

ЗОНД-ГРУНТОНОС ДЛЯ ОТБОРА МОНОЛИТОВ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ ИЗ СКВАЖИН

В.В. ДЕНИСЕНКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: devivi@yandex.ru*

Описана конструкция разработанного автором зонда-грунтоноса ЗГ-133 и приведены результаты его полевых испытаний. Установлено, что зонд-грунтонос обеспечивает высокую степень сохранности природного сложения просадочных грунтов в отбираемых монолитах (коэффициент корреляции по плотности скелета грунтов с монолитами, отобранными эталонным способом, составил 0,820) и может использоваться при исследовании свойств просадочных и непросадочных грунтов для зданий и сооружений II и III класса; отбор монолитов диаметром 133 мм и высотой до 1,15 м; сплошной отбор монолитов одновременно с проходкой скважин без смены инструмента и анкерения буровой установки; сокращает объем проходческих работ и повышает производительность отбора монолитов. Зонд-грунтонос прост в изготовлении и эксплуатации; уменьшает требуемую мощность вдавливающего механизма. Эффективность зонда-грунтоноса подтверждена результатами его использования на производственных объектах Краснодарской организации инженерно-строительных изысканий "СевКавТИСИЗ" при отборе монолитов просадочных и непросадочных грунтов. На основе полученных результатов испытаний зонда-грунтоноса ЗГ-133 разработано еще два типоразмера зонда-грунтоноса ЗГ-143 и ЗГ-153.

Ключевые слова: просадочный грунт, зонд-грунтонос, башмак, скважина, отбор монолитов, природное сложение, конусная наружная поверхность.

Отбор монолитов грунтов для определений их физико-механических характеристик при производстве инженерно-строительных изысканий производят главным образом (до 95 %) вдавливаемыми грунтоносами из забоя скважин [1], однако существующие для этого вдавливаемые грунтоносы не гарантируют сохранность природного сложения просадочных грунтов в отбираемых монолитах и не обеспечивают точность глубины их отбора.

Для обеспечения сохранности природного сложения просадочных грунтов в монолитах их отбор производят из стенок горных выработок (шурфов, дудок и т.п.) вручную или с помощью бокового грунтоноса [2-3]. При этом выполняют большие объемы проходческих работ (дудок, шурфов и т.п.), увеличивающие трудовые и материальные затраты и снижающие производительность отбора монолитов.

В связи с тем, что просадочные грунты занимают значительную часть территории России и в возрастающих масштабах используются в качестве оснований сооружений [4], создание грунтоносных, обеспечивающих сохранность природного сложения просадочных грунтов в монолитах, отбираемых из скважин, имеет большое практическое значение.

С целью создания грунтоносных, обеспечивающих сохранность природного сложения просадочных грунтов в монолитах, отбираемых из скважин, автором изучен отечественный и зарубежный опыт создания и использования вдавливаемых грунтоносных, проведены экспериментальные - исследования влияния конструктивных и технологических факторов вдавливаемых грунтоносных на качество отбора монолитов [5-6], разработаны вдавливаемые грунтоносы и проведены их полевые испытания [3, 7].

Анализ образования и распространения зон нарушения грунта в массиве при вдавливании грунтоноса показывает, что под башмаком грунтоноса образуется область напряжённого состояния грунта, в которой возникают деформации уплотнения грунта [8]. Одновременно развиваются касательные напряжения и появляются деформации сдвига. При дальнейшем вдавливании грунтоноса наблюдается взаимодействие зон уплотнения и сдвигов, которые опускаются ниже режущей кромки башмака и развиваются настолько, что оказывают влияние на сохранность сложения грунта в отбираемых монолитах.

Схема развития областей нарушения грунта при вдавливании грунтоноса (рис. 1) представляет собой сетку линий скольжения частиц грунта до монолита, начиная с которого выпирание грунта на поверхность прекращается и размеры областей сдвигов стабилизируются [8].

