, гайки, шайбы).

7.1.4 Конструкция круглых труб отверстием до 3,0 м должна обеспечивать возможность их укрупненной сборки, транспортировки и последующего объединения отдельных блоков и секций на стройплощадке.

7.1.5 Основным типом соединения стандартных элементов между собой для сооружений диаметром 1,5 м и более является стык внахлестку на болтах.

Допускается применение стыков других типов при обеспечении равнопрочности с основной конструкцией в виде исключения, если это требуется по технологии производства монтажных работ.

Для труб диаметром 1-1,5 м на автомобильных дорогах допускается на продольных стыках применять конструкции,

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

обеспечивающие возможность постановки болтов на наружной поверхности МГТ (например, фланцевые стыки).

7.1.7 Отверстия под болты продольных стыков листа должны располагаться или в два ряда в шахматном порядке, в каждом ряду по одному на всех гребнях, или во всех впадинах волн.

Расстояние от оси первого ряда отверстий до кромки листа должно составлять не менее 35 мм, от оси второго ряда - 85 мм. Для МГТ отверстием до 3,0 м отверстия под болты продольных стыков могут располагаться в один ряд.

Схема расположения отверстий под болты может отличаться от указанной, что должно быть отмечено в сертификате.

Продольные стыки смежных звеньев следует располагать со взаимной сдвижкой на один-четыре шага, принятые для болтов поперечных стыков. Сдвигка должна быть постоянной для каждого отдельного сооружения из МГЭ.

7.1.8 При индивидуальном проектировании МГЭ полезная длина (расстояние между центрами крайних отверстий поперечного стыка) стандартного элемента должна обеспечивать надежное совпадение отверстий в поперечном стыке элементов при максимально возможном размере элемента.

Отверстия под болты поперечных стыков листа должны быть овальной формы, вытянутой вдоль длинной кромки листа.

При отверстиях поперечных стыков овальной формы стандартная длина элемента может быть увеличена по согласованию с заказчиком и поставщиком.

В гофрированном элементе с заданной кривизной гребни крайних волн должны быть расположены на его внутренней поверхности.

Поперечные стыки следует назначать конструктивно с однорядным расположением болтов и постоянным расстоянием

(шагом) между отверстиями под болты.

7.1.9 Для предотвращения самоотвинчивания гаек, необходимо установить крутящий момент затяжки болтов не менее 200 Нм и не более 350 Нм.

7.1.10 Для обеспечения ремонтпригодности основные размеры сооружений из МГЭ назначаются с учетом унификации металлоконструкций (гофрированных элементов, секций, крепежа).

## **7.2 Конструкция усиления МГЭ**

7.2.1 Допустимыми элементами усиления элементов из МГЭ являются:

- непрерывные продольные ребра жесткости, соединенные с каждым гребнем гофрированных элементов по длине сооружения: металлические или железобетонные, по отдельности или в комбинации;
- армирующие ребра, сформированные из конструктивных форм, изогнутых в соответствии с кривизной контура сечения, прикрепленные к МГЭ для обеспечения совместной работы и разнесенные на необходимые интервалы. Допускается заполнение полостей между МГЭ и элементами усиления бетонной смесью. Расстояние между ребрами усиления не должно превышать 600 мм на своде и 1370 мм в основании.

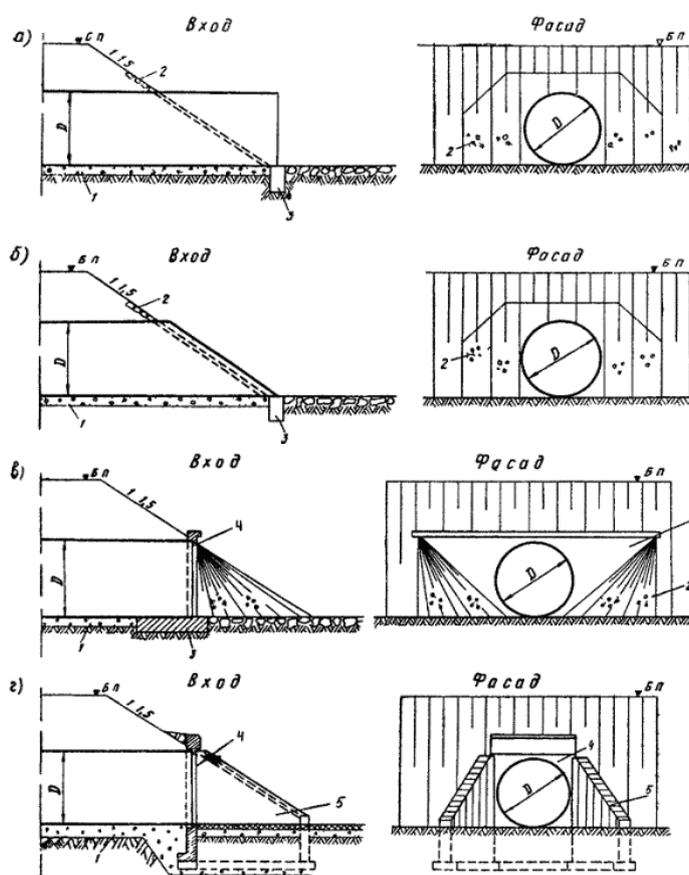
## **7.3 Конструкция оголовков**

7.3.1 Вопрос о необходимости устройства оголовка и выборе его типа решается с учетом обеспечения эффективной гидравлической работы водопропускного сооружения, ее экономичности и надежности в период эксплуатации.

7.3.2 В качестве основного типа сооружений, как наиболее рационального, следует сооружения из МГЭ без оголовка - с вертикальным или скошенным параллельно откосу насыпи торцом конечного участка (рисунок 7.3.1, а, б).

7.3.3 Основные типы оголовков, применяемые при строительстве сооружений из МГЭ приведены на рисунке 7.3.1.

7.3.4 Допускается устройство порталов и оголовков сооружений из МГЭ из габионных конструкций.



- а - без оголовка с вертикальным срезом торца трубы;
- б - без оголовка со срезом торца трубы параллельно откосу;
- в - с порталным оголовком;
- г - с раструбным оголовком.

1 - подушка основания; 2 - укрепление откоса; 3 – противофильтрационная перемычка или экран; 4 - порталная стенка; 5 - откосные крылья

Рисунок 7.3.1 - Схемы оголовков труб

7.3.5 Применение раструбных и порталных оголовков с целью увеличения пропускной способности сооружений в районах с наличием вечномерзлых грунтов не рекомендуется

7.3.6 Конструкция оголовка должна обеспечивать надежное сопряжение его с металлической частью сооружения, исключая возможность неравномерных осадок.

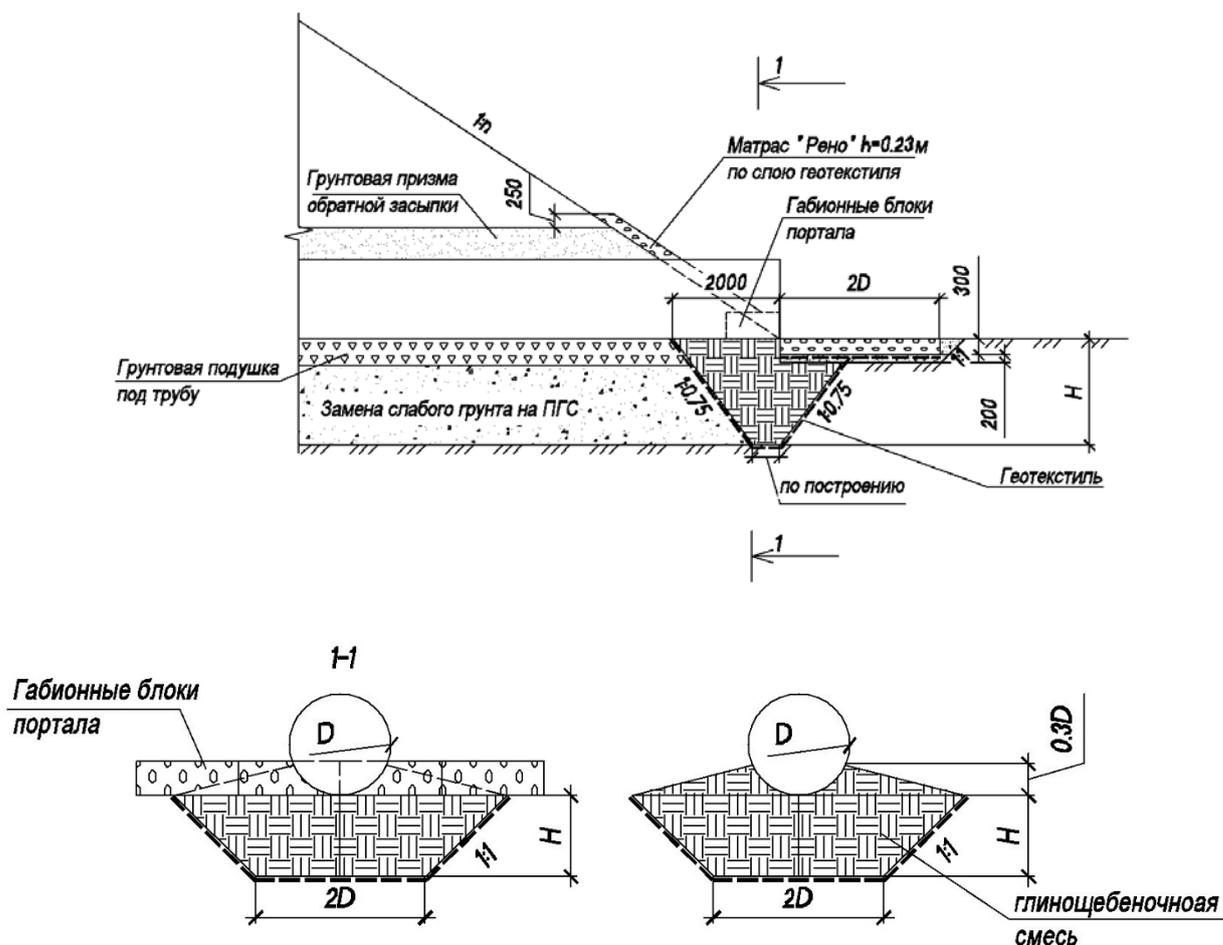
7.3.7 Для предотвращения подмыва основания сооружений замкнутого сечения из МГЭ и исключения скопления воды в основании под сооружением под концевыми звеньями следует устраивать противофльтрационные экраны или перемычки.

7.3.8 Противофльтрационные перемычки устраиваются из сборного или монолитного бетона.

7.3.9 Противофльтрационные экраны устраиваются из цементно-грунтовой или глинощебеночной смеси. Схема противофльтрационного экрана из глинощебеночной смеси приведена на рисунке 7.3.2.

