

УДК 624.132.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ГРУНТА ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ ПРИ ЕЕ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОМ СТАТИЧЕСКОГО ПРОКОЛА

**В.Н. Супонев, доц., к.т.н., В.И. Олексин, доц., к.т.н., Харьковский национальный  
автомобильно-дорожный университет, С.Л. Хачатурян, доц., к.т.н.,  
Кировоградский национальный технический университет**

*Аннотация.* Представлены экспериментальные исследования изменения зоны структурно-упругих деформаций грунта вокруг формируемой горизонтальной скважины методом прокола.

*Ключевые слова:* бестраншейные технологии, коммуникации, горизонтальная скважина, установка, прокол грунта.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ СТАНУ ҐРУНТУ НАВКОЛО ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СВЕРДЛОВИНИ ПРИ ЇЇ СТВОРЕННІ МЕТОДОМ СТАТИЧНОГО ПРОКОЛУ

**В.М. Супонєв, доц., к.т.н., В.І. Олексин, доц., к.т.н., Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет, С.Л. Хачатурян, доц., к.т.н.,  
Кіровоградський національний технічний університет**

*Анотація.* Подано експериментальні дослідження зміни зони структурно-пружних деформацій ґрунту навколо горизонтальної свердловини, яка створюється методом проколу.

*Ключові слова:* бестраншейні технології, комунікації, горизонтальна свердловина, установка, прокол ґрунту.

## INVESTIGATION OF CHANGES IN THE STATE OF GROUND AROUND THE HORIZONTAL WELL WHILE IT IS BEING MADE USING THE METHOD OF STATIC PUNCTURE

**V. Suponev, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), V. Oleksyn, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.),  
Kharkiv National Automobile and Highway University, S. Khachaturyan, Assoc. Prof.,  
Cand. Sc. (Eng.), Kirovohrad National Technical University**

*Abstract.* The experimental research of changes in a zone of structural and elastic deformations of the ground around a horizontal well being made using the method of puncture is presented.

*Key words:* trenchless technologies, service lines, horizontal well, plant, ground puncture.

### Введение

В стесненных городских условиях для эффективной прокладки и ремонта подземных инженерных коммуникаций целесообразно применять малогабаритное, легко и быстро монтируемое оборудование, которое в большинстве случаев и определяет метод разработки горизонтальной скважины. Наиболее

компактными и простыми в эксплуатации являются установки для статического прокола грунта.

Метод статического прокола грунта представляет собой разработку горизонтальной скважины путем внедрения в грунтовой массив конусного наконечника. Основным преимуществом такого метода является то, что

конусный наконечник, формируя скважину, вытесняет грунт в стороны, чем исключает необходимость извлечения его из забоя. Однако следует отметить, что радиально вытесненный грунт из полости скважины создает вокруг нее зону структурно-упругих деформаций. Возникающее при этом напряжение в грунтовом массиве вокруг скважины несет в себе определенную опасность для близлежащих ранее проложенных подземных коммуникаций, фундаментов зданий и наземных сооружений, воздействие на которые может привести к их повреждению или разрушению.

### Анализ публикаций

В известных работах, посвященных исследованию процесса уплотнения грунта вокруг формируемой горизонтальной скважины методом прокола [1, 2], а также при забивании или задавливании строительных свай [3, 4], характер возникающих уплотненных зон подобен. При этом максимальная плотность грунта наблюдается у поверхности сваи или скважины, а при радиальном удалении от ее оси постепенно уменьшается до естественной плотности грунта. При этом внимание не акцентируется на том, как ведет себя грунт в пограничных зонах, где пластические деформации грунта переходят в упругие. Не описана и механика процесса последующего расширения скважины конусными рабочими органами до требуемого диаметра. Особый интерес представляют достаточно прочные грунты III категории, которые довольно часто встречаются при строительстве подземных коммуникаций.

Для того чтобы уменьшить или вообще исключить нежелательное воздействие на существующие коммуникации и сооружения от разрабатываемой горизонтальной скважины методом статического прокола, необходимо более детально изучить процесс формирования зоны структурно-упругих деформаций, определить ее размеры и характер изменения плотности грунта.

### Цель и постановка задачи

Целью работы является определение характера изменения свойств грунта в близлежащем к скважине пространстве при её формировании. Для достижения поставленной цели необходимо провести полевые поисковые экспериментальные исследования в условиях реального процесса прокола грунта и после-

дующего расширения горизонтальной скважины.