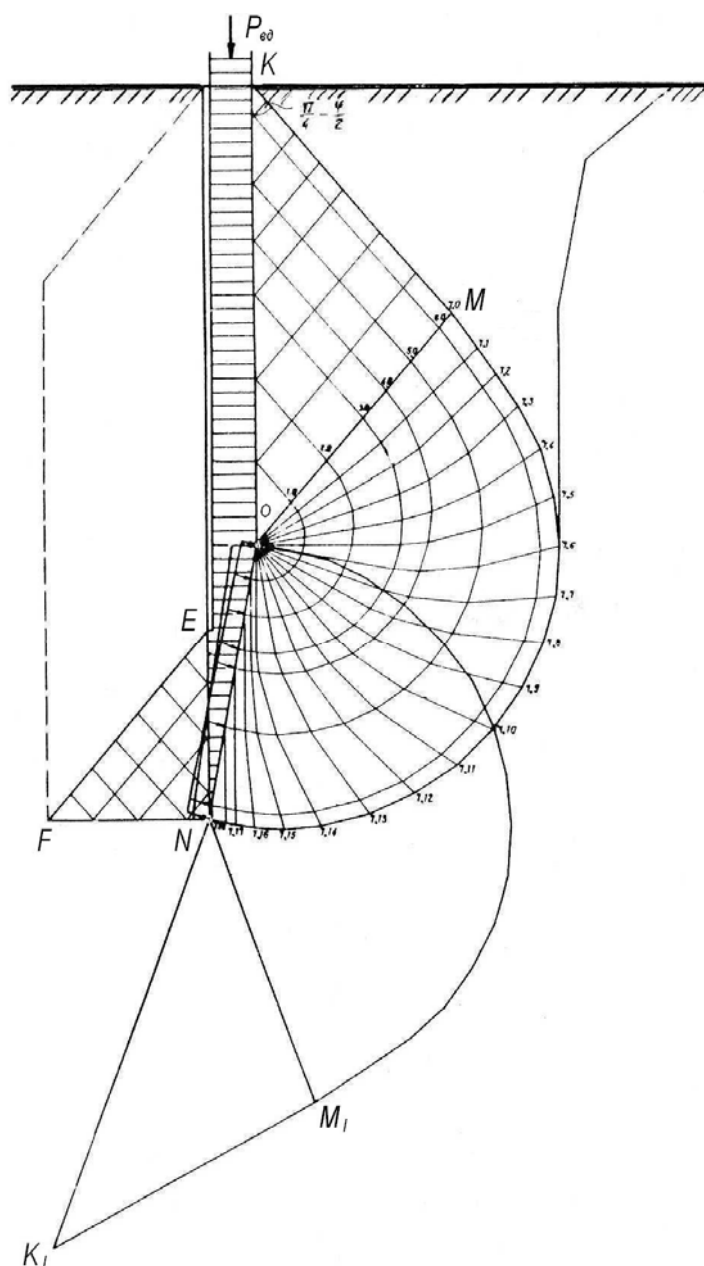


Рис. 1. Схема развития областей нарушения грунта при вдавливании грунтоноса по А.В. Васильеву

С этого момента дальнейшее вдавливание грунтоноса сопровождается поворотом зон Ренкина (призмы ОКМ и NK_1M_1) относительно точек О и N и развитием призмы NK_1M_1 . Призма NK_1M_1 опускается значительно ниже режущей кромки башмака грунтоноса и внедряется в область отбираемого монолита.

Одновременно с этим за счет трения грунта о поверхность входного отверстия башмака грунтоноса образуется зона нарушения грунта,

обозначенная призмой EFN, которая с увеличением глубины вдавливания грунтоноса остаётся постоянной.

Анализ схемы развития областей нарушения грунта (см. рис. 1) показывает, что уменьшение зон нарушения грунта в отбираемых монолитах может быть достигнуто:

- уменьшением размеров призмы NK_1M_1 и предотвращением её выхода в зону монолита;

- уменьшением размеров призмы EFN.

Уменьшение размеров призмы NK_1M_1 может быть достигнуто уменьшением длины стороны NO.

Предотвращение выхода призмы NK_1M_1 в зону монолита может быть достигнуто перекрытием её входа в эту зону путём разделения конусной наружной поверхности NO на две ступени и отведения одной ступени от другой на соответствующее расстояние с одновременным уменьшением толщины стенки первой ступени башмака, на которой размещена режущая кромка.

