



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



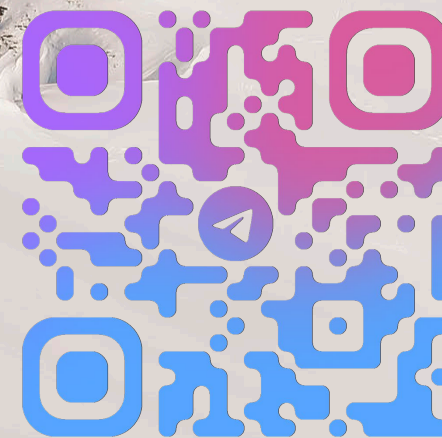
НИИОСП
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Переоценка оползневой опасности на основе
результатов сдвиговых полевых
испытаний при строительстве в горных
условиях Кавказа и Камчатки

Харичкин Андрей Игоревич



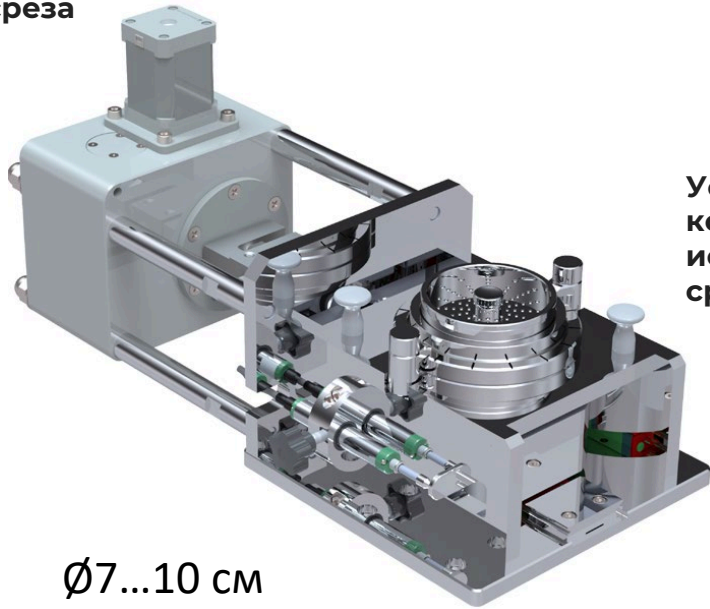
@ENGPROTECT

Основная проблема.

- Определение физико-механических свойств грунта, в частности сцепления и угла внутреннего трения как крупнообломочных грунтов так и неоднородных грунтов с отдельными включениями фракций более 0,5 см. в лабораторных условиях стандартными сдвиговыми приборами не отражает реальные свойства данных грунтов в природном сложении
- Следствием этого является неверная оценка устойчивости склонов и откосов, сложенные такими грунтами. При этом в большинстве случаев значения механических характеристик значительно занижены - оценка устойчивости любым методом показывает, что данные склон или откос не может быть устойчивым ни в основном сочетании нагрузок ни тем более в особом (сейсмика, замачивание и пр.).

Оборудование и испытываемые размеры образцов грунта

Прибор одноплоскостного среза

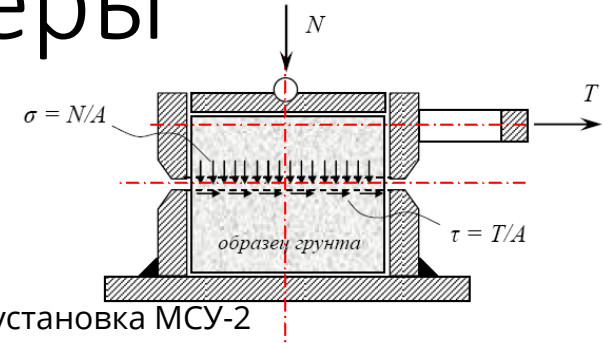
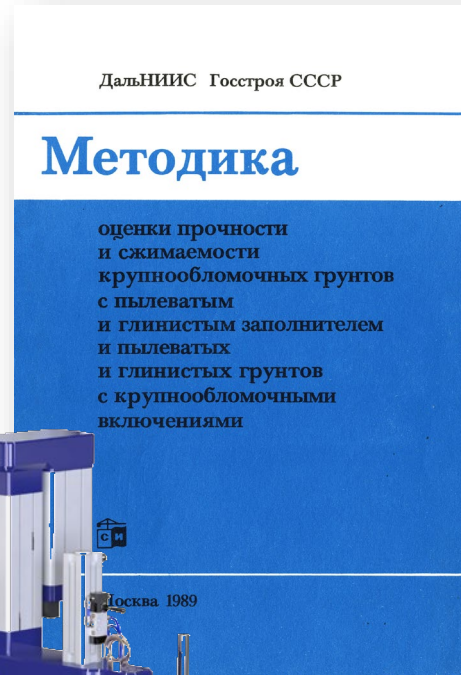


