

УДК 624.137

DOI: 10.47813/rosnio.2022.3.63-71

EDN: [KDFVVC](#)



Применение габионных конструкций при проектировании и строительстве автомобильных дорог

А.С. Ишков, М.А. Шелакина *

Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, Краснодар, 350004, Российская Федерация

*E-mail: libra11@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается практическая значимость применения габионной конструкции на склоновом участке автомобильной дороги, смоделированы условия строительства, рассчитана конструкция по данным отчетной документации на основе программы GEO5. Отмечается востребованность применения подобных конструкций при проектировании и строительстве автомобильных дорог как структур инженерной защиты.

Ключевые слова: габионные конструкции, инженерная защита, автомобильные дороги, дорожное строительство, откосы

The use of gabion structures in the design and construction of highways

Alexander Ishkov, Marina Shelakina*

Kuban State University, Young Researcher, City Krasnodar, Stavropol str., 149, 350004, Russian Federation

*E-mail: libra11@bk.ru

Abstract. The article considers the practical significance of using a gabion structure on a slope section of a highway, modeled the construction conditions, calculated the design according to the accounting documentation based on the GEO5 program. The demand for the use of such structures in the design and construction of roads as engineering protection structures is noted.

Keywords: gabion structures, engineering protection, highways, road construction, slopes

1. Введение

При проектировании и строительстве автомобильных дорог можно встретить участки для размещения дорожных сетей, расположенные в районах, подверженных опасным склоновым процессам. Что в свою очередь, повышает риск разрушения дорожного полотна и несет угрозу для жизни. Применение габионных конструкций является одним из высокоэффективных и универсальных способов не только укрепления откосов, но и усиления, стабилизации и защиты эксплуатируемого земляного полотна, подмостовых конусов и опор мостов.

2. Постановка задачи

Рассмотреть практическую значимость применения габионной конструкции на склоновом участке автомобильной дороги. Произвести расчетные вычисления подпорной стенки в программе GEO5 на основе данных физико-механической характеристики грунтов.

2.1. Наиболее важные особенности и характеристики габионных конструкции

Таблица 1. Характеристика габионных конструкции [1, 3, 7].

Конструктивные особенности	Возможности	Преимущества
<ul style="list-style-type: none"> ✓ высокая сопротивляемость нагрузкам, прочность каркасно-армирующих элементов и лицевых граней; ✓ пористость и проницаемость; ✓ гибкость и устойчивость 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ сочетания с традиционными типами укреплений дорожно-мостовых сооружений; ✓ широкое использование местных каменных материалов; ✓ создания гибких цилиндрических, тюфячных, коробчатых и комбинированных конструкций и различных составных решений при практически неограниченных размерах каркасных элементов этих конструкций; ✓ монтируются в труднодоступных для строительной техники местах. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ коррозионная устойчивость от воздействия воды и атмосферных осадков; ✓ наиболее высокая и долговременная дренирующая способность; ✓ простота конструкций и строительства; ✓ минимальные объемы работ по подготовке основания возводимых сооружений; ✓ низкие эксплуатационные расходы; ✓ экологичность, ✓ эстетичность восприятия, ✓ надежность функционирования, ✓ длительный срок службы.

Несмотря на довольно длительное использование габионных конструкций, их применение остается актуальным для автодорожного строительства в силу ряда основных причин [2, 5]. Во-первых, экономическая составляющая – проволочные каркасы недороги, а строительным материалом для габионов может служить любой камень. Главное, чтобы его размер был больше диаметра сетки. Во-вторых, простота строительства. Более того, иногда возведение габионов – единственное решение. Иногда невозможно использовать тяжелую строительную технику, например, на слабых грунтах. В-третьих, эксплуатация. Габионы требуют минимального ремонта, но регулярного осмотра, а срок их службы по крайней мере 25 лет. Конструкция достаточно пластична, чтобы выдерживать осадку грунта под ней. Отдельные разрывы сетки почти не отражаются на общей прочности.

Габионные конструкции находят своё применение в качестве: противоселевых, берегозащитных, противоэрозионных, водопропускных, водоотводных и очистных сооружений. Также, в случае необходимости, возможно использовать габионные конструкции в качестве противообвальных и противолавинных сооружений [10]. Поэтому в качестве инженерной защиты автомобильной дороги, участок которой подвержен инженерно-геологическому риску, было выбрано данное решение, обладающее рядом преимуществ.