Уменьшение размеров призмы EFN может быть достигнуто уменьшением высоты NE входного отверстия.

На основе отечественного и зарубежного опыта создания и использования вдавливаемых грунтоносов, проведенных экспериментальных исследований [5, 6] и полевых испытаний вдавливаемых грунтоносов [3, 7], автором разработан вдавливаемый зонд-грунтонос [9] для отбора монолитов просадочных грунтов диаметром 133 мм из скважин диаметром 147 мм – зонд-грунтонос ЗГ-133.

Зонд-грунтонос ЗГ-133 состоит из башмака 1 и корпуса 2 (рис. 2).

Башмак 1 имеет двухступенчатую конусную наружную поверхность. Первая ступень конусной наружной поверхности башмака размещена на утонченной его части, имеющей толщину стенки $S_1 = 2$ мм, вторая – на утолщенной и отведена от первой на 28 мм. Угол заострения первой ступени $\delta_1 = 30^\circ$, второй – $\delta_2 = 25^\circ$. Входное отверстие башмака имеет диаметр $d = 133$ мм и высоту 5 мм, а затем расширяется на 0,5 мм ($d_1 = 133,5$ мм) до перехода на

внутренний диаметр корпуса 2, который равен $d_k = 136$ мм. Диаметр наружного выступа башмака 1 равен $D_B = 147$ мм, наружный диаметр корпуса 2 равен $D_k = 144$ мм. Наружный выступ башмака 1 имеет обратный конус равный 30° .