Ø7...10 см

Установка для комплексных испытаний на срез ГТ 1.2.15



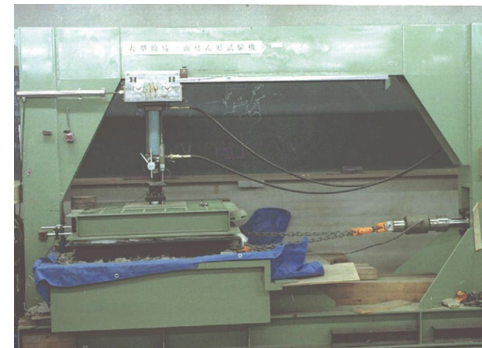
Ø до 30 см



Мобильная сдвиговая установка МСУ-2



Метод одноповерхностного вращательного среза (метод ОВС) Метод ОВС

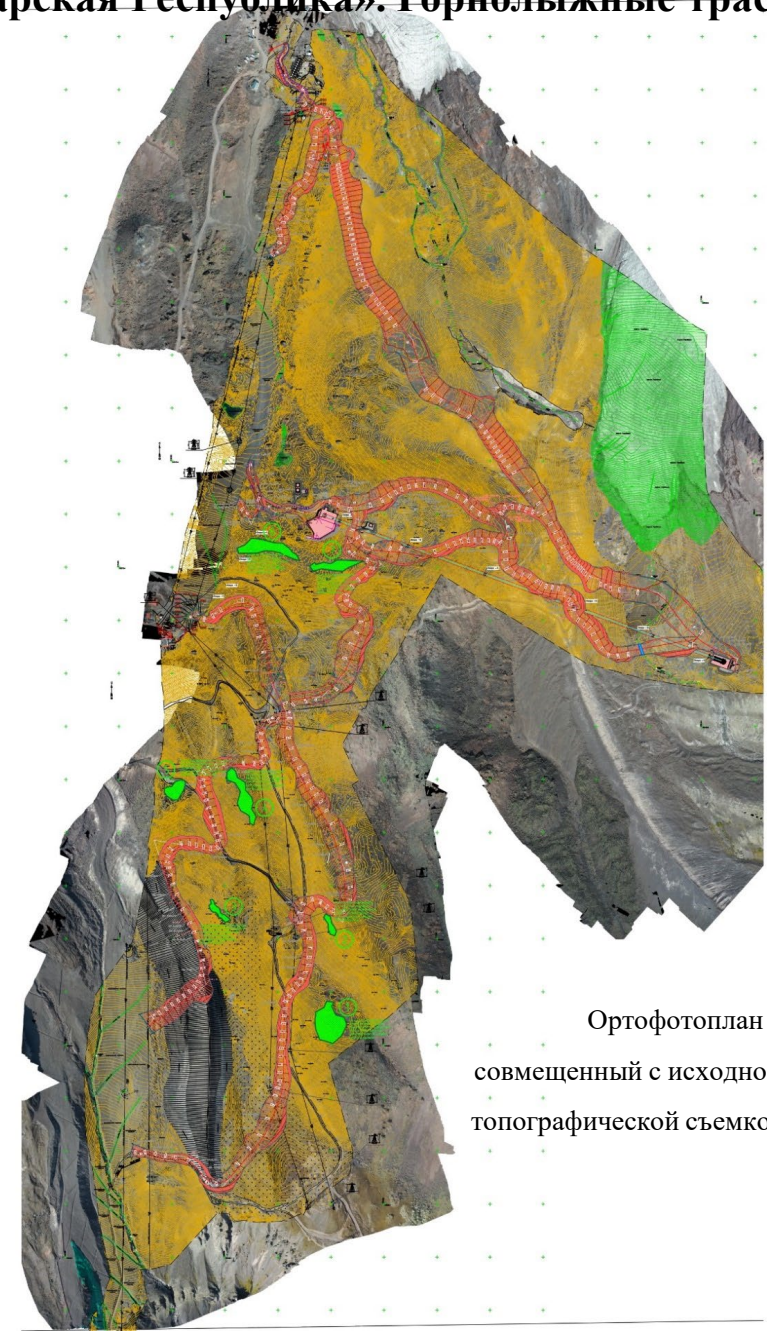


Ø до 30 см



Проектирование инженерной защиты территории от опасных геологических процессов на объекте: «Всесезонный туристско-рекреационный комплекс «Эльбрус», Кабардино-Балкарская Республика». Горнолыжные трассы EP4, EP5, EP7, EP8, EP11, EP11.2, EP12, EP14».

