

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МГК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В предыдущих трех выпусках журнала «Дорожная держава» (№ 97, 98, 99) были рассмотрены концепции и решения различных типов подземных биопереходов, ландшафтных мостов, биопереходов мостового типа. В четвертой статье ЗАО «Гофросталь» из цикла, посвященного экодукам, рассматривается важная проблема проектирования и строительства металлических гофрированных конструкций (МГК) в целом. В представленном материале специалисты компании делают акцент на важнейшем несущем элементе гофрированной системы – грунтовой обойме.



Основой безопасности строительства и эксплуатации гибких засыпных конструкций является совместная работа с грунтом обоймы вокруг оболочки. Современная расчетно-конструкторская база позволяет надежно проектировать и рассчитывать грунто-стальные структуры с учетом односторонней работы грунта на сжатие и сдвиг. Программные комплексы вычисляют параметры напряженно-деформированного состояния всех элементов сооружения на любом этапе возведения и эксплуатации. Технические требования к физико-механическим свойствам грунта засыпки указываются в проекте.

В реальности часто возникает проблема отсутствия или высокая стоимость необходимого грунта для засыпки. Большинство осадков и де-

формаций МГК связано именно с этим. Вопрос пригодности материалов для отсыпки грунтовой обоймы крайне важен и должен обязательно отражаться в проекте и ППР.

Нормы проектирования и требования по защите от коррозии ограничивают зерновой состав грунтов для засыпки, требования к сжимаемости грунтов устанавливаются проектным модулем деформации грунта в зависимости от размеров сооружения, высоты насыпи. Требования к коэффициенту уплотнения от 0,95 до 0,98. Сочетание этих трех параметров и определяют будущие свойства обоймы грунто-стальной конструкции.

Ограничение количества глинистых частиц предупреждает возможность морозного пучения и обеспечивает фильтрацию воды. Максимальный

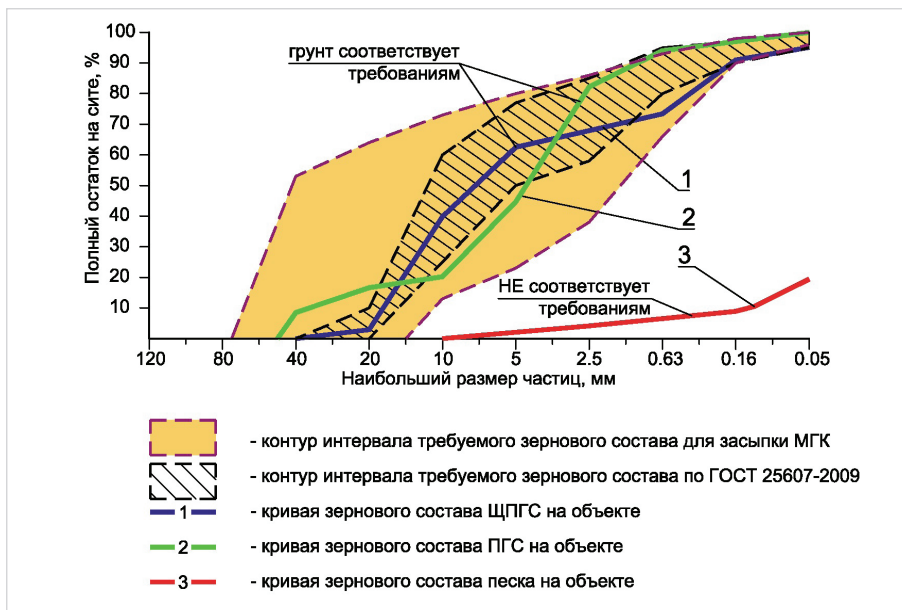
размер обломков в контактной зоне должен быть таким, чтобы они свободно умещались, не заклиниваясь во впадине гофра.

Этим требованиям соответствуют пески средней крупности, крупные, гравелистые, щебенисто-галечниковые и дресвяно-гравийные грунты, не содержащие обломков размером более 50 мм. Грунты не должны содержать более 10% частиц размером менее 0,1 мм, в том числе более 2% глинистых размером менее 0,005 мм [1].

В проектах арочных сооружений и труб большого диаметра для обеспечения надежности проектировщиками применяется ПЩС (песчано-щебеночная смесь) по [2], или ПГС (песчано-гравийная смесь) по [3]. Модуль деформации грунта  $E$ , определяется расчетом.