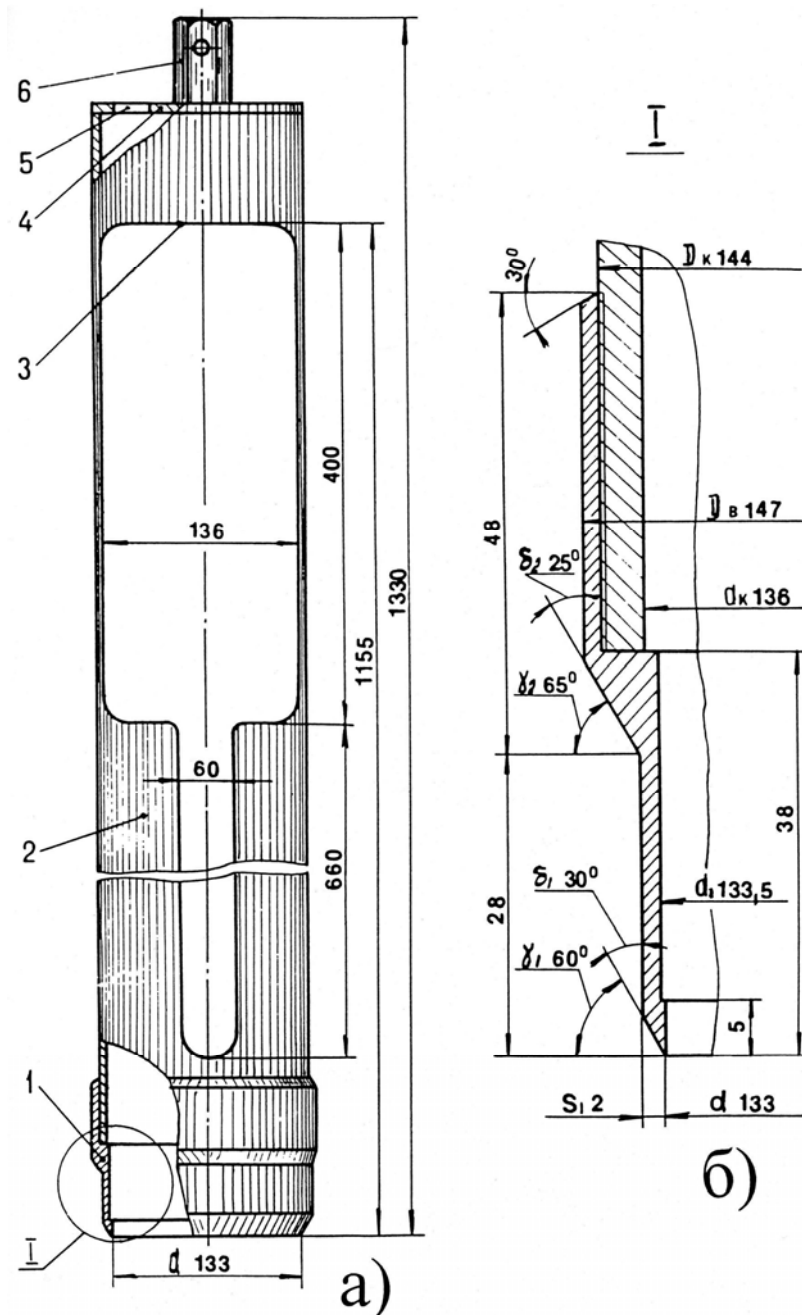


Рис. 2. Конструкция зонда-грунтоноса ЗГ-133
 а) – общий вид зонда-грунтоноса ЗГ-133; б) – конструкция башмака

Сужение входного отверстия и наружный выступ башмака исключает трение грунта по внутренней и наружной поверхностям корпуса 2 грунтоноса,

обеспечивает постоянство сопротивления грунта по мере увеличения глубины вдавливания грунтоноса и при извлечении грунтоноса из скважины, снижает требования к мощности вдавливающего (извлекающего) механизма и к качеству механической обработки внутренней и наружной поверхностей корпуса.

Выполнение конусной наружной поверхности башмака двухступенчатой и уменьшение высоты его входного отверстия уменьшает зоны нарушения грунта в массиве при вдавливании грунтоноса.

Схема развития областей нарушения сложения грунта, построенная для двухступенчатой конусной наружной поверхностью башмака и уменьшенной высоты его входного отверстия (рис. 3), показывает, что зоны нарушения грунта, от первой ступени конусной наружной поверхности башмака, обозначенные призмами NK_1M_1 и EFN , имеют уменьшенные размеры, а влияние наиболее большой зоны нарушения грунта от второй ступени наружной конусной поверхности башмака, обозначенной призмой $NK^I_1M^I_1$, на сохранность природного сложения грунта в отбираемых монолитах грунтов полностью предотвращается и, следовательно, повышается сохранность природного сложения грунта в отбираемых монолитах.

Обратный конус на наружном выступе башмака упрощает извлечение зонда-грунтоноса из скважины.

Корпус 2 имеет в верхней части силовую крышку 4 для передачи вдавливающего (извлекающего) усилия с отверстиями 5 для выхода воздуха и хвостовиком 6 для присоединения к вдавливающему механизму, а в нижней части – резьбу для присоединения башмака 1. На боковой поверхности корпуса 2 выполнено продольное окно 3 для извлечения монолитов, имеющее размеры в нижней части 60 x 660 мм, а в верхней – 136 x 400 мм.

Вдавливание (извлечение) зонда-грунтоноса осуществляется приводом буровой установки. Максимальная глубина вдавливания зонда-грунтоноса за один рейс составляет 1155 мм.