Необходимостью выполнения рассматриваемой работы обуславливалась сокращением затрат на реализацию уже разработанного проекта инженерной защиты территории размещения лыжных трасс ВТРК «Эльбрус». Так согласно проекта 2019 года стоимость реализации решений инженерной защиты, превышала 1,5 млрд. рублей. Данная стоимость в основном складывалась за счет включения 30% территории расположения трасс в оползнеопасную зону, в которой планировалось применение противооползневых нагелей и анкеров различных конструкций для укрепления и повышения устойчивости. Проанализировав проектные решения, мы пришли к выводу о том, что результаты инженерно-геологических изысканий не отражают действительной ситуации в оползневом отношении. Данные предположения подтвердились после полевого маршрутного обследования склонов Эльбруса в августе 2020 года. В последующем было решено применить прямой метод определения прочностных свойств, основанный на сдвиге целиков грунта в природном сложении общей площадью контакта 5000 см² согласно ГОСТ 20276.4-2020. При этом актуальные углы фактических откосов в пределах рассматриваемой территории было решено получить на основе результатов анализа объемной модели местности полученной при аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), выполненной авторами специально в рамках проведения данной работы.



Ортофотоплан
совмещенный с исходной
топографической съемкой

Объект Горнолыжные Трассы

ВТРК «Эльбрус» Горнолыжные трассы.

Таблица 1 – Технические характеристики проектируемых сооружений

№ п/п	№ по экс-плика-ции	Наименование сооружений	Уровень ответственности сооружения	Ориентировочные габариты сооружений
1.	1	Горнолыжная трасса EP4	Пониженный	Протяженность трассы 1548,5 м
	1.1	Стартовая зона горнолыжной трассы EP4	Пониженный	Длина площадки 20,0 м; ширина 19,0 м
2.	2	Горнолыжная трасса EP5	Пониженный	Протяженность трассы 864,05 м
3.	3	Горнолыжная трасса EP7	Пониженный	Протяженность трассы 61,82 м
	3.1	Соединительная трасса №2	Пониженный	Протяженность трассы 96,38 м
4.	4	Горнолыжная трасса EP8	Пониженный	Протяженность трассы 452,06 м
5.	5	Горнолыжная трасса EP11	Пониженный	Протяженность трассы 347,34 м
6.	6	Горнолыжная трасса EP11.2	Пониженный	Протяженность трассы 877,66 м
	6.1	Соединительная трасса №3	Пониженный	Протяженность трассы 153,29 м
	6.2	Соединительная трасса №4	Пониженный	Протяженность трассы 73,08
7.	7	Горнолыжная трасса EP14	Пониженный	Протяженность трассы – 363,37 м
	7.1	Стартовая площадка горнолыжной трассы EP14	Пониженный	Длина площадки 3,0 м; ширина 10,0 м
	7.2	Соединительная трасса №1	Пониженный	Протяженность трассы 142,79 м
	7.3	Проезд для ратраков	Пониженный	Протяженность 15,07 м
8.	8	Горнолыжная трасса EP12	Пониженный	Протяженность трассы 1366,79 м

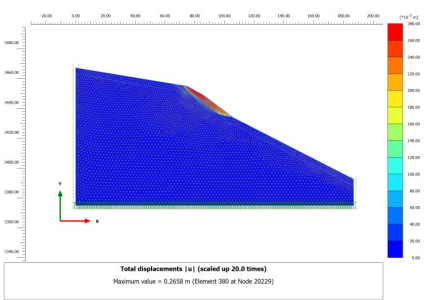
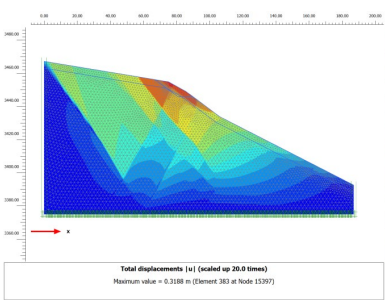
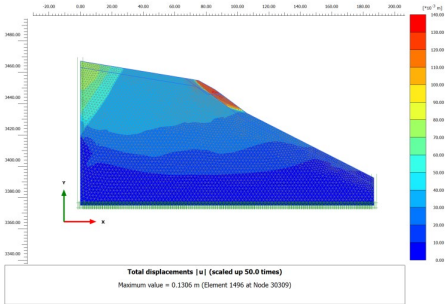


Рисунок 2.18. Снимок ключевого участка в высоком разрешении



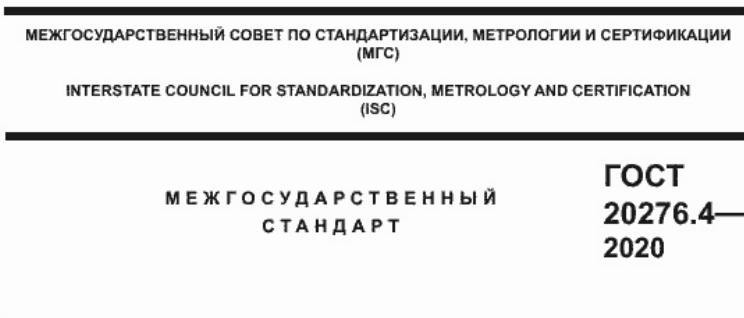
Рисунок 2.21. Глыба в мелкощебенистом грунте.