7.3.10 Для цементно-грунтовой смеси следует применять супеси, суглинки и глины, а в качестве вяжущего материала – портландцемент. В качестве добавок допускается применение извести или  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

7.3.11 Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов цементно-грунтовой смеси с добавками в возрасте 28 суток должен быть не менее 40 кгс/см<sup>2</sup>.



$H = H_z$ , но не менее  $0,7H_{пр}$ , где:  
 $H_z$  – замена слабого грунта (глубина котлована);  
 $H_{пр}$  – глубина сезонного промерзания грунта  
 Рисунок 7.3.2 - Схема противофильтрационного экрана

7.3.12 При необходимости устройства фундамента, его проектирование должно производиться по ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

7.3.13 Глубина заложения фундаментов оголовков труб на скальных грунтах, на гальке и гравии, щебенистых, гравелистых песках и песках средней крупности не нормируется. Глубина заложения оголовков при всех прочих грунтах должна быть не менее чем на 0,25 м ниже расчетной глубины сезонного промерзания с учетом местных условий.

7.3.14 Фундаменты оголовков на пучинистых грунтах следует

рассчитывать с учетом воздействия касательных сил морозного пучения грунта.

#### **7.4 Конструкция оснований сооружений из МГЭ замкнутого контура**

7.4.1 Металлические гофрированные трубы должны устанавливаться на подготовленное основание и должны быть окружены уплотненным однородным грунтом.

7.4.2 При необходимости устройства фундамента, его проектирование должно производиться по ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

7.4.3 Глубина заложения фундаментов и грунтовых подушек труб на скальных грунтах, на гальке и гравии, щебенистых, гравелистых песках и песках средней крупности не нормируется. Глубина заложения фундаментов и грунтовых подушек при всех прочих грунтах должна быть не менее чем на 0,25 м ниже расчетной глубины сезонного промерзания с учетом местных условий.

7.4.4 Фундаменты на пучинистых грунтах следует рассчитывать с учетом воздействия касательных сил морозного пучения грунта.

7.4.5 Фундаменты или грунтовые подушки звеньев средней части одноочковых труб отверстием до 2 м допускается закладывать без учета глубины промерзания грунта.

7.4.6 Грунт, на который передается нагрузка от сооружения (основание), должен обеспечивать обладать достаточной несущей способностью, определяемой по ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

7.4.7 Часть основания, по которой происходит контакт низа

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

конструкции с грунтом, называется подготовкой.

Устройство подготовки предотвращает возникновение деформаций нижних элементов трубы до сборки верхних листов, а после сборки конструкции обеспечивает правильную работу собранной конструкции.

7.4.8 Подготовка для конструкции замкнутых сооружений из МГЭ должна быть сформирована в соответствии с кривизной нижней части конструкции. Ширина верхней части основания должна быть достаточной для обеспечения эффективного уплотнения материала заполнения при засыпке свода в зонах с повышенной концентрацией напряжений.

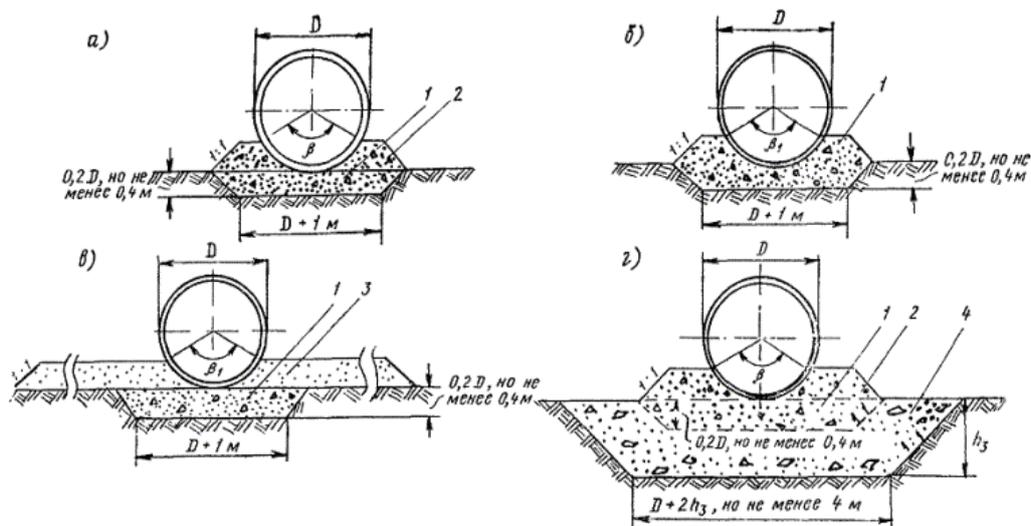
7.4.9 Верхний слой подготовки, толщиной не менее  $1.2H_r$ , где  $H_r$  – высота волны гофра, должен быть отсыпан без уплотнения для возможности равномерного размещения в подушке волны гофрированных листов.

7.4.10 Подготовка должна обеспечивать центральный угол опирания конструкции не менее  $90^\circ$  (рисунок 7.4.1 - б, в).

7.4.11 Подушку под трубу необходимо устраивать в тех случаях, когда основание сложено глинистыми, скальными и песчаными пылеватými грунтами.

7.4.12 Толщина подушки должна быть равна  $0,2D$ , но не менее  $0,4$  м; ширина -  $D+1,0$  м ( $D$  - диаметр трубы, м. Для сооружений некруглого сечения,  $D$  - вертикальный, при подборе толщины подушки или горизонтальный, при подборе ширины, размер сооружения, м).

7.4.13 Конструкция основания металлических гофрированных труб должна отвечать принципиальным схемам, приведенным на рисунке 1.1.



а - с устройством верхней части подушки после укладки трубы; б - с предварительным устройством ложа, в - с отсыпкой нулевого слоя и устройством ложа; г - с заменой грунта, где  $h_3$  - глубина замены грунта;  
 1 - часть подушки, отсыпанная до укладки трубы; 2 - то же после укладки трубы; 3 - нулевой слой; 4 - крупнообломочный грунт;  
 $\beta$  - угол опирания трубы при установке ее на плоское основание, принимаемый  $120^\circ$ ;  $\beta_1$  - угол опирания трубы на грунтовое ложе, принимаемый равным  $90^\circ$

Рисунок 7.4.1 - Конструкция основания

7.4.14 Если проектом предусмотрена отсыпка нулевого слоя грунта на предварительно уплотненное основание, то последнее в этом случае должно быть уплотнено на ширине не менее 4 м.

7.4.15 При наличии слабых подстилающих грунтов, снижающих несущую способность основания и вызывающих неравномерные осадки после возведения насыпи земляного полотна, их следует заменить более прочным уплотненным грунтом.

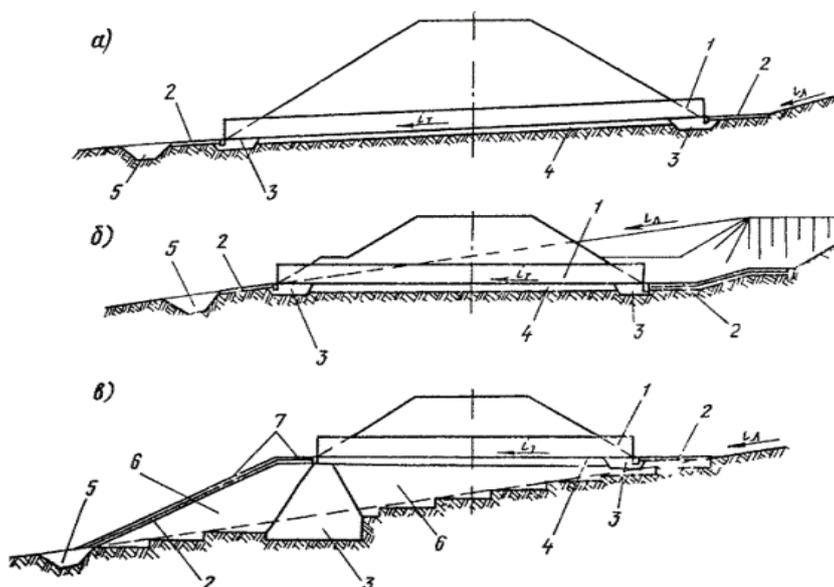
7.4.16 При необходимости замены слабого грунта в основании, глубину заменяемого грунта  $h_3$  следует определять расчетом, исходя из условия обеспечения несущей способности нижележащего грунта или по расчету осадок. Ширину полосы заменяемого грунта в этом случае надо принимать равной  $D+2h_3$ , но не менее 4 м. (рисунок 7.4.1, г).

7.4.17 Применение трубы с заменой грунта на глубину более 2 м должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

7.4.1 Нулевой слой грунта должен быть отсыпан из материала, которым засыпается труба и уплотнен до 0,98 максимальной стандартной плотности.

7.4.18 Металлические гофрированные трубы на косогорах следует укладывать по одной из следующих схем (рисунок 7.4.2):

- на естественное основание с уклоном, близким уклону лога (рисунок 1.3, а);
- со срезкой грунта и уположением основания под трубу (рисунок 7.4.2, б);
- в теле насыпи с расположением выхода из трубы выше дна лога (рисунок 7.4.2, в).



1 - труба; 2 - укрепление русла камнем, плитами или бетоном; 3 - цементно-грунтовая смесь; 4 - подушка; 5 - рисберма; 6 - отсыпка из камня размером 30-60 см в объеме 30% с заполнением пустот мелким камнем; 7 - быстроток (каменный, бетонный, железобетонный);  $i_n$  - уклон лога;  $i_r$  - уклон трубы.

Рисунок 7.4.2 - Схемы размещения труб на косогорах

7.4.19 Во всех трех схемах уклон трубы не должен превышать 0,03 до 1/3. При сооружении труб по 1-й и 2-й схемам на автомобильных дорогах допускается уклон трубы увеличивать до 0,05. Минимальный уклон трубы определяется на основании технико-экономических расчетов.

1-я схема рекомендуется при уклонах лога менее 0,03; 2-я - при уклонах от 0,03 до 0,33; для 3-й схемы уклон не ограничивается.

Трубы по 2-й схеме целесообразно применять при малых высотах насыпи.

При сооружении труб по 3-й схеме насыпи под ними следует отсыпать из скальных пород с размером комьев не более 60 см и устойчивых против выветривания. Под выходной частью трубы следует устраивать дренирующую отсыпку (обратный фильтр), препятствующую вымыванию (выносу) частиц грунта по подошве насыпи.

На выходе из труб, укладываемых по 3-й схеме, следует устраивать берму. Тип и размеры укреплений откосов насыпи определяются на основании гидравлических расчетов.

7.4.20 Выбор схемы укладки труб на косогорах следует производить на основании технико-экономических расчетов.

## **7.5 Устройство сооружений замкнутого контура из МГЭ на скальных грунтах**

7.5.1 Если в основании сооружения имеются скальные включения, они могут стать нерасчетными точками опирания, что приведет к сосредоточению нагрузок в конструкции и к изменению расчетной схемы конструкции. Для обеспечения равномерности восприятия расчетных нагрузок валуны и другие включения должны быть извлечены и заменены уплотненным грунтом в виде грунтовой подушки.