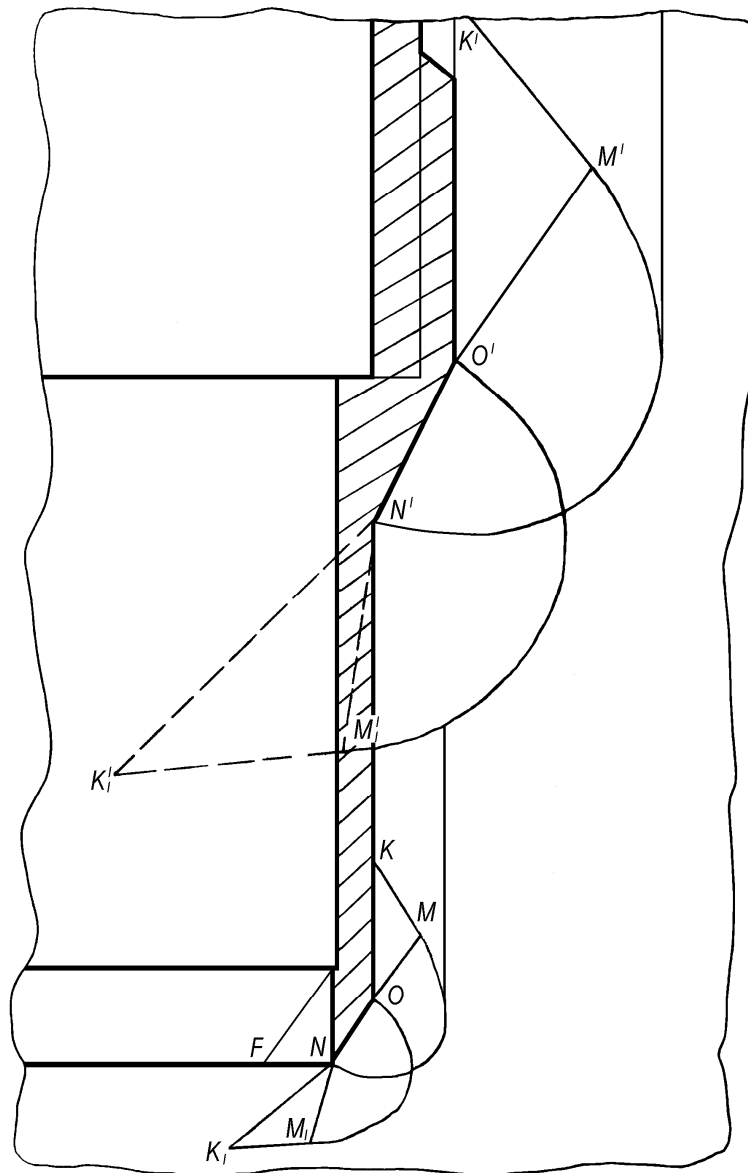


Рис. 3. Схема развития областей нарушения грунта при вдавливании грунтоноса с двухступенчатой конусной наружной поверхностью башмака

Исследование качества отбора монолитов просадочных грунтов зондом-грунтоносом проводилось на опорных участках № 3 и № 4 г. Усть-Лабинска, являющихся наиболее характерными по геологическому разрезу и просадочным грунтам для значительной территории Краснодарского края.

Усть-Лабинские опорные участки расположены в 40-50 км выше по р. Кубани от г. Краснодара. Геоморфологически они представляют собой террасированную правобережную долину р. Кубани, примыкающую к южной оконечности обширного водораздельного плато, называемого "скифской

<http://ntk.kubstu.ru/file/322>

плитой". Террасированная долина р. Кубани представлена II и III надпойменными террасами.

Участок № 3 расположен на II террасе р. Кубани. Участок № 4 расположен на III террасе р. Кубани, имеет с поверхности более мощный покров лессовых пород, достигающий 8-20 м. Литологический состав их аналогичен II террасе. Водораздельное плато в пределах рассматриваемого участка имеет лессовый покров мощностью до 35 м, представленный до 15 м легкими суглинками и супесями с прослоями песков, ниже – суглинками тяжелой разности, оглеенными. Подземные воды встречаются на глубине 19 м.

На расстоянии 2 м от дудок, из которых тремя месяцами ранее отбирались монолиты боковым грунтоносом и вручную [3] с помощью зонда-грунтоноса были пройдены две скважины глубиной по 10 м. Отбор монолитов из скважин производился одновременно с их проходной отдельными рейсами по I м с помощью буровой установки УГБ-1ВС.

Вдавливание зонда-грунтоноса осуществлялось на всю длину каждого рейса с непрерывной и постоянной скоростью $V = 0,5$ м/мин без анкерения буровой установки. Выбор скорости осуществлялся экспериментально из условия обеспечения вдавливания зонда-грунтоноса без отрыва неанкеронной буровой установки от поверхности рабочей площадки. При этом длина монолитов равнялась длине рейсов, при которых они отбирались.

Извлечение монолитов из зонда-грунтоноса производилось через боковое окно по частям длиной до 380 мм. Части монолитов, соответствующие глубинам, из которых ранее отбирались монолиты из дудок боковым грунтоносом и вручную, отбирались для сравнительных анализов.