Результаты расчетов
приемлемого угла откоса грунта



№ профиля			Коэффициент устойчивости склона $K_{уст}$						Угол падения откоса, град	
			Расчетные значения (1)		Расчетные значения (2)		Нормативные значения			
№ п.п.	Номер трассы	Номер сечения	Естественные условия (полевые испытания)	Особые условия (сейсмичность 9 баллов)	Естественные условия (лабораторные испытания)	Особые условия (сейсмичность 9 баллов)	Естественные условия	Особые условия (сейсмичность 9 баллов)		
1.	EP12	1-1	1,536	1.398	1,062	0.980	1,1	1,0	31	
1.	EP11	2-2	1,468	1,321	1,096	1,041	1,1	1,0	29	
1.	EP8	3-3	0,908	0,847	0,62	0,51	1,1	1,0	58	
1.	EP4	4-4	1,354	1,159	0,955	0,853	1,1	1,0	36	
1.	EP11.2	5-5	1,295	1,140	0,943	0,846	1,1	1,0	33	
1.	EP5	6-6	1,321	1,201	0,907	0,825	1,1	1,0	45	
					склон устойчив ($K_{уст} > [k_{ст}]$)					
					склон не устойчив ($K_{уст} < [k_{ст}]$)					

Проведения полевых испытаний прочностных свойств грунтов согласно ГОСТ 20276.4-2020 Грунты. Метод среза целиков



ГРУНТЫ

Метод среза целиков грунта

Издание официальное



4 Общие положения

4.1 Испытания целиков грунта на срез следует проводить для определения следующих характеристик прочности: сопротивления грунта срезу τ , угла внутреннего трения ϕ , удельного сцепления c .

4.2 Характеристики определяют по результатам среза целика или крупногабаритного монолита грунта, отделенного по боковой поверхности от массива в выработке (расчистке, котловане, шурфе, штреке и т. п.) по фиксированной плоскости касательной нагрузкой при одновременном нагружении целика грунта нагрузкой, нормальной к плоскости среза, а также по испытаниям на срез по подготовленной плоскости (способ «плашек») и повторного среза.

4.3 Допускаются испытания крупногабаритного монолита, отделенного от массива, в крупногабаритной срезной установке по типу лабораторного срезного прибора по ГОСТ 12248.

В крупногабаритной срезной установке при определении показателей прочностных свойств крупнообломочных грунтов допускаются испытания грунтов нарушенного сложения с заданной плотностью и влажностью.

4.4 Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором целик грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном давлении. Для определения ϕ и c необходимо провести не менее трех испытаний целиков грунта при различных значениях нормального давления при испытании однородного грунта в одной выработке и на одной глубине.

4.5 Испытания необходимо выполнять для следующих состояний грунта:

- природного сложения и природной влажности:

насыпных и намывных грунтов независимо от влажности:

крупнообломочных грунтов нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности;

грунтов, имеющих в исследуемом массиве плоскость скольжения и трещиноватости;

по специально подготовленным поверхностям среза (способ «плашек») и методом повторного среза.

4.6 Испытания проводят по следующим схемам:

Консолидированно-дренируемый (медленный) срез — для определения характеристик прочности крупнообломочных грунтов, песков и глинистых грунтов с показателем текучести $IL \leq 1$ (независимо от коэффициента водонасыщения) в стабилизированном состоянии;

неконсолидированный (быстрый) срез — для определения характеристик прочности водонасыщенных глинистых грунтов при степени влажности $S_r > 0.85$ с показателем текучести $IL \geq 0.5$ в условиях нестабилизированного состояния.

4.7 Проходка выработок должна проводиться способами, при которых сохраняется природное состояние грунтов забоя выработки. Из выработок на отметке испытания грунта на срез должны быть отобраны образцы (монолиты) и в лабораторных условиях определены физические характеристики грунта.

4.8 Значения прочностных характеристик грунта - угла внутреннего трения ϕ и удельного сцепления c следует устанавливать по значениям сопротивления грунтов срезу τ , относящимся к одному инженерно-геологическому элементу (ИГЭ), в соответствии с ГОСТ 20522, по формуле

$$\tau = p \operatorname{tg} \phi + c \quad (1)$$

4.9 Сопротивление грунта срезу следует определить как касательное напряжение

$$\tau = Q/F, \quad (2)$$

при котором целик грунта срезается по фиксированной плоскости при нормальном давлении p .

определяем по формуле

$$p = P/F, \quad (3)$$

где P и Q — нормальная и касательная нагрузки соответственно к плоскости среза. МПа:

F — площадь среза, см².

Величину τ следует определять не менее чем при трех различных значениях p для однородного по строению и составу грунта при испытании его в одной и той же выработке и на одной глубине.