Согласно рекомендациям по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах [10]: при расчете сооружений и разработке проекта из габионных конструкций учитывается в соответствии с требованиями раздела 6 уровень ответственности защищаемого участка автомобильной дороги, его эксплуатационные и конструктивные особенности, а также вероятные изменения в окружающей среде в связи со строительством данных сооружений. Данное требование [9] учитывалось при расчетах подпорной стенки.

3. Методы и материалы исследования

Степень устойчивости склона (откоса) оценивается величиной коэффициента устойчивости. Склон, откос или его морфологический элемент считается устойчивым, если его коэффициент устойчивости выше единицы. Величина коэффициента устойчивости склона (откоса), приблизительно равная единице, соответствует состоянию предельного равновесия, наблюдающемуся в моменты начала и завершения оползневого смещения. Оценка устойчивости откосов и склонов заключается, как

правило, в решении плоской задачи: рассматриваются условия равновесия массива горных пород шириной 1 м, условно "вырезанного" из массива склона по направлению ожидаемого оползневого смещения.

Для расчетов в качестве модели был выбран участок в пос. Небуг, имеющий Европейский автодорожный маршрут (Е97) и отвечающий одному из главных запросов при проектировании габиона – склоновые процессы.

Правильная оценка результатов инженерных изысканий – геодезических, гидрогеологических, природно-климатических – главный акцент в процессе проектирования и составление кинематической модели работы конструкций с учетом экстремального сочетания нагрузок. Задача усовершенствования строительства сооружений с применением габионов представляется весьма перспективной для дальнейших исследований [4].

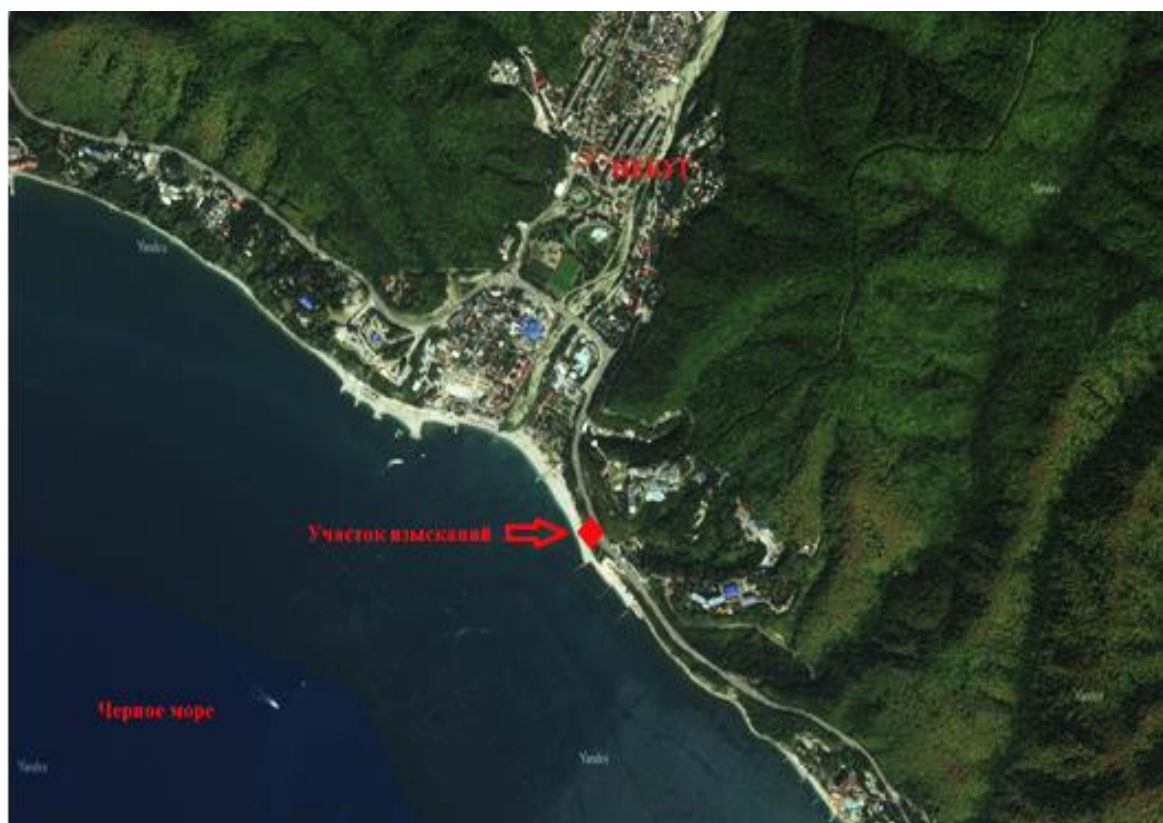


Рисунок 1. Месторасположение участка исследований [8].