Всего для анализов было отобрано 19 монолитов.

Сразу же после отбора все монолиты подвергались тщательному осмотру с целью выявления внешних дефектов (задиоров грунта, наличия трещин, разрывов, уплотнённых зон и т.п.), возникших при отборе. Такой же осмотр монолитов производился после транспортировки их в лабораторию для определения физико-механических свойств грунтов.

При внешнем осмотре монолитов сразу после отбора и после транспортировки в лабораторию повреждений не обнаружено. На поверхности монолитов просматривалась структура: макропористость, червеходы, кротовины и т.п.

В лаборатории по каждому монолиту определялись физико-механические свойства грунтов общепринятыми стандартными методами.

Оценка качества отбора монолитов грунтов, отобранных зондом-грунтоносом, производилась путём сравнения их физико-механических свойств с монолитами, отобранными вручную.

За основные показатели оценки качества отбора монолитов были приняты нормативные значения относительной просадочности ε_{SL}^H и плотности скелета ρ_d^H , которые для просадочных грунтов являются наиболее объективными показателями сохранения природного сложения, не зависящими от влажности, существенно влияющей на просадочность.

Нормативная плотность грунта ρ^H выводилась для каждого монолита по серии определений плотности грунта ρ [10], произведённых в точках, равномерно расположенных вдоль оси и краёв в каждом из трёх слоев (верхнем, среднем и нижнем) монолита [3]. В каждом слое по монолитам, отобранным боковым грунтоносом, производилось 6-10 определений плотности грунта, а по монолитам, отобранным вручную – 3-6.

Нормативная плотность скелета ρ_d^H для каждого монолита выводилась по четырём определениям плотности грунта ρ и природной влажности W из точек, равномерно расположенных по монолиту [3].

Плотность грунта ρ , природная влажность W и плотность скелета ρ_d определялись по ГОСТ 5180 [11]. Плотность грунта ρ определялась методом "режущего кольца", природная влажность W – методом высушивания, плотность скелета ρ_d – расчётным путём по формуле

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01W).$$

Нормативная относительная просадочность ε_{SL}^H выводилась для каждого монолита по трём определениям относительной просадочности ε_{SL} , произведённым в каждом из трёх слоев [3].

Относительная просадочность ε_{SL} определялась по ГОСТ 23161 [12] по схеме "двух кривых" при давлении (конечном) 0,3 МПа.

Полученные значения оценочных показателей по монолитам, отобранном зондом-грунтоносом, сравнивались с монолитами, ранее отобранными вручную с тех же глубин из дудок.

При определении корреляционной связи между оценочными показателями качества отбора монолитов зондом-грунтоносом и вручную использованы результаты лабораторных определений по всем 19 парам монолитов без отбраковки.

При этом коэффициент корреляции по плотности скелета грунта составил $r_{pd} = 0,820$ (табл. 1), что соответствует о связи тесной, близкой к очень тесной [13] и говорит о высокой степени сохранности природного сложения грунтов в монолитах, отобранных зондом-грунтоносом.

Так как отбор монолитов из скважин зондом-грунтоносом производился через три месяца после отбора монолитов из дудок и пришелся на осенний период (октябрь), в который природная влажность грунтов Краснодарского края уменьшается, что нашло отражение в изменении значений природной влажности W , коэффициента водонасыщения S_r и относительной просадочности ε_{SL} . Этим объясняется то, что в ряде случаев величина относительной просадочности по монолитам, отобранном зондом-грунтоносом, больше, чем по монолитам, отобранном вручную, а также невысокий коэффициент корреляции по относительной просадочности $r_{\varepsilon_{SL}} = 0,679$ (табл. 1), который, тем не менее, указывает на наличие корреляционной связи между изучаемыми параметрами.