Рисунок 2.19 Кольцо, объемом $200\,000\text{ см}^3$ (площадь 5000 см^2 при высоте 40 см) с грунтом.

Масса извлеченного грунта – 330 кг, плотность грунта $1,63\text{ г/см}^3$.

Значения угла
внутреннего трения по
данным лабораторных
исследований

$$\phi = 22...26^\circ$$

По методу ДальНИИСа

$$\phi = 26...30^\circ$$

По схеме ГОСТ 20276.4
кольцом диаметром
80 см (5000 см^2)

$$\phi = 32...38^\circ$$

Сдвиг целиков грунта в природном сложении общей площадью контакта 5000 см² согласно ГОСТ 20276.4-2020.



Установка для среза целика (приложение срезающей нагрузки сверху).

Работы выполняемые летом-осенью 2025 г. Эльбрус



Работы выполняемые летом-осенью 2025 г. Камчатка



Результат

Экономия на сооружениях инженерной защиты 1,5 млрд рублей в ценах 2020 г.

Таблица 3.1 – Сводная таблица результатов расчетов устойчивости склонов

№ профиля			Коэффициент устойчивости склона $K_{уст}$				Угол падения откоса, град
			Расчетные значения		Нормативные значения		
№ п.п.	Номер трассы	Номер сечения	Естественные условия	Особые усло- вия (сейсмичность 9 баллов)	Естественные условия	Особые усло- вия (сейсмичность 9 баллов)	
1.	EP12	1-1	1,536	1.398	1,1	1,0	31
2.	EP11	2-2	1,468	1,321	1,1	1,0	29
3.	EP8	3-3	0,908	0,847	1,1	1,0	58
4.	EP4	4-4	1,354	1,159	1,1	1,0	36
5.	EP11.2	5-5	1,295	1,140	1,1	1,0	33
6.	EP5	6-6	1,321	1,201	1,1	1,0	45
			склон устойчив ($K_{уст}>[k_{ст}]$)				
			склон не устойчив ($K_{уст}<[k_{ст}]$)				

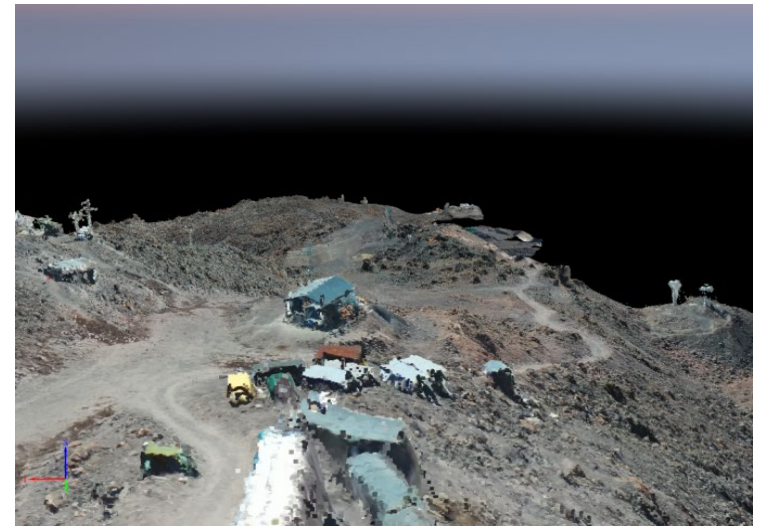
Критерий оценки - нормированное значение коэффициента устойчивости $[k_{ст}]$ (СП 116.13330.2012) для основного сочетания нагрузок $[k_{ст}] = 1,1$, для особого сочетания нагрузок (сейсмическое воздействие) $[k_{ст}] = 1,0$.

На основании выполненных расчетов устойчивости склонов можно сделать вывод, что рассматриваемые участки потенциальных обвально-осыпных процессов в естественных условиях находятся в устойчивом состоянии при углах падения откоса до 45 градусов. При сейсмическом воздействии на таких участках активизация оползневых процессов также не происходит.