7.5.2 В случае, когда основание сооружения изменяется по длине, переходя от скального грунта к сжимаемому, необходимо устраивать переходной участок с целью обеспечения равномерного продольного опирания сооружения на основание и обеспечения

ГОСТ Р (проект, первая редакция)  
минимальной разности осадок.

Длина переходного участка вдоль оси сооружения должна быть не менее  $4D$ , где  $D$  - диаметр сооружения круглого сечения, либо горизонтальный размер сечения некруглой формы.

Толщина подушки принимается равной  $0,04H$ , где  $H$  - высота засыпки над трубой, но не менее 20 см. Ширина подушки переходного участка на сжимаемом грунте -  $3D$ , ширина переходного участка на скальном грунте принимается равной  $D+1$  м.

## **7.6 Конструкция фундаментов сооружений из МГЭ разомкнутого сечения**

7.6.1 Сооружения из МГЭ незамкнутой формы устанавливаются на фундаментах.

7.6.2 Фундаменты проектируются в соответствии с ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

7.6.3 В зависимости от инженерно-геологических и инженерно-гидрологических условий, в соответствии с ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов» допускается применение:

- фундаментов на естественном основании;
- свайных фундаментов, объединенных ростверком.

7.6.4 Фундамент должен обеспечивать равномерную передачу результирующего давления от постоянных и временных нагрузок на основание в продольном и поперечном направлении.

7.6.5 Сооружения не должны опираться на фундаменты, которые являются относительно неподатливыми по сравнению с прилегающей боковой засыпкой. Использование массивных фундаментов или свай для предотвращения осадки таких конструкций не рекомендуется.

7.6.6 Для монтажа МГЭ в конструкциях фундаментов необходимо предусматривать закладные детали – направляющие.

7.6.7 Глубина заложения фундаментов, вычисленная в соответствии с ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов», должна быть не менее расчетной глубины промерзания грунта, все фундаменты насыпных мостов из МГЭ следует заглублять не менее чем на 0,25 м ниже расчетной глубины промерзания грунта. При этом за расчетную глубину промерзания принимается ее нормативное значение.

7.6.8 В пределах водотоков фундаменты насыпных мостов должны быть заложены в грунт ниже уровня местного размыва, определяемого согласно указаниями ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

7.6.9 На обресе фундамента при его расположении в водотоке в пределах колебаний уровней воды и льда следует предусматривать устройство фаски размером не менее 0,2х0,2 м, а фундаменту придавать обтекаемую форму.

7.6.10 На обресе фундамента, находящегося вне водотока следует устраивать отливы с уклоном не менее 1:20.

## **7.7 Устройство фундаментов сооружений из МГЭ на вечномерзлых грунтах**

7.7.1 Фундаменты сооружений из МГЭ на вечномерзлых грунтах следует проектировать в соответствии с требованиями СП 25.13330 с учетом свойств грунтов слоя сезонного промерзания (оттаивания) и вечномерзлых грунтов при оттаивании.

7.7.2 Сооружения следует проектировать с учетом степени

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

относительного сжатия вечномерзлого грунта основания при оттаивании (табл. 5) и характеристик грунтов слоя сезонного промерзания (оттаивания).

Таблица 5

Категория просадочности	Тип основания, относительное сжатие грунта $\delta$	Виды грунтов основания
I	Слабосжимаемое (прочное) $\delta \leq 0,05$	Основания, сложенные скальными породами, крупнообломочными и песчаными грунтами, а также глинистыми грунтами твердой и полутвердой консистенции после оттаивания
II	Среднесжимаемое $0,05 \leq \delta \leq 0,1$	Основания, сложенные глинистыми грунтами тугопластичной и мягкопластичной консистенции, а также песчаными или крупнообломочными грунтами при наличии включений прослоев или линз льда
III	Сильносжимаемое (слабое) $0,1 \leq \delta \leq 0,4$	Основания, сложенные глинистыми грунтами текучепластичной и текучей консистенции, а также песчаными или крупнообломочными грунтами с включением прослоев или линз льда;
IV	Просадочное $\delta > 0,4$	Участки с наличием подземного льда; мари с мощностью торфа до 1 м Участки с наличием подземного льда; мари с мощностью торфа более 1 м

7.7.3 Необходимо выполнять расчеты по прогнозу температурного режима в зоне теплового влияния сооружения на периодически действующих водотоках в соответствии с СП 25.13330. Результаты расчетов используются при проектировании оснований и фундаментов сооружения и оголовков.

7.7.4 При проектировании сооружений, располагаемых на вечномерзлых грунтах, для сооружения и примыкающих к нему участков насыпи рекомендуется применять один и тот же принцип использования грунтов в качестве основания.

7.7.5 На вечномерзлых грунтах замкнутые трубы разрешается применять, как правило, при грунтах I и в отдельных случаях при низкотемпературных грунтах II категории просадочности при условии, что суммарная величина осадки грунтов основания в оттаявшем состоянии может быть компенсирована величиной строительного

подъема.

7.7.6 На автомобильных дорогах металлические гофрированные трубы на вечномёрзлых грунтах с температурой на глубине 10 м минус 1 °С и ниже, используемых в качестве основания в мерзлом состоянии, допускается применять независимо от категории просадочности грунтов и их мощности.

7.7.7 При грунтах высокотемпературных<sup>1</sup> II категории просадочности и высоко- и низкотемпературных грунтах III и IV категорий просадочности следует разрабатывать индивидуальные проекты сооружений с учетом величины расчетной осадки и обоснованием принятых решений технико-экономическими расчетами.

<sup>1</sup> Грунты, имеющие температуру на глубине нулевых амплитуд (глубина, на которой температура вечномёрзлого грунта в течение года остается постоянной) минус 1°С и выше, относятся к высокотемпературным, ниже минус 1°С - к низкотемпературным.

7.7.8 При наличии в основании оттаивающих мерзлых грунтов II - IV категорий просадочности допускается применение замкнутых сооружений при условии, что суммарная величина осадки грунтов основания может быть компенсирована величиной строительного подъема. Для соблюдения этого условия необходимо разрабатывать специальные мероприятия, предусматривая замену слабых или просадочных при оттаивании грунтов, а также другие меры по уменьшению глубины и неравномерности оттаивания.

7.7.9 В случае замены слабых или просадочных при оттаивании мерзлых грунтов работы по вскрытию котлована и устройству основания следует выполнять только в зимнее время.

7.7.10 Конструкция подушки под трубу должна соответствовать схемам, приведенным на рисунке 7.4.1. На песчаных грунтах (кроме пылеватых) основания специальную подушку под трубу допускается не предусматривать.

7.7.11 Проектировать фундаменты и сооружения следует, исходя из условия наименьшего нарушения естественного состояния мерзлых грунтов.

Во всех случаях, когда это возможно, строительство сооружений должно производиться без устройства котлованов в мерзлых грунтах.

Следует избегать устройства приемных колодцев, глубоких бетонных, железобетонных и других экранов и различных врезок в мерзлые грунты.

7.7.12 Трубы на косогорах при наличии вечномерзлых грунтов следует устраивать в теле насыпи с расположением выхода из трубы выше дна лога (рисунок 7.4.2, в).

7.7.13 В качестве дополнительных мероприятий для создания наиболее холодного режима в основании и уменьшении глубины и неравномерности оттаивания следует предусматривать:

- покрытие нижней части откосов насыпи (особенно южной экспозиции) на высоту, равную высоте (диаметру) сооружения, слоем или призмой увлажненного торфа толщиной не менее одного метра на длину четырех диаметров для круглых труб и  $2.5S$  для сооружений некруглого сечения, где  $S$  – длина пролета арочного сооружения или горизонтальный размер замкнутого сооружения некруглого сечения, в каждую сторону от его оси;
- обеспечивать проветривание сооружения в зимний период и другие мероприятия.

7.7.14 В условиях большой снегозаносимости (в случаях, когда отверстие сооружения полностью заносится снегом) для обеспечения проветривания необходимо предусматривать применение вентиляционных труб, концы которых выводятся за пределы снежных отложений, и других устройств, обеспечивающих отвод тепла из трубы в зимнее время. Кроме того, для предотвращения попадания снега внутрь сооружения, необходимо оборудовать концы вентиляционных

труб инвентарными крышками.

7.7.15 При необходимости замены в основании оттаивающих мерзлых грунтов III - IV категорий просадочности ширина полосы заменяемого грунта принимается равной  $D+2h_3$ , но не менее 4 м ( $D$  – диаметр трубы или горизонтальный размер сооружения некруглого сечения,  $h_3$  – глубина заменяемого грунта). Замена должна производиться грунтом, соответствующим требованиям раздела 7, в таком случае, сооружение допускается укладывать непосредственно на грунт замены без устройства специальной подушки.

При проектировании замены грунта необходимо учитывать требования п. 7.4.14.

7.7.16 В районах с высокотемпературными вечномерзлыми грунтами рекомендуется устраивать на откосах насыпи каменную наброску толщиной не менее 1 м на длину четырех диаметров для круглых труб и  $2.5L$  для сооружений некруглого сечения, где  $L$  – длина пролета арочного сооружения или горизонтальный размер замкнутого сооружения некруглого сечения, в каждую сторону от его оси на высоту не менее 1 м над верхом сооружения.

## **7.8 Устройство грунтовой обоймы**

7.8.1 Грунтовая обойма сооружения должна воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки, передаваемые на нее МГЭ сооружения.

7.8.2 Прочность и жесткость грунтовой обоймы должна быть обеспечена применением качественных материалов в соответствии с требованиями раздела 6.5.

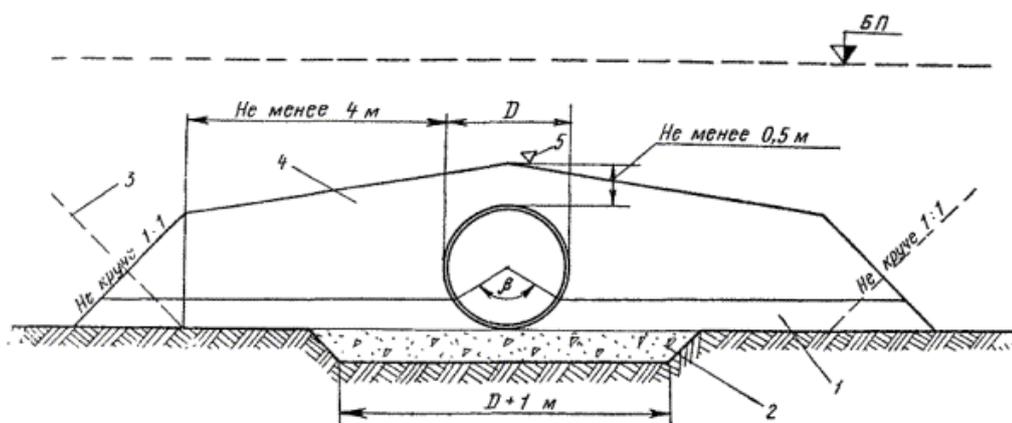
7.8.3 Материал грунтовой обоймы должен быть уплотнен до 0,98 максимальной стандартной плотности и должен обеспечивать прочностные и деформационные характеристики, принятые в

расчетах.