Таблица 1. Корреляционная связь между оценочными показателями качества отбора монолитов зондом-грунтоносом и вручную

Оценочный показатель	Количество монолитов	Среднеквадратическое отклонение		Коэффициенты		
		x	y	корреляции	Т-Стьюдента	F-Фишера
Плотность скелета грунта	19	0,064	0,066	0,820	5,91	1,487
Относительная просадочность при 0,3 МПа	19	0,023	0,022	0,679	3,82	2,167
Примечания: x – показатели монолитов, отобранных вручную; y – показатели монолитов, отобранных зондом-грунтоносом						

Исследованиями установлено, что зонд-грунтонос обеспечивает:

- высокую степень сохранности природного сложения просадочных грунтов в отбираемых монолитах (коэффициент корреляции по плотности скелета грунтов с монолитами, отобранными эталонным способом, составил 0,820) и может использоваться при исследовании свойств просадочных и непросадочных грунтов для зданий и сооружений II и III класса;

- отбор монолитов высотой до 1,15 м, позволяющий точно определять место отбора монолита в разрезе, что особенно важно в связи с цикличностью строения опробуемых толщ;

- сплошной отбор монолитов одновременно с проходкой скважин без смены инструмента и анкерения буровой установки, сокращает объем проходческих работ, упрощает методику отбора монолитов и существенно повышает производительность работ. Так, для проходки скважины глубиной 10 м с одновременным сплошным отбором монолитов бригаде из двух человек требуется около 2 часов.

Кроме того зонд-грунтонос:

- прост в изготовлении (для изготовления корпуса грунтоноса могут использоваться обсадные или буровые трубы без дополнительной механической обработки внутренней и наружной поверхностей);

- прост в эксплуатации и ремонте и долговечен в эксплуатации (уход за грунтоносом заключается главным образом в обеспечении исправного состояния башмака и своевременной его заточке или замене);

- уменьшает требуемую мощность вдавливающего механизма.

Эффективность зонда-грунтоноса ЗГ-133 подтверждена результатами его использования на производственных объектах Краснодарской организации инженерно-строительных изысканий "СевКавТИСИЗ" при отборе монолитов просадочных и непросадочных грунтов.

На основе полученных результатов испытаний зонда-грунтоноса ЗГ-133 разработано еще два типоразмера зонда-грунтоноса ЗГ-143 и ЗГ-153 для сплошного отбора монолитов просадочных грунтов длиной до 1,15 м и диаметром 143 и 153 мм из скважин диаметром соответственно 157 и 168 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Малышев М.В., Амарян Л.С., Васильев А.В.** Методика и техника отбора образцов связных грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1982, № 2. С.29-30.

2. Рекомендации по отбору, упаковке, транспортированию и хранению образцов грунтов при инженерно-геологических изысканиях для строительства. М., Изд-во литературы по строительству, 1970. 24 с.

3. **Денисенко В.В.** Исследование качества механизированного отбора монолитов просадочных грунтов боковым грунтоносом из стенок дудок // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». Краснодар: КубГТУ, 2014. № 5, 20 с. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/0222>.

4. **Сергеев Е.М.** Инженерная геология. М., Изд-во МГУ, 1982. 248 с.

5. **Денисенко В.В.** Исследование влияния конструктивных элементов

бокового грунтоноса на качество отбора монолитов просадочных грунтов из стенок дудок // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». Краснодар: КубГТУ, 2014, № 2. 14 с. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/60>.

6. **Денисенко В.В.** Исследование влияния технологических факторов на качество отбора монолитов просадочных грунтов боковым грунтоносом из стенок дудок // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». Краснодар: КубГТУ, 2014, № 3. 19 с. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/76>.

7. **Денисенко В.В.** Совершенствование конструкции грунтоприёмной гильзы бокового грунтоноса для отбора просадочных грунтов из стенок дудок // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». Краснодар: КубГТУ, 2014. № 5, 12 с. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/0234>.

8. **Васильев А.В.** Об изменении напряженного состояния грунта при вдавливании грунтоноса // Вопросы методики и техники отбора монолитов грунтов из буровых скважин при инженерно-геологических изысканиях / Труды ПНИИСа, том IX. М., 1971. С. 24-41.

9. Пат. РФ № 2174597 E21B49/02, E02D1/04, G01N11/04. Грунтонос / **Денисенко В.В., Ляшенко П.А.** // Изобретения. Полезные модели. 2001, № 17.

10. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.

11. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

12. ГОСТ 23161-2012 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.

13. Краткое практическое руководство по обработке результатов лабораторных и полевых исследований физико-механических свойств грунтов методами математической статистики. ВНМД 05-72 / Росглавнистройпроект. М., МосЦТИСИЗ, 1972. 61с.

REFERENCES

1. **Malyshev M.V., Amaryan L.S., Vasiliev A.V.** Methods and techniques for sampling cohesive soils // Foundations, foundations and soil mechanics. 1982, № 2. P.29-30.

2. Recommendations for selection, packaging, transport and storage of samples of soils in geotechnical investigations for construction. Moscow, Publishing House of the literature on construction, 1970. 24 p.

3. **Denisenko V.V.** Research quality mechanical selection monoliths soil subsidence side corer of the walls of pipes // Electronic network polythematic journal "Proceedings KubGTU." Krasnodar KubGTU 2014. № 5, 20 p. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/0222>.

4. **Sergeev E.M.** Engineering geology. Moscow, Moscow State University, 1982. 248 p.

3. **Denisenko V.V.** Investigation of the influence of structural elements on the quality side corer selection subsiding soil monoliths of the walls of the pipes // Electronic network polythematic journal «Proceedings KubGTU». Krasnodar: KubGTU, 2014, № 2. 14 p. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/60>.

4. **Denisenko V.V.** Investigation of the influence of technological factors on the quality of selection subsiding soil monoliths sidewall sampler of the walls of the pipes // Electronic network polythematic journal "Proceedings KubGTU." Krasnodar KubGTU 2014, № 3. 19 p. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/76>.

7. **Denisenko V.V.** Improving the design of the sleeve side gruntopriëmnoy corer for taking soil subsidence of the walls of pipes // Electronic Network polythematic journal "Proceedings KubGTU." Krasnodar KubGTU, 2014. № 5, 12 p. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/0234>.

8. **Vasilev A.V.** On the change in the stress state of the soil corer indentation // Questions methods and techniques of sampling soil monoliths from wells with geotechnical investigations / PNIIS Proceedings, Volume IX. M., 1971, pp. 24-41.

9. Pat. RF number 2174597 E21B49/02, E02D1/04, G01N11/04. Corer / **Denisenko V.V., Lyashenko P.A.** // Inventions. Utility models. 2001, № 17.

10. GOST 20522-2012 Soils. The statistical treatment of test results.
11. GOST 5180-84 Soils. Laboratory methods for determining physical characteristics.
12. GOST 23161-2012 Soils. Laboratory methods for determining characteristics of subsidence.
13. Quick Start Guide for the processing of the results of laboratory and field studies of physical and mechanical properties of soils by methods of mathematical statistics. VNMD 05-72 / Rosglavniistroyproekt. M., MosTsTISIZ, 1972. 61 p.

PROBE-CORER FOR THE SELECTION OF THE MONOLITH SOIL SUBSIDENCE FROM WELLS

V.V. DENISENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: devivi@yandex.ru*

Developed by the author describes the design of the probe-corer GA-133 and the results of its field trials. It was found that the probe-corer provides: a high degree of conservation of natural addition subsiding soils sampled monoliths (correlation coefficient on the density of the skeleton of soil monoliths with selected by the reference method was 0.820) and can be used in the study of soil subsidence and unsettled for buildings II and class III; selection monoliths diameter and 133 mm in height and 1,15 m; continuous selection monoliths along with the sinking of wells without changing tools and ankereniya rig; reduces the amount of tunneling works and improves the performance of selection monoliths. Tip-corer is easy to manufacture and operation; reduces the power required is pressed mechanism. The effectiveness of the probe-corer confirmed by the results of its use in the production facilities of the Krasnodar organization construction and engineering research "SevKavTISIZ" in the selection of monoliths subsiding soils and unsettled. Based on the test results of the probe-corer GA-133 developed two sizes of the probe-corer GA-143 and GA-153.

Keywords: soil subsidence, the probe-corer, shoe, well, a selection of monoliths, a natural addition, the outer surface of the cone.