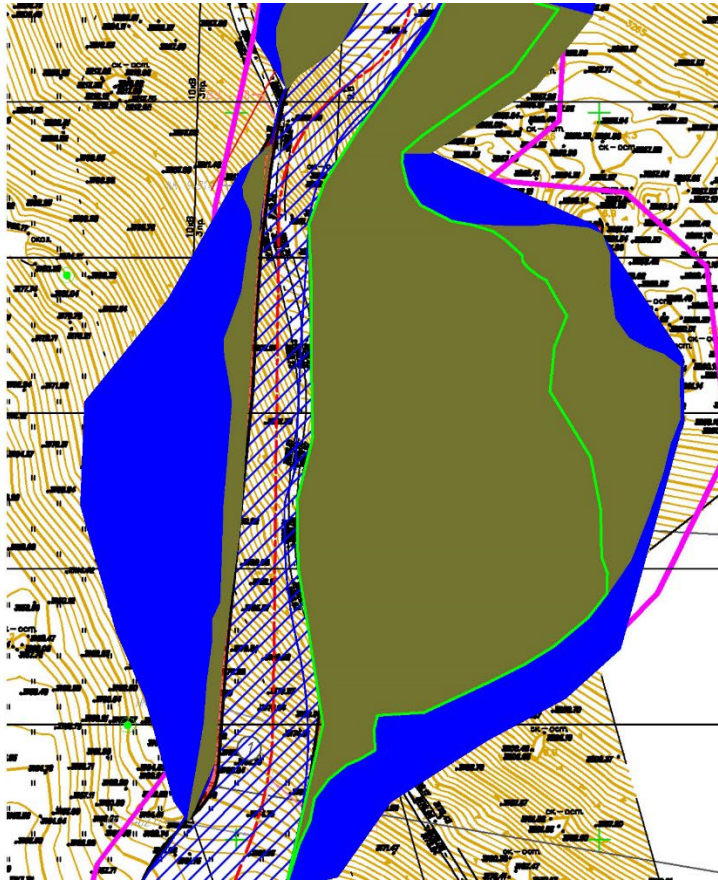
На основании выполненных расчетов устойчивости склонов можно сделать вывод, что рассматриваемые участки потенциальных обвально-осыпных процессов в естественных условиях находятся в устойчивом состоянии при углах падения откоса до 45 градусов. При сейсмическом воздействии на таких участках активизация оползневых процессов также не происходит.

Таким образом, склоны с углом откоса менее 45 градусов можно считать устойчивыми как в природном состоянии, так и с учетом сейсмического воздействия.

Эльбрус
почти из
~~космоса~~
коптера!



Эффективность применения полевых методов определения прочностных характеристик крупнообломочных грунтов



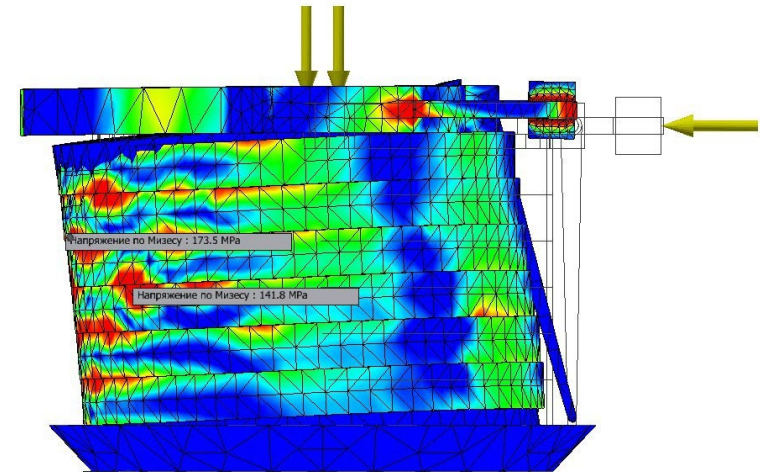
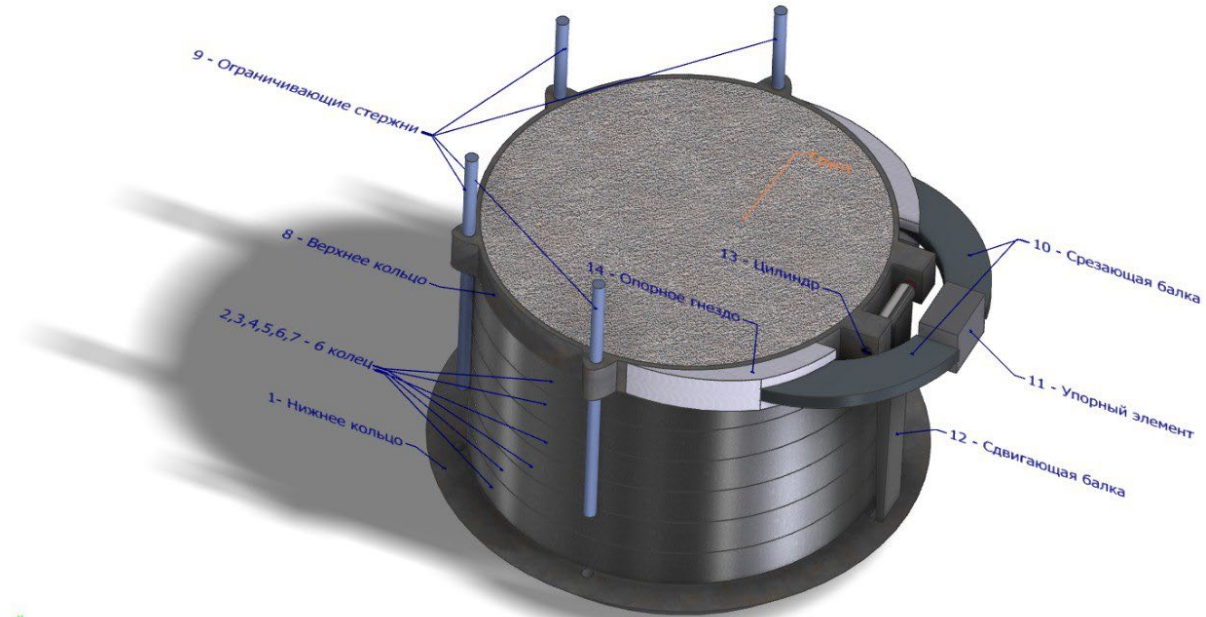
Сравнение площади инж.защиты на участке трассы