7.8.4 Конструкция и размеры грунтовой обоймы назначаются при проектировании сооружения по расчету с учетом требований настоящего свода правил.

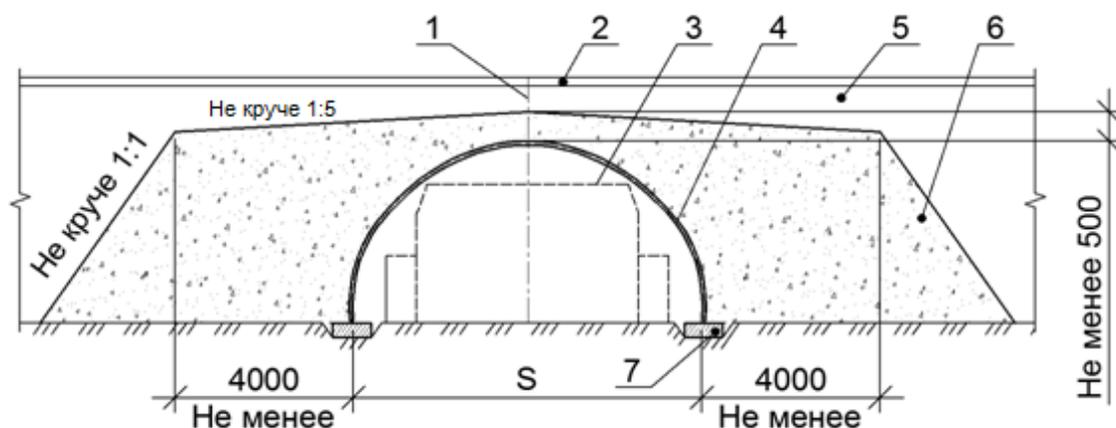
7.8.5 Грунтовая обойма должна устраиваться на ширину не менее 4 м в каждую сторону от стенки МГЭ и на высоту не менее 0,5 м над верхом конструкции (рисунок 7.4.3). Размеры даны от центральной линии сечения МГЭ.

Допускается устройство грунтовой обоймы с горизонтальной поверхностью верха; при устройстве верха грунтовой обоймы под уклоном, допускается уклон не круче 1:5. Грани вертикальной засыпки за границей в 4 м от стенки МГЭ должны нисходить с крутизной не более 1:1 (рисунок 7.4.4).



1 - нулевой слой; 2 - подушка; 3 - откос насыпи при сооружении труб в прогале; 4 - грунтовая призма; 5 - требуемый уровень грунтовой обоймы (засыпки) трубы;  $\beta$  - угол опирания трубы на грунтовое ложе, в зависимости от способа укладки 90-120°

Рисунок 7.4.3 - конструкция грунтовой обоймы замкнутого сооружения



1 – ось сооружения; 2 – дорожная одежда; 3 – габарит сооружения; 4 - МГЭ; 5 – насыпь автомобильной дороги; 6 – грунтовая обойма сооружения; 7 - фундамент сооружения

Рисунок 7.4.4 - конструкция грунтовой обоймы незамкнутого сооружения

7.8.6 Грунтовая обойма вокруг сооружения из МГЭ может устраиваться как без армирования грунта, так и с применением армогрунтовых систем.

## 7.9 Системы усиления грунтовой обоймы сооружений из МГЭ

### 7.9.1 Армогрунтовые системы

7.9.1.1 Назначение грунтовой обоймы вокруг сооружений из металлических гофрированных элементов – воспринимать давление боковых стенок (поверхностей) сооружения из МГЭ на окружающий грунт, уменьшая изгибающие моменты в сечениях этих стенок и их перемещения в сторону грунта.

7.9.1.2 Армогрунтовая система представляет собой композитную конструкцию, состоящую из уложенных слоев грунта и армирующих прослоек в виде геотекстильных или геопластиковых материалов (геотканей, георешеток), отдельных стержней из композитных

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

материалов, металла или арматурных каркасов, расположенных с шагом по вертикали, обеспечивающим надлежащее уплотнение слоев грунта между прослойками до получения коэффициента уплотнения  $K_{упл} \geq 0,98$  по кривой стандартного уплотнения.

7.9.1.3 Вертикальный шаг армирующих элементов следует принимать равным 0,4 - 0,5 м, что позволяет с помощью катков получать требуемый коэффициент уплотнения при нескольких проходах катка по одному следу. Количество проходов определяется пробным уплотнением с определением коэффициента уплотнения с помощью пенетрометров и режущих колец.

## **7.9.2 Прочие системы усиления грунтовой обоймы**

7.9.2.1 Для увеличения сопротивления обоймы горизонтальным перемещениям стенок сооружений из МГЭ при высоте сооружения более 6,0 м следует устраивать в нескольких уровнях по высоте сооружения упоры в виде арматурных каркасов, работающих на вдавливание в грунт, что увеличивает сопротивление обоймы горизонтальным перемещениям боковых стенок сооружения из МГЭ.

7.9.2.2 Арматурные каркасы должны быть оцинкованы и обмазаны битумом с двух сторон. Каркасы оборачиваются геосинтетической тканью с двух сторон на битумной мастике.

7.9.2.3 Горизонтальные упоры допускается также выполнять из объемных георешеток, ячейки которых заполнены щебнем или ПГС.

Решетка оборачивается с двух сторон геотекстильным материалом.

7.9.2.4 Для уменьшения моментов в длиннопролетных конструкциях могут быть использованы разгрузочные плиты из железобетона или объемных георешеток. Длина бетонной разгрузочной плиты должна быть не менее чем на 600 мм больше

пролета конструкции.

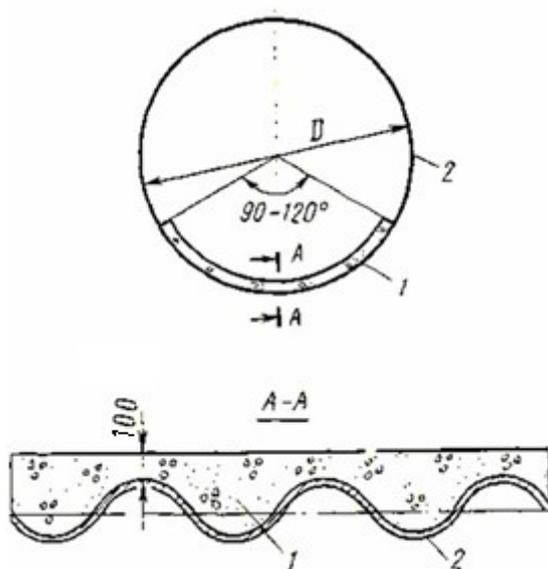
## 7.10 Конструкция лотков внутри металлических гофрированных труб

7.10.1 Для защиты антикоррозионного покрытия металлических гофрированных труб от истирания наносами, содержащимися в водном потоке, устраиваются бетонные или асфальтобетонные лотки.

7.10.2 Толщина лотка над гребнем гофра должна составлять 100 мм (рисунок 7.10.1).

7.10.3 В зависимости от количества взвесей и скорости потока в трубе, толщину лотка допускается увеличивать до 300 мм.

7.10.4 Лоток должен покрывать нижний сегмент металлических гофрированных труб на высоту не менее 100 мм над межвенным уровнем воды, при этом центральный угол должен составлять не менее  $90^\circ$  (рисунок 7.10.1).



1 – асфальтобетонный или бетонный лоток; 2 – конструкция из МГЭ

Рисунок 7.10.1 - Расположение лотка в трубе

7.10.5 Для повышения сопротивления истиранию и износу лотка потоком воды, содержащей абразивный материал, рекомендуется

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

устанавливать дополнительное полимерное покрытие повышенной износостойкости.

7.10.6 Класс бетона лотка должен быть не ниже В15. Марка бетона лотка по морозостойкости должна быть не ниже F300, по водонепроницаемости не ниже W6 по ГОСТ 26633.

7.10.7 Бетон лотка в трубах, пропускающих агрессивные воды, должен соответствовать требованиям СП 28.13330 «Защита строительных конструкций от коррозии».

7.10.8 Для устройства асфальтобетонного лотка в трубах следует применять литую песчаную асфальтобетонную смесь по ГОСТ 54401 или аналог.

7.10.9 Размеры сборных лотков из асфальтобетона и бетона определяются в зависимости от высоты волны гофрированного листа

7.10.10 При устройстве лотка из сборных бетонных блоков их изготовление следует организовывать на полигонах.

## **8 Нагрузки и воздействия**

8.1. Конструкции насыпных мостов и труб из МГЭ следует рассчитывать на нагрузки и воздействия и их сочетания, принимаемые в соответствии с указаниями раздела 6 СП 35.13330 с учетом требований СП 20.13330, СП 14.13330, ГОСТ Р 32960, ГОСТ Р 52748 и настоящего документа.

## **9 Расчет насыпных мостов и труб из МГЭ на воздействие водного потока**

### **9.1 Общие указания**

9.1.1 Расчет насыпных мостов, труб из МГЭ и пойменных насыпей на воздействие водного потока следует производить, как правило, по гидрографам и водомерным графикам расчетных

паводков. Кроме того, мостовые сооружения и трубы необходимо рассчитывать по гидрографам и водомерным графикам паводков, условно именуемым наибольшими. При этом вероятности превышения расчетных и наибольших паводков следует принимать одинаковыми с указанными в ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов» вероятностями превышения максимальных расходов соответствующих паводков.

При отсутствии гидрографов и водомерных графиков паводков, а также в других обоснованных случаях расчет сооружений на воздействие водного потока допускается производить по максимальным расходам и соответствующим им уровням расчетных и наибольших паводков.

В расчетах следует учитывать опыт водопропускной работы близкорасположенных сооружений на том же водотоке, взаимное влияние водопропускных сооружений, а также влияние на проектируемые водопропускные сооружения существующих или намечаемых к строительству гидротехнических и других речных сооружений.

При наличии вблизи засыпных мостов и труб из МГЭ инженерных сооружений, зданий и сельскохозяйственных угодий необходимо проверить их безопасность от подтопления вследствие подпора воды перед сооружением.

Для водопропускных сооружений, расположенных вблизи некапитальных плотин, необходимо учитывать возможность прорыва этих плотин. Вопрос об усилении таких плотин или увеличении отверстий сооружений необходимо решать комплексно путем сравнения технико-экономических показателей возможных решений.

9.1.2 Размеры отверстий засыпных мостов и труб из МГЭ, укрепление подмостовых русел и конусов следует определять по

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

средним скоростям течения воды, допустимым для грунта русла (в том числе на входе и выходе из сооружения) и типов его укрепления, при этом необходимо соблюдать требования, приведенные в разделе 5.4.2.