Данная территория сложена флишевым комплексом мелового и палеогенового возраста. Площадка изысканий представляет собой участок, сложенный флишевым переслаиванием серых мергелей, аргиллитов и песчаников в соотношении 3:1:1, частично перекрытых крупнообломочными природными и перемещенными

техногенными грунтами. Угол падения слоев варьируется от 35° до 60°, азимут падения С-В 15°-25° [8].

Множество геотехнических задач решает программный комплекс GEO5. В его составе, кроме программ для общетехнических расчетов, есть и отдельные программы по полному проектированию конкретной заданной конструкции. Это позволяет произвести все необходимые расчеты строения [6].

№	Имя	Образец грунта	Φ_w [°]	c_{ef} [кПа]	γ [кН/м ³]	γ_{sat} [кН/м ³]	δ [°]
1	Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвердая		29,00	8,00	19,00	9,00	25,00
2	Гравийно-галечниковый с суглинистым заполнителем		29,00	8,00	19,00	8,80	0,00

№	Имя	Образец грунта	Тип расчёта	Φ_w [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвердая		несвязный	29,00	-	-	-
2	Гравийно-галечниковый с суглинистым заполнителем		связный	-	0,35	-	-

Параметры грунтов

Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвердая
 Удельный вес: $\gamma = 19,00$ кН/м³
 Напряженное состояние: эффективное
 Угол внутреннего трения: $\Phi_w = 29,00^\circ$
 Удельное сцепление грунта: $c_{ef} = 8,00$ кПа
 Угол трения: $\delta = 25,00^\circ$
 конструкция-грунт:
 Грунт: несвязный
 Удельный вес водонасыщенного грунта: $\gamma_{sat} = 19,00$ кН/м³

Гравийно-галечниковый с суглинистым заполнителем
 Удельный вес: $\gamma = 19,00$ кН/м³
 Напряженное состояние: эффективное
 Угол внутреннего трения: $\Phi_w = 29,00^\circ$
 Удельное сцепление грунта: $c_{ef} = 8,00$ кПа
 Угол трения: $\delta = 0,00^\circ$
 конструкция-грунт:
 Грунт: связный
 коэффициент Пуассона: $\nu = 0,35$
 Удельный вес частиц грунта: $\gamma_s = 21,00$ кН/м³
 Пористость «0 - 1.0»: $n = 0,20$

№	Толщина слоя t [м]	Глубина z [м]	Привязка грунта	Образец грунта
1	-	0,00 .. ∞	Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвердая	

Заложение
 Тип заложения: грунт-геологический разрез
 Форма рельефа
 Наклон рельефа за конструкцией 1: 3,38 (угол наклона - 18,50°)
 Влияние воды
 Уровень грунтовой воды ниже уровня конструкции

2

[GEO5 - Уголная стена датированной] [версия 5.2022.10.1] Copyright © 2011 Fime spol. s r.o. All Rights Reserved. www.fimecheky.cz

Рисунок 2. Исходные данные.

Главное достоинство данной программы при расчете габиона – это возможность рассмотреть нескольких вариантов в кратчайшие сроки.

В форме таблиц и схем, которые позволяют специалисту проанализировать конструктивное решение и выбрать оптимальный вариант, содержится информация об усилиях в конструкции и напряжениях в грунте [6].