### Исследование изменения плотности грунта вокруг горизонтальной скважины

Методика эксперимента заключалась в следующем. Для выявления характера изменения свойств грунта вокруг скважины после ее прокола и расширения для начала были определены физико-механические свойства грунта в его естественном состоянии. Результаты исследований физико-механических свойств грунтов, в которых проводились эксперименты, приведены в табл. 1.

Таблица 1 Сводная таблица физико-механических свойств исследуемого грунта

Тип грунта	Глина полутвердая
Число ударов плотномером ДорНИИ, $C_o$ , (категория)	12–13 (III)
Объемная масса, $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	2000
Угол внутреннего трения, $\rho$ , град	21
Пористость, $n_o$ , %	41,1
Влажность, $W$ , %	20
Сцепление, $c$ , МПа	0,1
Консистенция, $I_L$	$0 \leq I_L \leq 0,25$

Затем около образованной скважины для лабораторных исследований был произведен отбор грунта. Для этого после прокола скважины конусным наконечником диаметром 65 мм скважину вскрыли, затем на уровне ее оси в сторону на 1,5 м откопали траншею. На выровненной горизонтальной площадке по дну траншеи были взяты пробы грунта с помощью цилиндрических колец-пробоотборников, которые забивались в грунт в шахматном порядке по определенной схеме (рис. 1).

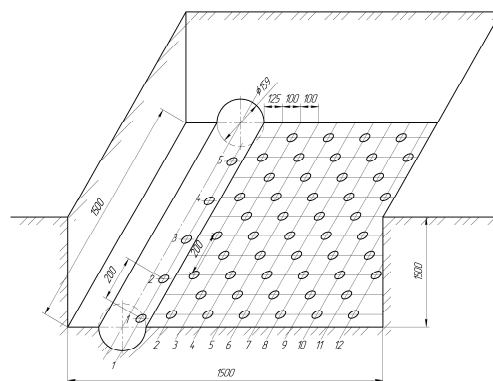


Рис. 1. Схема отбора проб грунта в радиальном удалении от оси скважины

Одним из основных показателей прочности и уплотняемости грунта является его пористость.

Как видно из графика (рис. 2), изменение пористости грунта после его прокола головкой диаметром 65 мм в целом соответствует общепринятому представлению о процессе. В пределах расстояния 600 мм от оси скважины происходит увеличение пористости грунта от 35 % до 42 %.

Однако считать характер изменения пористости плавным нельзя. Действительно, в непосредственной близости возле скважины наблюдается зона с меньшей пористостью, что свидетельствует о процессе уплотнения.

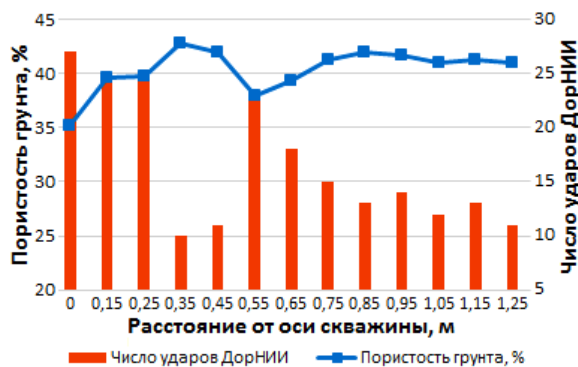


Рис. 2. Изменение пористости грунта в радиальном удалении от оси скважины при проколе диаметром 65 мм

Следует отметить, что в стенке скважины пористость на 6,1 % меньше, чем в естественном состоянии, а на удалении в 350 мм от оси скважины – на 0,9 % больше, что свидетельствует об изменении структуры грунта на этом расстоянии. Можно предположить, что происходит разрыв естественных связей грунта, т.е. осуществляется смещение частиц грунта относительно друг друга как в осевом, так и в радиальном направлении. Затем на расстоянии 500–700 мм от оси скважины происходит очередное уплотнение и далее наблюдается плавный переход к естественному состоянию пористости грунта.