Отверстия засыпных мостов и труб допускается назначать с учетом аккумуляции воды у сооружения. Уменьшение расходов воды в сооружениях вследствие учета аккумуляции возможно не более чем: в 3 раза, если размеры отверстия назначают по ливневому стоку; в 2 раза, если размеры отверстия назначают по снеговому стоку и отсутствуют ледовые и другие явления, уменьшающие размеры отверстия.

При наличии вечномерзлых грунтов аккумуляция воды у сооружений не допускается.

Размеры отверстий городских сооружений из МГЭ следует назначать с учетом намечаемого регулирования реки и требований планировки набережных.

9.1.3 При необходимости, рекомендуется учитывать изменение площади сечения трубы и шероховатости за счет лотка в гидравлических расчетах.

9.1.4 В гидравлических расчетах следует учитывать конструкцию оголовка.

9.1.5 Местный и общий размывы под засыпными мостами не допускаются.

9.1.6 При определении наличия размыва и размеров укреплений расчетные расходы (для учета флуктуации исходных данных) увеличиваются на 30%.

9.1.7 Расчет общего и местных размывов под засыпными мостами следует производить по методике, указанной в ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

9.1.8 В случае, если потенциальная опасность размыва отсутствует, что обосновано отсутствием стеснения потока, принятыми конструктивными решениями сооружения либо укреплением русла, расчет размывов допускается не производить.

9.1.9 Срезку грунта в пойменной части отверстия сооружения из МГЭ допускается предусматривать только на равнинных реках. Размеры и конфигурацию срезки следует определять расчетом исходя из условий ее незаносимости в зависимости от частоты затопления поймы и степени стеснения потока мостовым переходом при расчетном уровне высокой воды.

Срезка в русле побочной, отмелей при расчете площади живого сечения под мостом не учитывается.

9.1.10 Уширение под засыпным мостом срезкой грунта следует плавно сопрягать с неуширенными частями русла для обеспечения благоприятных условий подвода потока воды и руслоформирующих наносов в подмостовое сечение. Общая длина срезки (в верховую и низовую стороны от оси перехода) должна быть в 4-6 раз больше ее ширины в створе моста. Следует избегать наибольшей ширины в створах голов регуляционных сооружений.

При срезке грунта на пойме необходимо предусматривать удаление пойменного наилка до обнажения несвязных аллювиальных грунтов на всей площади срезки.

9.1.11 Для сооружений на автомобильных дорогах всех категорий во всех климатических зонах пропуск расчетного расхода предусматривается по безнапорному режиму при наибольшей глубине воды во входном сечении сооружения, равной высоте сооружения.

9.1.12 Расстояние в свету между высшей точкой внутренней поверхности сооружения в любом поперечном сечении над поверхностью воды при максимальном расходе расчетного паводка и безнапорном режиме работы, в зависимость от высоты свода

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

сооружения, должно составлять не менее:

- для сооружений высотой  $H$  до 3,0 м – не менее  $1/4H$ ;
- для сооружений высотой  $H$  свыше 3,0 м – не менее 0,75 м.

9.1.13 Полунапорный режим протекания потока, допускается только для сооружений под временными автомобильными дорогами при условии обеспечения:

- водонепроницаемости швов в металлоконструкциях;
- устойчивости насыпи против фильтрации;
- согласования с заказчиком.

Наибольший расход для полунапорного режима определяется в зависимости от подпора, не превышающего граничных значений перехода к напорному режиму.

9.1.14 Гидрологические изыскания при проектировании сооружений из МГЭ должны проводиться специализированной организацией, имеющей соответствующие лицензии и опыт. При проведении изысканий необходимо руководствоваться требованиями СП 47.13330.

9.1.15 При необходимости, производится проектирование и расчет сооружений для гашения скорости потока на верхнем и нижнем бьефе.

## **9.2 Гидравлический расчет водопропускных труб**

9.2.1 Глубины воды на входе в сооружение или наибольшие глубины воды в сооружении, для установления заполнения и режима протекания воды в трубе определяются: при заданном типе входного оголовка расчетные расходы круглых труб, соответствующие заполнению входного сечения, определяют по величине параметров расхода:

- для круглых труб:

$$\Pi_Q = Q/D^2 \sqrt{gD} \quad (9.2.1)$$

- для овоидальных труб:

$$\Pi_Q = Q/D^2 \sqrt{gD_э} \quad (9.2.2)$$

$$D_э = 1,13 \sqrt{\omega_{соор.}}, \quad (9.2.3)$$

где  $D_э$  - эквивалентное сечение, представляющее собой диаметр круга, равный по площади поперечному сечению сооружения  $\omega_{соор.}$ .

Таблица 6

Заполнение входного сечения $h_{вх} / D$	Параметр расхода труб $\Pi_Q$		
	с вертикальным срезом	со срезом параллельно откосу	с раструбным оголовком
0,75	0,275	0,350	0,305
0,9	0,360	0,410	0,385
1,0	0,415	0,450	0,495

Примечание:

$h_{вх.} / D < 1$  – соответствует безнапорному режиму протекания потока;

$h_{вх.} / D = 1$  – соответствует полунапорному режиму.

В зависимости от  $\Pi_Q$  и  $D$  определяется величина  $h_{вх.}$

Диаметр отверстия для постоянных сооружений следует подобрать с соблюдением безнапорного режима протекания потока.

9.2.2 Наибольшие глубины перед сооружением, м, (при спокойном потоке в равнинных условиях – подпертые глубины  $H$ ), определяются по формулам 1 и 2 для безнапорного и полунапорного режима соответственно:

$$H = (Q / m b_{кр.} \sqrt{2g})^{2/3}; \quad (9.2.4)$$

$$H = Q^2 / 2g \mu_{п}^2 \omega_{соор.}^2 + \epsilon_{опр.} h_T \quad (9.2.5)$$

где  $m = 0,33$  – коэффициент расхода для труб с вертикально срезанными торцами и труб с торцами, срезанными по откосу насыпи, 0,365 – для раструбного оголовка;

$\omega_{соор.}$  - площадь поперечного сечения трубы;

$\mu_{п}$  и  $\epsilon_{опр.}$  – коэффициенты соответственно расхода и сжатия в

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

определяющем сечении трубы при полунапорном режиме, принимаемые по таблице 7.

Таблица 7

Обозначение	Трубы с вертикально срезанными торцами	Трубы с торцами, срезанными по откосу насыпи	Раструбный оголовок
$\varepsilon_{\text{опр.}}$	0,63	0,59	0,64
$\mu_{\text{п}}$	0,56	0,52	0,65

9.2.3 Критическая глубина определяется из уравнения критического потока:

$$h_{\text{кр}} = \alpha Q^2 / g, \quad (9.2.6)$$

где  $\alpha=1,1$ .

9.2.4 Средняя ширина потока в сечении с критической глубиной  $h_{\text{кр}}$ :

$$b_{\text{кр}} = \omega_{\text{кр}} / h_{\text{кр}}, \quad (9.2.7)$$

$b_{\text{кр}}$  - допускается определять по таблице 8.

Таблица 8

PQ = Q/D <sup>2</sup> √gD	h <sub>кр.</sub> / D	Средняя ширина потока в трубе, м, при диаметре ее D, м					
		1,0	1,25	1,5	2,0	3,0	5,0
0,020	0,49	0,49	0,61	0,73	0,98	1,47	2,45
0,03	0,52	0,52	0,65	0,78	1,04	1,56	2,60
0,04	0,57	0,57	0,71	0,85	1,14	1,71	2,85
0,05	0,59	0,59	0,73	0,88	1,18	1,77	2,95
0,06	0,62	0,62	0,77	0,93	1,24	1,86	3,10
0,07	0,63	0,63	0,78	0,94	1,26	1,89	3,15
0,08	0,64	0,64	0,80	0,96	1,28	1,92	3,20
0,09	0,66	0,66	0,82	0,99	1,32	1,98	3,30
0,1	0,67	0,67	0,83	1,00	1,34	2,01	3,35
0,12	0,69	0,69	0,84	1,03	1,38	2,07	3,45
0,14	0,72	0,72	0,90	1,08	1,44	2,16	3,60
0,16	0,74	0,74	0,92	1,10	1,47	2,20	3,68
0,18	0,76	0,76	0,94	1,13	1,51	2,26	3,78
0,2	0,77	0,77	0,94	1,15	1,54	2,31	3,85
0,25	0,79	0,79	0,99	1,18	1,58	2,37	3,95
0,3	0,81	0,81	1,01	1,21	1,62	2,43	4,05
0,35	0,82	0,82	1,02	1,23	1,64	2,46	4,10
0,4	0,83	0,83	1,03	1,24	1,66	2,49	4,15
0,45	0,84	0,84	1,04	1,25	1,67	2,50	4,18
0,5	0,84	0,84	1,05	1,26	1,68	2,52	4,20
0,55	0,84	0,84	1,05	1,26	1,68	2,52	4,20
0,6	0,84	0,84	1,05	1,26	1,68	2,52	4,20
0,65	0,84	0,84	1,05	1,26	1,68	2,52	4,20
0,7	0,83	0,83	1,03	1,24	1,66	2,49	4,15

9.2.5 Площадь живого сечения трубы при h<sub>кр.</sub> определяется по формуле:

$$\omega_{кр.} = h_{кр.} \cdot b_{кр.} \quad (9.2.8)$$

9.2.6 Для обеспечения максимального использования водопрпускной способности металлических гофрированных труб должно обеспечиваться требование о превышении уклона трубы над критическим уклоном ( $i_t > i_{кр.}$ ) и уклоны труб должны быть более 0,02 – 0,03 и желательно не менее 0,01.

Критический уклон определяется по формуле:

$$i_{кр.} = D^2 / \omega_{кр.}^2 C_{кр.}^2 R_{кр.}^2, \quad (9.2.9)$$

где D – диаметр трубы, м;

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

$R_{кр.} = \omega_{кр.} / \chi_{кр.}$  - гидравлический радиус сечения при  $h_{кр.}$ , м;

$\chi_{кр.}$  – смоченный периметр сечения при  $h_{кр.}$ , м

$\omega_{кр.}$  – площадь живого сечения трубы при  $h_{кр.}$ , м<sup>2</sup>;

$C_{кр.}$  – коэффициент Шези, м<sup>0,5</sup>/с :

$$C_{кр.} = (1/n)R^y \quad (9.2.10)$$

$$y = 2,5\sqrt{n - 0,13} - 0,75\sqrt{R_{кр.}} (\sqrt{n - 0,1}), \quad (9.2.11)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости трубы:

- при отсутствии покрытия (гладкого лотка) в трубе  $n = 0,03$ ;
- при лотке, покрывающем 1/4 - 1/3 внутренней поверхности трубы  $n = 0,025$ .

9.2.7 Глубины воды и скорости на выходе из сооружения, по которым определяют размеры и тип укрепления на выходе.