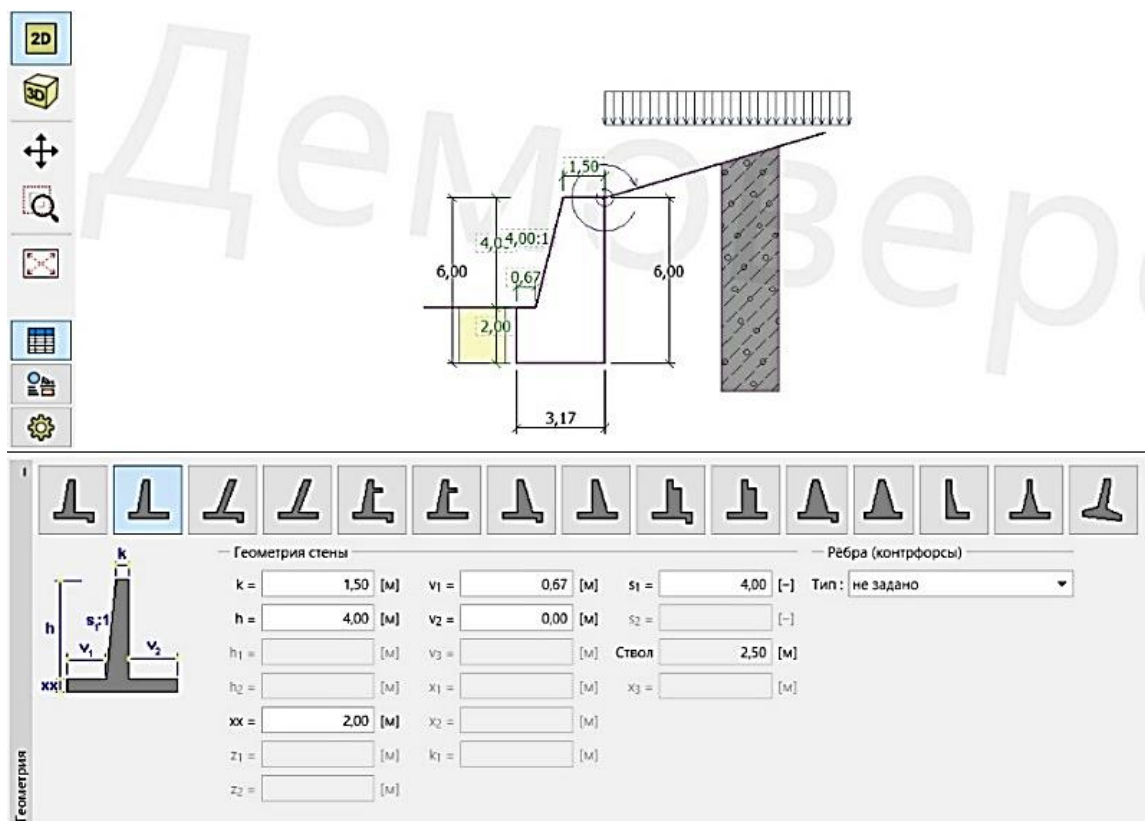


Рисунок 3. Моделирование параметров.

3. Практическая значимость

Согласно требованиям, на основе инженерно-геологических данных отчета были произведены следующие расчеты: расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвига по подошве фундамента; расчет несущей способности; анализ строительных свойств грунта под подошвой фундамента стены; определение пассивного и активного давления на стену. В результате была построена модель габионной стены в программе GEO5.

№	Пригрузка	Точка приложения	Величина 1	Величина 2	Ордината x	Длина l	Глубина z
	новая	изменение	[кН/м ²]	[кН/м ²]	[м]	[м]	[м]
1	Да	постоянное	300,00				на рельефе

№	Имя
1	Q

Сопrotивление на лицевой стороне конструкции
Сопrotивление на лицевой стороне конструкции: пассивное
Грунт на лицевой стороне конструкции: Гравийно-галечниковый с супгlinистым заполнителем
Угол трения конструкция-грунт $\delta = 0,00^\circ$
Высота грунта перед стеной $h = 2,00$ м
Ровный участок рельефа перед конструкцией.
Заданные силы действующие на конструкцию

№	Сила	Имя	Точка приложения	F_x	F_z	M	x	z
	новая	изменение		[кН/м]	[кН/м]	[кНм/м]	[м]	[м]
1	Да	Eaг	постоянное	1015,01	0,00	2872,47	0,00	0,00
2	Да	Eaв	постоянное	0,00	586,04	-732,56	0,00	0,00
3	Да	Eп	постоянное	40,79	0,00	-27,33	0,00	0,00

Настройка расчёта этапа
Проектная ситуация: постоянная
Стену можно сдвинуть, в расчёте учтена нагрузка от активного давления.
Проверка № 1 (Этап проектирования 1)
Вычисленные силы, действующие на конструкцию