Аналогичный характер процесса изменения пористости грунта наблюдается в таких же грунтовых условиях и при расширении скважины с 108 мм до 159 мм (рис. 3). В непосредственной близости от скважины на расстоянии от ее оси 200–300 мм наблюдается резкий скачок пористости грунта до 39 % и обратное падение до 37 % – на расстоянии 400 мм. Затем, на расстоянии 500–600 мм от

оси горизонтальной скважины, начинается плавный прирост пористости грунта к его естественному состоянию в пределах радиального удаления до 1200 мм.

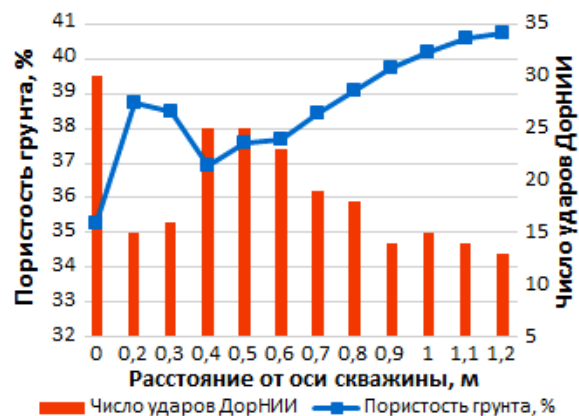


Рис. 3. Изменение пористости грунта в радиальном удалении от оси скважины при расширении ее с 108 мм до 159 мм

Для предварительной оценки сложности характера изменения свойств грунта вокруг скважины был проведен эксперимент по определению прочности грунта экспресс-методом с помощью ударника ДорНИИ.

Как видно из диаграммы изменения прочности грунта по числу ударов ударника ДорНИИ (рис. 3), в непосредственной близости к скважине наблюдается область с очень плотным грунтом, прочность которого примерно в 2,5 раза выше прочности естественного фона – эту область принято считать зоной структурных изменений грунта.

Эта зона структурных изменений наблюдается в глубь массива на расстоянии примерно до 50 см, что соответствует  $3,2 D_{\text{скв}}$ . Далее идет плавное уменьшение прочности грунта, и уже на расстоянии 120 см она достигает значения естественного фона.

Однако заметные скачки прочности грунта в прилегающей зоне – зоне структурных изменений грунта – также меняются скачкообразно в зависимости от количества ударов  $C=26-29$  до  $C=14-18$ .

Сделанные предположения о разрыве естественных связей грунта и образовании трещин и пустот потребовали проведения раскопок и визуального осмотра уплотнённого тела грунта вокруг скважины.



Рис. 4. Фотографии зон массива грунта, на которые оказывалось внешнее воздействие при проколе и расширении скважин

Как видно из рис. 4, в представленных образцах массива грунта, отобранных вокруг скважины, действительно хорошо просматриваются трещины и разломы, что является хорошим подтверждением предположений и соответствует результатам проведенных исследований.

### Выводы

Выявленные закономерности радиального уплотнения грунта при статическом проколе и расширении скважины несколько меняют представление о механике процессов, проис-

ходящих при этом в грунте вокруг скважины. В частности, как экспериментально установлено, в зоне структурных изменений в прилегающем к скважине массиве грунта его однородность отсутствует. Резкие скачкообразные изменения пористости грунта от числа ударов по ударнику ДорНИИ подтверждены визуальным обнаружением трещин в образцах проб массива грунта.

Полученные результаты могут найти отражение в теоретическом определении значений сил сопротивления грунта, возникающих при проколе и расширении скважины, например конусными расширителями или кольцевыми ножами.

### Литература

1. Полтавцев И.С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства / И.С. Полтавцев, В.Б. Орлов, И.Ф. Ляхович. – К.: Будівельник, 1977. – 136 с.
2. Васильев С.Г. Подземное строительство неглубокого заложения / С.Г. Васильев. – Львов: Вища школа, 1980. – 144 с.
3. Marshall A. An analytical study of tunnel-pile interaction / Alec M. Marshall, Twana Haji // *Tunnelling and Underground Space Technology*. – 2015. – No. 45. – P. 43–51.
4. Пантелеєнко В.І. Розробка і визначення основних параметрів обладнання для занурення фундаментів-оболонки: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.04 «Машини для земляних та дорожніх робіт» / В.І. Пантелеєнко. – Дніпропетровськ, 2004. – 20 с.

Рецензент: Н.Д. Каслин, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 17 марта 2016 г.