а) Глубина на выходе из сооружения:

$$h_{вых.} = kh_T (\Pi_Q)^p, \quad (9.2.12)$$

где  $h_T$  – высота трубы;

$k$  и  $p$  – эмпирический коэффициент и показатель степени соответственно, определяемые по таблице 9.

Таблица 9

Режим протекания	Тип трубы	k	p
Безнапорный $\Pi_Q \leq 0,6$	Круглая	0,75	1/2
	Овоидальная	0,68	2/3
Полунапорный $\Pi_Q \geq 0,6$	Круглая	0,7	1/3
	Овоидальная	0,57	1/3

б) Скорость потока на выходе из трубы определяется по формулам:

- при безнапорном режиме:

$$v_{вых} = (1,28 + 15i_T) \sqrt[3]{gQ/D} \quad (9.2.13)$$

- при полунапорном режиме:

$$v_{вых} = (1,65 + 8 i_T) / D \sqrt[6]{gQ^4/D}, \quad (9.2.14)$$

где  $i_T$  – уклон трубы.

9.2.8 Подробный расчет допускается производить по методике для гофрированных труб, изложенной в §5 [2].

### 9.3 Гидравлический расчет засыпных мостов

9.3.1 По геометрическому типу водопропускного сооружения, засыпные мосты из МГЭ допускается относить к малым мостам с откосными крыльями.

9.3.2 Допускается производить расчет по методике для однопролетных мостов, изложенной в §6 [2].

9.3.3 Максимальный уровень воды в сооружении устанавливается в соответствии с п.9.1.12.

9.3.4 Величину отверстия допускается определять итерациями по усредненной ширине конструкции при вычисляемом уровне воды во входном сечении, равном бытовой глубине потока в русле.

9.3.5 Подбор отверстия сооружения более 3м в первом приближении при допущении глубины подпора перед сооружением в  $1,25h_6$  допускается производить по формуле:

$$b = \frac{Q}{m\sqrt{2g}(1,25h_6)^{3/2}} \quad (9.3.1)$$

Где  $h_6$  – бытовая глубина воды в русле при расчетном расходе, м;

$m$  – коэффициент расхода, допускается в первом приближении принимать 0,35;

$Q$  – расчетный расход, м<sup>3</sup>/с.

### 9.4 Расчет укрепления подмостового пространства, нижнего и верхнего бьефов

9.4.1 В следствии чувствительности сооружений из МГЭ к

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

состоянию грунтовой обоймы и перемещению фундаментов, следует не допускать общих и местных размывов.

9.4.2 В случае, если максимальная расчетная скорость потока больше размывающих скоростей для подстилающего грунта, следует предусматривать укрепление русла. Допускаемую неразмывающую скорость для различных типов укреплений необходимо принимать по таблице 12.

Таблица 12

Тип укрепления русла	Допускаемая неразмывающая скорость для типа укрепления, м/с
Каменная наброска	3.0
Монолитный бетон, толщиной не менее 100мм	5.0
Сборные ж.б. конструкции	5.5
Габрионные конструкции, в том числе матрасы Рено	4.2

## **10 Расчет засыпных мостов и труб**

### **10.1 Основные требования к расчету по методике предельных состояний**

10.1.1 В расчетах конструкции в целом и отдельных ее элементов необходимо учитывать самые неблагоприятные сочетания нагрузок и воздействий, возможные на различных стадиях их работы.

10.1.2 Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы конструкций засыпных мостов и труб из МГЭ при их эксплуатации и строительстве.

10.1.3 При расчете труб под насыпями и засыпных мостов из МГЭ следует учитывать их совместную работу с грунтовой обоймой, в том числе, выполненной в виде армогрунтовой системы.

10.1.4 Следует рассматривать приложение нагрузки в характерных точках расчетных моделей.

10.1.5 При проектировании сооружений из МГЭ необходимо производить расчеты металлоконструкций по предельным состояниям первой и второй групп в соответствии с требованиями ГОСТ 27751, расчет фундаментов (опор), расчет осадок, гидравлические расчеты.

10.1.6 Расчеты по первой группе предельных состояний включают проверку местной устойчивости МГЭ в процессе строительства и эксплуатации, проверку прочности материалов и стыковых соединений.

10.1.7 Расчеты по предельным состояниям второй группы проверяют ограничение деформаций поперечного сечения сооружения от эксплуатационных нагрузок, деформации в процессе строительства и трещиностойкость бетонных элементов.

10.1.8 В расчетах по предельным состояниям первой группы для сооружений из МГЭ с пролетами менее 15м, следует учитывать коэффициент надежности по ответственности, равный 1,0 (ГОСТ 27751), для сооружений с пролетом более 15м – 1,1.

10.1.9 Определение усилий в сечениях МГЭ следует выполнять на основе расчетов численными методами, в том числе, по методу конечных элементов, методу конечных разностей и методу материальной точки с использованием сертифицированных расчетных комплексов, позволяющих моделировать упругопластические характеристики материала грунтовой обоймы.

10.1.10 При одной и той же постоянной и временной нагрузке, действующей на конструкцию, величина давления грунта на оболочку (отпор) будет зависеть от формы ее поперечного сечения.

10.1.11 Для сооружений из МГЭ с пролетом (диаметром) менее 10 м на грунтах с модулем упругости более 10 МПа, допускается производить расчет методом сил или методом перемещений, а также методом конечных элементов и методом конечных разностей с использованием сертифицированных расчетных программ, с учетом

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

упругого отпора грунта.

10.1.12 Величину безотпорной зоны допускается принимать в предположении, что зона отлипания грунта от МГЭ имеет центральный угол  $\pi/2$ , т.е. сечения, соответствующие нулевым точкам эпюры отпора, наклонены под углом  $\pi/4$  относительно вертикальной плоскости, проходящей через верхнюю точку свода сооружения. Силы упругого отпора прикладываются нормально к конструкции сооружения.

Коэффициент упругого отпора грунта  $c_{гр}$  (коэффициент постели) определяют по формуле Галеркина:

$$c_{гр} = \frac{E_{гр}}{R(1+\mu_{гр})},$$

(10.1.1)

где  $E_{гр}$  - модуль деформации грунта засыпки, (Н/м<sup>3</sup>);

$R$  - радиус элемента поперечного сечения по срединной линии стенки, (м);

$\mu_{гр}$  - коэффициент Пуассона грунта засыпки.

10.1.13 Проверка несущей способности сечения МГЭ выполняется исходя из условия местной устойчивости стенки металлической конструкции:

$$\frac{|N|}{A} + \frac{|M|}{W_n} \leq \frac{\varphi R_y m_y}{\gamma_n},$$

(10.1.2)

где  $M$  - изгибающий момент, (кНм);

$W_n$  - минимальный момент сопротивления сечения нетто, (м<sup>3</sup>);

$A$  - площадь сечения, (м<sup>2</sup>);

$N$  - продольная сила, (кН);

$R_y$  - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести принятое в соответствии с ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование металлических элементов» или со спецификацией

завода-изготовителя МГЭ, (кПа);

$m_y$  - коэффициент условий работы принимается в равным 0,9;

$\varphi$  - коэффициент устойчивости, принимаемый равным 0,7;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности, в соответствии с п.10.1.8.

10.1.14 Сечения МГЭ должны быть подобраны оптимальными из условий расчета их на прочность, устойчивость и деформативность.

10.1.15 Величины напряжений (деформаций), определяемые в элементах конструкций при расчетах сооружений в стадии эксплуатации и при строительстве, а также величины напряжений (деформаций), определяемые расчетами в монтажных элементах или при их изготовлении, транспортировании и монтаже, не должны превышать расчетных сопротивлений (предельных деформаций), установленных в настоящем своде правил.

10.1.16 Сооружения, запроектированные под непрямым углом к проезжей части, должны быть рассчитаны с учетом влияния несимметричной нагрузки.

10.1.17 Всплытие трубы должно учитываться в тех случаях, когда сооружение устанавливается ниже самого высокого ожидаемого уровня грунтовых вод.

## **10.2 Общие требования к построению расчетной схемы МГЭ**

10.2.1 При расчете сооружений из МГЭ, в расчетных моделях следует учитывать:

- конструктивное исполнение сооружения;
- технологическую последовательность сооружения грунтовой обоймы;
- применение армогрунтовых систем;
- упругопластические характеристики окружающего конструкции

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

грунта, а также грунта засыпки;

- характеристики грунтов основания;

- конструкцию фундаментов.

10.2.2 Моделирование упругопластических характеристик грунтовых массивов необходимо производить с применением соответствующих моделей материалов. Для моделирования грунтового массива в основании сооружения, рекомендуется применение модели упрочняющегося грунта или аналогичной, учитывающей увеличение модуля деформации грунта с глубиной, а также изменение модуля деформации грунта при разгрузке. Для моделирования насыпных грунтов, рекомендуется применение модели Кулона-Мора. Допускается использование других расчетных моделей, отражающих преобладание остаточных деформаций при интенсивных нагрузках, с учетом требований п.10.1.1.

10.2.3 Моделирование МГЭ, бетонных и железобетонных конструкций, а также асфальтобетонного покрытия допускается производить с применением линейно-упругих моделей материалов.

10.2.4 При моделировании конструкции сооружения из МГЭ, криволинейные участки, допускается аппроксимировать прямолинейными элементами. При использовании для моделирования МГЭ балочных и плитных элементов, нормальная и изгибная жесткости МГЭ определяются их геометрическими характеристиками. Жесткость МГЭ в продольном направлении определяется площадью и моментом инерции прямоугольника, высота которого соответствует толщине металла МГЭ.

10.2.5 Границы расчетной области в модели должны быть установлены на достаточном расстоянии, для исключения влияния граничных условий на напряженно-деформированное состояние сооружения из МГЭ.

10.2.6 Характеристики взаимодействия МГЭ с грунтовыми

материалами следует учитывать с помощью контактных элементов. Для элементов, моделирующих трение, или учитывающих снижение контактной прочности, значения коэффициентов принять по таблице 13.

Таблица 13

Наименование грунта	Коэффициент трения	Коэффициент снижения контактной прочности
Песок	0.4	0.5
Песчано-гравийная смесь	0.5	0.7
Щебень	0.6	0.8

10.2.7 При расчете конструкций сооружений из МГЭ, предпочтение следует отдавать пространственным моделям, но также разрешается выполнять указанные расчеты на основе модели плоской деформации. При этом, в расчете стыковых соединений по разделу 10.9 осевое сжимающее усилие, действующее в расчетном сечении МГЭ - N, следует умножать на коэффициент  $\xi$ , равный отношению длины МГЭ к длине конструкции вдоль ее оси, принятой в расчетной модели.

10.2.8 В расчетах по модели плоской деформации, одиночную нагрузку от автомобиля АК, НК по ГОСТ 52748 допускается прикладывать к расчетной модели в виде сосредоточенных сил или распределенной по длине тележки нагрузки, разделенной на ширину тележки.