Метод определения угла внутреннего трения φ	Значение φ , градус	Площадь требуемой инженерной защиты (на примере Эльбруса)
Расчетным методом ДальНИИС	28	210 тыс.кв.м.
Аналитически обоснованный по результатам испытаний заполнителя	32	138 тыс.кв.м.
По результатам полевых испытаний	36	около 100 тыс.кв.м

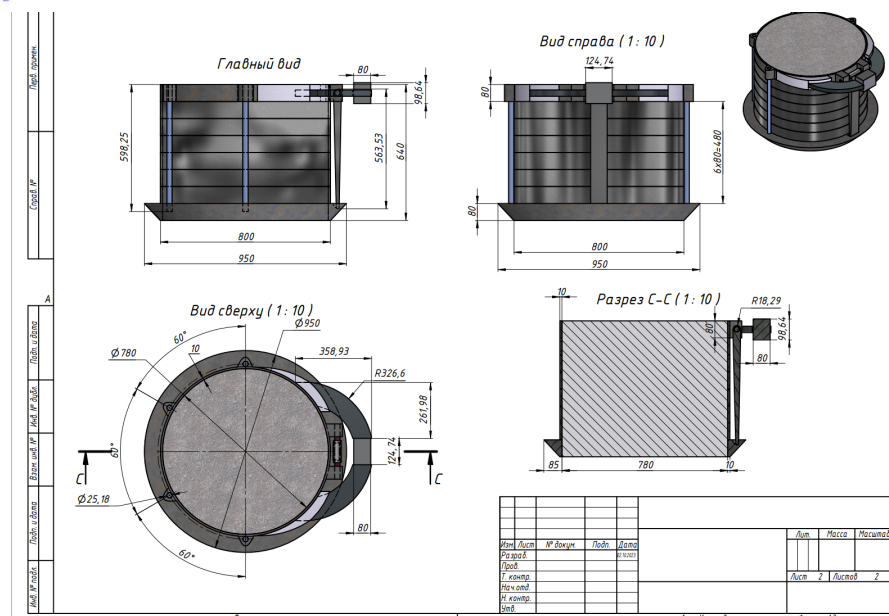
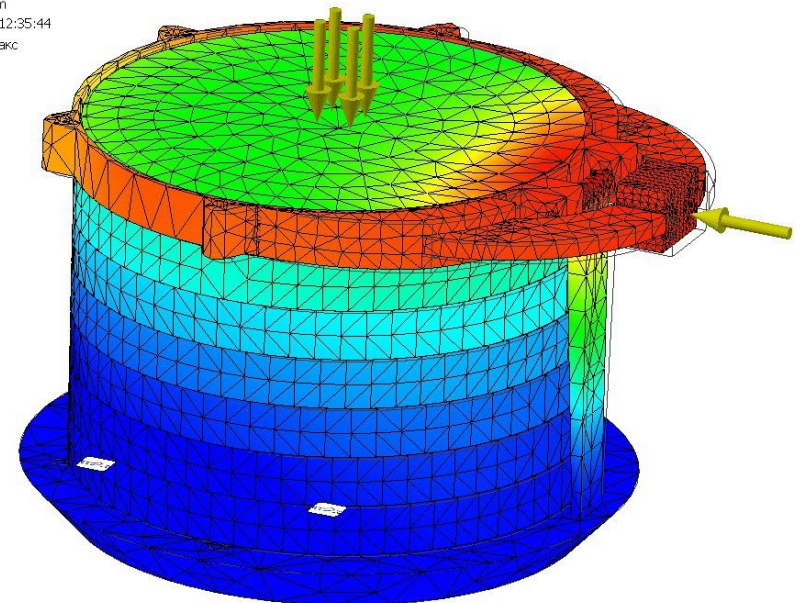
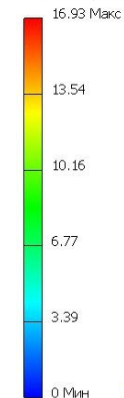
1. Повышение надежности получаемых результатов, а, следовательно, обеспечение надежности и безопасности;
2. Снижение площади требуемой инженерной защиты склонов от 20 до 55%.
3. Выделение участков, представляющих реальную опасность и оптимизация проектных решений по укреплению склонов.