Имя	F_{hor}	Точка приложения	F_{vert}	Точка приложения	Расчётный коэффициент
	[кН/м]	z [м]	[кН/м]	x [м]	
Тяж - стена	0,00	-2,68	329,82	1,90	1,000
Сопrotивление на лицевой стороне	-163,84	-0,78	0,00	0,00	1,000
Активное давление	72,14	-1,60	33,64	3,17	1,000
Q	589,90	-2,98	277,20	3,17	1,000
Eaг	-1015,01	-6,00	0,00	3,17	1,000
Eaв	0,00	-6,00	586,04	3,17	1,000
Eп	-40,79	-6,00	0,00	3,17	1,000

Проверка стены в целом
Проверка на опрокидывание
Удерживающий момент $M_{уд}$ = 10349,69 кНм/м
Опрокидывающий момент $M_{оп}$ = 2478,40 кНм/м
Коэффициент запаса = 4,18 > 1,50
Стена на опрокидывание ПОДХОДИТ
Проверка на перемещение
Горизонтальная сила удерживающая $H_{уд}$ = 577,09 кН/м
Горизонтальная сила сдвигающая $H_{сд}$ = -557,60 кН/м
Коэффициент запаса = 1000,00 > 1,50
Стена на перемещение ПОДХОДИТ

3

[GEOS - Условная стена (аналогично) | версия 5.2022.182 | Copyright © 2001 Firm spet. в г.о. All Rights Reserved | www.firmsoftware.ru]

Рисунок 4. Отчет о результатах проверки расчетов.

4. Выводы

Габионная конструкция не теряет своей актуальности и по сей день в связи с тем, что решает большой спектр проблем и имеет значительные преимущества, такие как:

низкая удельная стоимость; высокая надежность; экологичность; простота изготовления; проницаемость и гибкость постройки.

На примере участка в пос. Небуг Краснодарского края, имеющим склоновые процессы, была показана вариативность расчетов подпорной габионной стены, а также её конструктивная простота и практичность. Всё это является причинами большой востребованности применения подобных конструкций при проектировании и строительстве автомобильных дорог как структур инженерной защиты.

Список литературы

1. Зинцова, Е. П. Преимущество использования габионов в качестве строительного материала для возведения подпорных стен / Е. П. Зинцова, Д. Д. Степанова, О. С. Пиминова // Молодежь и системная модернизация страны: Сборник научных статей Международной научной Конференции студентов и молодых ученых: в 2-х томах, Курск, 25–26 мая 2016 года / Ответственный редактор Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2016. – С. 101-103.
2. Халиулина, Л. Э. Применение габионов / Л. Э. Халиулина // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 45-9. – С. 26-28. – DOI 10.18411/lj-12-2018-192.
3. Стерликова, О. А. Применение габионов в дорожном строительстве / О. А. Стерликова // Вестник научных конференций. – 2019. – № 1- 1(41). – С. 87-89.
4. Комаров, А. К. Теория и практика устройства защитных сооружений с использованием габионов / А. К. Комаров, И. А. Иванов, Б. Лундэнбазар // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9. – № 1(28). – С. 78-89.
5. Шевченко, К. И. Опыт применения габионов для удержания уступов карьеров со слабыми и неустойчивыми породами / К. И. Шевченко, М. Г. Соковых // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 8. – С. 245-246.
6. Яушева, С. В. Пример практического применения GEO5 при проектировании подпорной стены из габионов / С. В. Яушева, К. С. Дятлова // E-Scio. – 2019. – № 6(33). – С. 335-340.
7. Техничко-экономическая целесообразность применения габионов / О. М. Преснов, А. С. Быкова, А. С. Мутовина [и др.] // Экономические науки. – 2021. – № 196. – С. 120-123. – DOI 10.14451/1.196.120.

8. Отчет о научно-исследовательской работе. оценка устойчивости склона на объекте: «Спальный корпус апартаментного типа в с. Небуг, Туапсинского района, Краснодарского края».
9. ГОСТ Р 52398-2005. Группа Т52. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. Основные параметры и требования. Classification of automobile roads. General parameters and requirements. ОКС 93.080. ОКП 48 0000 Дата введения 2006-05-01. – [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/1200042582> (дата обращения: 15.01.2022).
10. ОДМ 218.2.049-2015. ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ. Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах. – [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/1200125035> (дата обращения 18.01.2022).