10.2.9 Для сооружений пролетом менее 10 м допускается не учитывать основание в расчетных моделях сооружения, либо производить расчет, в предположении, что основание является жестким, в следующих случаях:

- если основание сооружения сложено скальными, песчаными

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

грунтами, кроме пылеватых, глинистыми грунтами твердой или полутвердой консистенции;

- при условии, что взаимное расположения слоев грунта основания не вызывает неравномерную осадку опор;

- для бесфундаментных сооружений, независимо от типа и структуры грунтового массива основания, за исключением слабых оснований, имеющих модуль деформации  $E_{гр} < 10 \text{ МПа}$ .

10.2.10 При моделировании грунтовых массивов, их характеристики (состав, плотность, модуль деформации) и геометрические размеры должны соответствовать проектной документации и результатам инженерно-геологических изысканий.

### **10.3 Расчет несущих конструкций из МГЭ малого диаметра**

10.3.1 Расчеты по приведенным ниже методикам допускается выполнять только для круглых труб и однорадиусных арок, соответствующих п.10.1.11.

### **10.4 Расчет конструкции по предельному равновесию**

10.4.1 Условие, гарантирующее конструкцию в эксплуатации от наступления первого предельного состояния, характеризуемого предельным статическим равновесием взаимодействующей системы "конструкция - грунт", удовлетворяется неравенством:

$$q \leq q_p, \quad (10.4.1)$$

где  $q$  - интенсивность вертикального давления грунта на МГТ от постоянных и временных нагрузок с учетом коэффициентов перегрузки согласно действующим нормам;

$q_p$  - расчетная несущая способность МГТ в грунте, т.е. интенсивность предельно допустимой нагрузки из условия

предельного статического равновесия рассчитываемой системы.

10.4.2 Расчетную несущую способность МГТ  $q_p$  (кг/см<sup>2</sup>) определяют по формуле:

$$q_p = K_{ув} q_{1,p}, \quad (10.4.2)$$

где  $K_{ув}$  - коэффициент увеличения несущей способности МГТ за счет упругого отпора окружающего грунта, вычисляется по формуле:

$$K_{ув} = 1 + \frac{12,1 \times 10^{-4}}{\sqrt{G}}; \quad (10.4.3)$$

$q_{1,p}$  - расчетная несущая способность МГТ вне грунта, кгс/см<sup>2</sup>, вычисляется по формуле:

$$q_{1,p} = 0,032 \times 10^{16} \frac{W^2}{D^2}; \quad (10.4.4)$$

$W$  - момент сопротивления продольного (вдоль МГТ) сечения брутто стенки на единицу длины МГТ, см<sup>3</sup>/см;

$D$  - диаметр МГТ по средней линии гофров, см;

$G$  - обобщенный показатель жесткости взаимодействующей системы "конструкция-грунт" см<sup>2</sup>/кгс, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{W}{D^2 E_{гр}}; \quad (10.4.5)$$

$E_{гр}$  - компрессионный модуль деформации грунта засыпки, принимаемый на основе компрессионных испытаний в одометре при интервале давлений 0,5 - 1 кгс/см<sup>2</sup>.

## 10.5 Проверка общей устойчивости формы поперечного сечения МГТ

10.5.1 Расчет МГТ на общую устойчивость формы поперечного сечения производят из условия сжатия МГТ равномерно

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

распределенным по ее периметру нормальным давлением грунта засыпки, принимаемым равным расчетной интенсивности  $q$  вертикального давления на МГТ от постоянных и временных нагрузок. Условие устойчивости удовлетворяется неравенством:

$$\frac{N}{\varphi F} \leq m_2 R_0,$$

(10.5.1)

где  $N$  - расчетное осевое сжимающее усилие на единицу длины стенки МГТ кгс/см, вычисляется по формуле:

$$N = \frac{qD}{2}; \quad (10.5.2)$$

$F$  - площадь продольного сечения стенки на единицу длины трубы см<sup>2</sup>/см;

$m_2$  - коэффициент условий работы, учитывающий условность расчетной схемы и начальные несовершенства конструкции, принимается равным 0,7;

$R_0$  - основное расчетное сопротивление стали при действии осевых сил, кгс/см<sup>2</sup>;

$\varphi$  - коэффициент понижения несущей способности, вводимый для предотвращения потери устойчивой формы равновесия гибкой МГТ в упругой грунтовой среде, вычисляется по формуле:

$$\varphi = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_m}; \quad (10.5.3)$$

$\sigma_m$  - предел текучести стали, кгс/см<sup>2</sup>;

$\sigma_{кр}$  - критическое напряжение в стенке трубы, кгс/см<sup>2</sup>, которое следует принимать:

$$\sigma_{кр} = \frac{12E}{\lambda^2}, \text{ если } \lambda \geq \lambda_0; \quad (10.5.4)$$

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda, \text{ если } \lambda_0/2 < \lambda < \lambda_0; \quad (10.5.5)$$

$$\sigma_{кр} = \sigma_m, \text{ если } \lambda \leq \lambda_0/2; \quad (10.5.6)$$

Постоянные  $a$  и  $b$ , а также предельное значение

гибкости  $\lambda_0$  принимаются в зависимости от марки стали:

- для стали 15сп ( $\sigma_{п.ц} = 2000$  кгс/см<sup>2</sup>;  $\sigma_m = 2400$  кгс/см<sup>2</sup>):

$$a = 2800 \text{ кгс/см}^2;$$

$$b = 7,14 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\lambda_0 = 112;$$

- для стали 09Г2Д ( $\sigma_{п.ц} = 2600$  кгс/см<sup>2</sup>;  $\sigma_m = 3100$  кгс/см<sup>2</sup>):

$$a = 3600 \text{ кгс/см}^2;$$

$$b = 10,2 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\lambda_0 = 98;$$

$E = 2,1 \times 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> - модуль упругости стали;

$\sigma_{п.ц}$  - предел пропорциональности стали;

$$\lambda = \frac{k'D}{r}; \quad (10.5.7)$$

$\lambda$  - гибкость трубы;

$r$  - радиус инерции продольного сечения стенки МГТ, см;

$k'$  - коэффициент гибкости, принимаемый по таблице 14 в зависимости от геометрического параметра  $D^3/\lambda$  и модуля деформации грунта засыпки  $E_{гр}$ .

Таблица 14

E <sub>гр</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Коэффициент гибкости k' при геометрическом параметре D <sup>3</sup> /110 <sup>-7</sup>							
	0,2	0,3	0,5	1	2	5	10	20
50	0,893	0,850	0,780	0,663	0,532	0,445	0,366	0,314
100	0,814	0,755	0,663	0,532	0,468	0,366	0,314	0,264
200	0,703	0,629	0,532	0,468	0,394	0,314	0,264	0,222
300	0,629	0,551	0,494	0,425	0,352	0,281	0,239	0,202
400	0,573	0,512	0,468	0,394	0,332	0,264	0,222	0,188
500	0,532	0,494	0,445	0,366	0,314	0,250	0,211	0,178
600	0,512	0,477	0,425	0,352	0,300	0,239	0,202	0,169

## 10.6 Определение предельных деформаций поперечного сечения МГТ

### 10.6.1 Предельное относительное увеличение горизонтального

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

диаметра МГТ  $\Delta D'_{\text{пред}}$  (в %), отвечающее моменту предельного статического равновесия рассчитываемой системы, определяют по формуле:

$$\Delta D'_{\text{пред}} = \frac{q_{\text{пред}} D^3}{0,96EI + 0,0052E_{\text{гр}} D^3}, \% \quad (10.6.1)$$

где  $q_{\text{пред}} = 1,1 q_p$  - нормативная несущая способность МГТ, кгс/см<sup>2</sup>;

$E = 2,1 \times 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> - модуль упругости стали;

$I$  - момент инерции продольного сечения стенки на единицу длины МГТ, см<sup>4</sup>/см.

10.6.2 Если подсчитанная деформация  $\Delta D'_{\text{пред}}$  (в см) не удовлетворяет условию:

$$\Delta D'_{\text{пред}} \leq \frac{M_{\text{пл}} D^2}{6EI}, \text{ см} \quad (10.6.2)$$

то ее значение уточняют, определяя по формуле:

$$\Delta D'_{\text{пред}} = \frac{q_{\text{пред}} D^2 - 16M_{\text{пл}}}{0,0052E_{\text{гр}} D^2}, \% \quad (10.6.3)$$

где  $M_{\text{пл}} = W_{\text{пл}} \sigma_m$  - изгибающий момент в стенке МГТ, соответствующий образованию пластического шарнира, кгс\*см/см;

$W_{\text{пл}}$  - пластический момент сопротивления продольного сечения стенки на единицу длины трубы, см<sup>3</sup>/см;

$\sigma_m$  - предел текучести: 2400 кгс/см<sup>2</sup> для медистой стали 15сп и 3100 кгс/см<sup>2</sup> для стали 09Г2Д.

По этим же формулам может быть вычислена деформация горизонтального диаметра для любой величины (но не более  $q_{\text{пред}}$ ) действующей на МГТ нагрузки.

10.6.3 Предельное относительное уменьшение вертикального диаметра  $\Delta D_{\text{пред}}$  определяют через деформацию горизонтального диаметра:

$$\Delta D_{\text{пред}} = \Delta D'_{\text{пред}} \left( 1 + \frac{2,43 \times 10^{-4}}{\sqrt{G}} \right), \% \quad (10.6.4)$$

10.6.4 Значения предельных деформаций поперечного сечения трубы, соответствующие моменту предельного статического

равновесия рассчитываемой системы, определяют в целях использования их в дальнейшем для оценки состояния построенного сооружения в эксплуатационных условиях.

### **10.7 Расчет несущих конструкций из МГЭ арочного и коробчатого контура, а также труб полирадиусного контура**

10.7.1 При наличии сопряжения нескольких радиусов в сечении сооружения из МГЭ, определяющим для оценки прочности и устойчивости элементов становится изгибающий момент.

10.7.2 Рекомендуется производить расчет полирадиусных сечений методом конечных элементов с помощью сертифицированных расчетных комплексов.

10.7.3 Данные конструкции особо чувствительны к перемещению основания и грунтовой обоймы.

### **10.8 Расчет концевых участков сооружений из МГЭ**

10.8.1 Игнорирование влияния боковых несбалансированных сил в конструкции при несимметричной засыпке концевых участков сооружения, может привести к потере устойчивости данных участков и соседних секций.

10.8.2 В связи со сложностью определения фактического распределения нагрузки на конструкцию, подвергшуюся несбалансированному нагружению, задача может быть смоделирована численными методами или следующим приближенным методом.

10.8.3 Приближенный метод заключается в анализе полос водопропускной трубы шириной 1,0 мм для несбалансированного

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

давления грунта, где полосы ограничены плоскостями, перпендикулярными осевой линии водопропускной трубы, как показано на рисунке 10.8.1.