О чем стоит подумать в перспективе...

- разработка полевых методов определения прочностных характеристик крупнообломочных грунтов, применимых на глубинах более 5 м и не требующих разработки больших открытых горных выработок;
- разработка методов (полевых, лабораторных, расчетных) оценки строительных свойств крупнообломочных грунтов, содержащих значительное количество обломков растворимых, размягчаемых пород;
- разработка методик (полевых и лабораторных) и оборудования для определения прочностных и деформационных характеристик мерзлых крупнообломочных грунтов при использовании по принципу I (с сохранением мерзлого состояния грунтов основания) и их нормирование;
- валидация результатов полевых и лабораторных методов определения прочностных и деформационных свойств крупнообломочных грунтов, получение зависимостей для оценки свойств крупноскелетных (валунных и глыбовых) грунтов, разработка и нормирование для подобных грунтов оценочных методов по аналогии с используемыми у скальных массивов.



Узлы:51168
Элементы:28584
Тип: Смещение
Единица: mm
30.05.2023, 12:35:44



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(РОСПАТЕНТ)

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993. Телефон (8-499) 240- 60- 15. Факс (8-495) 531- 63- 18

На № - от -

Наш № 2024130955/04(068336)

При переписке просим ссылаться на номер заявки

Исходящая корреспонденция от

25.07.2025

Патентное бюро "Железно", Морозова Александра Николаевна
ул. Воровского, 107, ТЦ "Баско", центральный вход, 4 этаж, правое крыло, оф. 4000ПБ
г. Киров
Кировская обл.
610035

РЕШЕНИЕ
о выдаче патента на изобретение

(21) Заявка № 2024130955/04(068336) (22) Дата подачи заявки 15.10.2024

В результате экспертизы заявки на изобретение по существу установлено, что заявленное изобретение относится к объектам патентных прав, соответствует условиям патентоспособности, сущность заявленного изобретения (изобретений) в документах заявки раскрыта с полнотой, достаточной для осуществления изобретения (изобретений)*, в связи с чем принято решение о выдаче патента на изобретение.

Заключение по результатам экспертизы прилагается.

Приложение: на 5 л. в 1 экз.

И.о. начальника
Управления организации
предоставления
государственных услуг

Документ подписан электронной подписью
Сведения о сертификате ЭП
Сертификат 05EEB5C9700C9B2F7834F9C1926A012488A
Владелец Бобрышев Антон Александрович
Срок действия с 24.04.2025 по 24.04.2026

А. А. Бобрышев



*Проверка достаточности раскрытия сущности заявленного изобретения проводится по заявкам на изобретения, поданным после 01.10.2014.

Приложение к форме № 01 ИЗ-2014
10,401,301

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ

(21) Заявка № 2024130955/04(068336) (22) Дата подачи заявки 15.10.2024
(24) Дата начала отсчета срока действия патента 15.10.2024

(22) подачи заявки 15.10.2024 ПРИОРИТЕТ УСТАНОВЛЕН ПО ДАТЕ

(72) Автор(ы) Харичкин Андрей Игоревич, Иоспа Андрей Викторович, Хайбулина Евгения Михайловна, Чернятин Дмитрий Владимирович, Соловьев Дмитрий Юрьевич, Драницын Алексей Владимирович, RU

(73) Патентообладатель(и) Общество с ограниченной ответственностью "Стройкомплект", RU

(54) Название изобретения Испытательная установка для определения прочностных характеристик грунтов методом среза целика

01	2	ДОМ	20.06.2025	041304
		ИЗФ	20.06.2025	

ВНИМАНИЕ! С целью исключения ошибок просим проверить сведения, приведенные в заключении, т.к. они без изменений будут внесены в Государственный реестр изобретений Российской Федерации, и немедленно сообщить об обнаруженных ошибках.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2845373

Испытательная установка для определения
прочностных характеристик грунтов методом среза
целика

Патентообладатель: **Общество с ограниченной ответственностью
"Стройкомплект" (RU)**

Авторы: **Харичкин Андрей Игоревич (RU), Иоспа Андрей
Викторович (RU), Хайбулина Евгения Михайловна (RU),
Чернятин Дмитрий Владимирович (RU), Соловьев Дмитрий
Юрьевич (RU), Драницын Алексей Владимирович (RU)**

Заявка № 2024130955
Приоритет изобретения 15 октября 2024 г.
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 18 августа 2025 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 15 октября 2044 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью
Сертификат 0492e76363005b240670a202a
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.10.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



Андрей Игоревич ХАРИЧКИН,
e-mail: Andrei.Kharichkin@gmail.com
тел.: +7 (926) 853-29-07