При возведении МГК необходимо обеспечить соответствие применяемого грунта требованиям норм и проекта. Для этого следует выполнить испытания доступных грунтов для подтверждения соответствия проекту. Компрессионные испытания грунтов необходимо сделать даже в том случае, если грунт соответствует заданному зерновому составу, так как сжимаемость грунта зависит не только от размеров зерен, но и от других механических свойств грунта.

Если модуль деформации грунта окажется ниже заданного проектом, это может привести к неконтролируемым деформациям сооружения. Возможны прогибы свода, и даже обрушение конструкций под собственным весом. Осадка сооружения проходит в течение 4-6 месяцев, реже – за год или более, в зависимости от стабилизации грунтов всей насыпи. За это время сооружение уже может быть введено в эксплуатацию, а устранить последствия можно только заменой грунта обоймы.



Приведем пример выбора грунта для МГК пролетом 17 метров. Проектом установлены следующие требования к грунту: зерновой состав принят в соответствии с [1], модуль деформации грунтовой обоймы установлен расчетами – в зоне механизированного уплотнения не менее 30 МПа, для зоны ручного уплотнения 90 МПа.

Для устройства обоймы были исследованы три материала (см. график). Проектом определены достаточно жесткие требования по деформативным свойствам грунта – заранее был риск, что испытания не покажут требуемых значений. Поэтому испытаниями было дополнительно предусмотрено ускоренное определение предела прочности в возрасте 7 суток с последующим вычислением модуля деформации ПГС с це-

ментом 6% по массе и смеси ПЩС с цементом 4% по массе. Приготовление и испытания цементогрунта были проведены в соответствии с [5].

Для выбора оптимального грунта засыпки МГК из имеющихся вариантов при лабораторных испытаниях определены следующие характеристики образцов:

1. Зерновой состав, весовые параметры, естественная влажность, оптимальная влажность для максимального уплотнения;
2. Угол внутреннего трения и значения модулей деформации в интервале давлений 0,1–0,6 МПа для проб грунта;
3. Угол внутреннего трения и значения модулей деформации в интервале давлений 0,1–0,6 МПа для смеси грунта и цемента в соответствии с заданием.

Таблица результатов испытаний образцов грунта для засыпки.

№ кривой	Грунтовой материал	Соответствие ОДМ, [1]	E <sub>гр</sub> , МПа	Цементогрунт по [5]		
				Кол-во цемента, %	Прочн. R <sub>г</sub> , МПа	E <sub>ц-гр</sub> , МПа
1	ЩПС С6 по [2]	Да	80,33	4,0	1,90	120
2	ПГС по [3]	Да	30,30	6,0	0,85	60
3	Песок по [4]	Нет	17,80	не испытывался		

#### Литература

1. ОДМ 218.2.001-2009 «Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон)».
2. ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов».
3. ГОСТ 23735-79 «Смеси песчано-гравийные для строительных работ».
4. ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».
5. ВСН 164-69 «Технические указания по устройству дорожных оснований из обломочных материалов, укрепленных цементом».

Результаты испытаний были систематизированы и представлены в таблице.

По результатам испытаний приняты следующие решения. Песок был исключен, так как грунт не соответствует требованиям проекта по зерновому составу и по модулю деформации. Грунтовая обойма отсыпалась из ПГС по [3] при оптимальной влажности с коэффициентом уплотнения не менее 0,95 максимальной стандартной плотности. В зоне 0–500 мм от стенки МГК грунтовая обойма выполнялась из смеси ПЩС С6 по [2] с добавлением 4% цемента с коэффициентом уплотнения не менее 0,95. Технология устройства обоймы, а также контроль за деформациями арки выполнялись в соответствии со специально разработанным технологическим регламентом.

Наши специалисты готовы оказать содействие в любых вопросах по проектированию и строительству сооружений из МГК, а также в разработке и утверждении технологических схем производства работ, в определении оптимального грунтового материала для обеспечения надежной работы пролетного строения сооружения.

**ГОФРОСТАЛЬ**

**Материалы подготовлены:  
Изготовление МГК:  
ЗАО «Гоффросталь»,  
Московская область  
+7-495-720-4963,  
www.gofrostal.ru  
Строительство:  
ООО «АльянсТехСтрой», г. Уфа  
+7-929-818-5152  
Проектирование:  
ООО «Малые мосты и трубы»,  
г. Киров  
+7-8332-711-790**