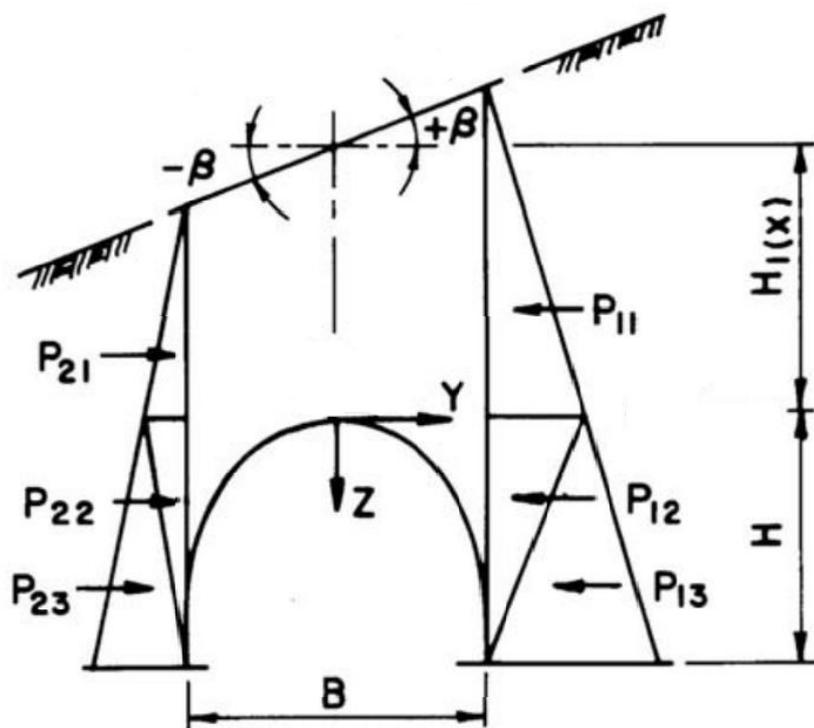


Рисунок 10.8.1 – Схема определения несбалансированного давления на концевые участки сооружения

## 10.9 Расчет болтовых соединений стыков

10.9.1 Проверка несущей способности стыковых соединений МГЭ на болтах нормальной точности выполняется в предположении, что все сдвигающие усилия в стыке воспринимаются болтами без учета трения по контактным поверхностям соединяемых элементов.

10.9.2 Расчет болтовых соединений производится на сдвигающие усилия от действия осевой сжимающей силы, в предположении, что усилия между всеми болтами соединения распределяются равномерно.

Расчетное сдвигающее усилие на один болт  $S_b$  определяется по формуле:

$$S_b = 1,2 \frac{N}{n_b}$$

(10.9.1)

где  $n_b$  - число болтов в соединении на единицу длины трубы;

$N$  - осевое сжимающее усилие, действующее в расчетном сечении МГЭ;

10.9.3 Прочность болтового соединения проверяется по формуле:

$$S_b \leq N_b, \quad (10.9.2)$$

где  $N_b$  - расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом, определяемое по формулам:

на срез

$$N_b = 0,72R_{bs}A_b, \quad (10.9.3)$$

на смятие

$$N_b = 0,72R_{bp}d \sum t, \quad (10.9.4)$$

где  $R_{bs}$ ,  $R_{bp}$  - расчетные сопротивления металла болтов и соединяемых элементов на срез и смятие соответственно;

$A_b$  - площадь сечения стержня болта,  $m^2$ , вычисляется по формуле:

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4};$$

(10.9.5)

$d$  - диаметр стержня болта, м;

$\sum t$  - наименьшая суммарная толщина сминаемых элементов м.

## 10.10 Расчет оснований и фундаментов сооружений из МГЭ

10.10.1 Основания и фундаменты засыпных мостов и труб из МГЭ следует проектировать в соответствии с требованиями ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения.

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

Правила проектирования опор и фундаментов» и с учетом требований настоящего раздела.

10.10.2 В качестве исходных данных при проектировании фундаментов сооружений из МГЭ следует руководствоваться результатами инженерно-геологических изысканий, проведенных на основании Технического задания в соответствии с СП 11-105, СП 47.13330, в состав которых должны быть включены:

- полевые скважины и полевые исследования грунтов;
- гидрологические исследования;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и надземных вод;
- камеральная обработка материалов с формированием соответствующего отчета.

10.10.3 Классификацию грунтов оснований необходимо производить в соответствии с ГОСТ 25100.

10.10.4 Нормативные и расчетные значения характеристик физико-механических свойств материалов, используемых для фундаментов, должны удовлетворять требованиям разделов ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

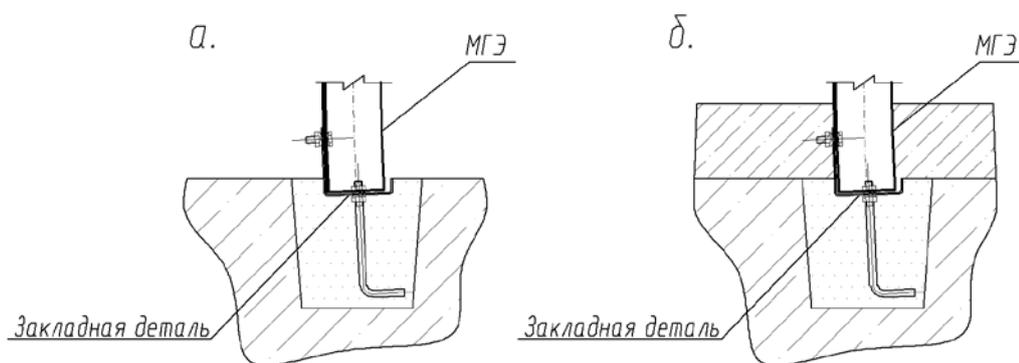
10.10.5 Основания и фундаменты мостов и труб следует рассчитывать по двум группам предельных состояний:

- по первой группе — по несущей способности оснований, устойчивости фундаментов против опрокидывания и сдвига, устойчивости фундаментов при воздействии сил морозного пучения грунтов, прочности и устойчивости конструкций фундаментов;
- по второй группе — по деформациям оснований и фундаментов (осадкам, кренам, горизонтальным перемещениям) и трещиностойкости железобетонных конструкций фундаментов. металл

10.10.6 Расчет фундаментов сооружений из МГЭ необходимо производить на нагрузки, передаваемые конструкций из МГЭ на

фундамент, полученные при расчете сооружения в соответствии с разделом 10.1, с учетом вертикального давления на фундамент от веса примыкающей части насыпи.

10.10.7 При расчете сооружений разомкнутого контура на железобетонных фундаментах, их опирание на фундамент принимается шарнирным, в случае, если соединение МГЭ с закладной деталью не залито бетоном (рисунок 10.10.1а), в противном случае, концы арки считать заделанными (рисунок 10.10.1б).



а – шарнирное опирание арки; б – заделка

Рисунок 10.10.1 – схемы опирания разомкнутого контура:

10.10.8 При расчете осадки насыпи с использованием упругопластических моделей грунта, положение нижней границы расчетной модели должно быть назначено в соответствии с указаниями ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор и фундаментов».

### **10.11 Защита участка насыпи с расположенными на нем сооружениями из МГЭ от оползневых воздействий**

10.11.1 При проектировании водопропускных труб под насыпями и засыпных мостов из МГЭ следует учитывать возможность появления

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

и развития оползневых процессов на территории, примыкающей к участку насыпи, на котором предполагается строительство сооружений.

10.11.2 В случае, если по данным топографической съемки и инженерно-геологических изысканий, выявлены косвенные признаки оползневых процессов, а также при проектировании искусственных сооружений на косогорах, необходимо провести более детальные изыскания на участке местности, длиной не менее 100м в каждую сторону от оси искусственного сооружения вдоль насыпи автомобильной дороги с целью выявления:

- характерных для этого участка признаков ранее имевших место оползней: наличие террас и гребней, крутых склонов, «пьяного» леса и т.п;
- геологического строения геомассива с характерными для оползневых склонов напластованиями грунтов;
- гидрологических условий, включая выявление наклонных горизонтов грунтовых вод, родников и т.п;
- наличия слабых слоев грунтов (глинистых мягкопластичной и текучей консистенции, пылеватых водонасыщенных песков, органических грунтов (торфы, илы, сапропели), которые способствуют образованию опасных поверхностей скольжения.

10.11.3 После сбора всех необходимых исходных данных следует:

- провести оценку устойчивости склона различными аналитическими методами с определением коэффициента устойчивости;
- оценить возможные природные и техногенные воздействия:
  - обводнение склона при производстве строительных работ;
  - пригрузка склона весом насыпи, складированных материалов, строительной техники;
- вновь провести оценку устойчивости склона с учетом природных и

техногенных воздействий;

- если коэффициенты устойчивости при этом окажутся ниже величин, требуемых нормами, склон является потенциально оползневым.

10.11.4 При проектировании сооружений из МГЭ и участка насыпи, на котором будут расположены эти сооружения, необходимо принять превентивные меры по защите сооружений из МГЭ и насыпи от опасных оползневых воздействий.

10.11.5 Превентивные конструктивно-технологические мероприятия по защите сооружений и насыпи от опасных оползневых воздействий включают следующее:

- обеспечение надлежащего водоотвода со строительной площадки, не допускающего обводнения геомассива и снижение его устойчивости;
- устройство различных систем дренажей, обеспечивающих снижение уровня грунтовых вод и улучшающих сдвиговые характеристики грунтов геомассива;
- устройство удерживающих силовых противооползневых конструкций в виде рядов забивных или буровых свай;
- устройство противооползневых армогрунтовых систем из различных армирующих элементов.

## Библиография

- [1] Технический регламент                      Безопасность  
Таможенного союза                      автомобильных дорог  
ТР ТС 014/2011
- [2] Пособие по гидравлическим расчётам малых  
водопропускных сооружений под общей редакцией Г.Я.  
Волченкова. М.: «Транспорт», 1980 г., 408 с.

УДК 624.21.014.2

ОКС 93.040

Ключевые слова: стандарты, национальные стандарты Российской Федерации, автомобильная дорога общего пользования, мостовые сооружения, проектирование металлических элементов, автодорожные мосты, пролетные строения, расчеты, конструктивные требования.

Руководитель организации разработчика  
Общество с ограниченной ответственностью «Мастерская Мостов»  
(ООО «Мастерская Мостов»)

Генеральный директор


 18.12.2020

А.Н. Щербаков

подпись, дата

Руководитель разработки

Технический директор,  
канд. техн. наук

 18.12.2020

Н.В. Илюшин

подпись, дата

Исполнители:

Зам. технического  
директора

 18.12.2020

Н.Ю. Новак

подпись, дата

Научный сотрудник


 18.12.2020

Н.М. Розанова

подпись, дата

Начальник отдела


 18.12.2020

В.В. Одинцов

подпись, дата

Главный специалист


 18.12.2020

В.А. Конопатов

подпись, дата