

УДК 624.132.3

В. К. РУДНЕВ, д-р тех. наук, профессор

В. Н. СУПОНЕВ, канд. тех. наук, доцент

В. И. ОЛЕКСИН, ассистент

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков

## МИНИМАЛЬНАЯ ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

*Построена расчетная зависимость для определения минимальной глубины заложения горизонтальных скважин под автомобильными дорогами.*

**Ключевые слова:** скважина; глубина заложения; прокол грунта; экспериментальные данные.

*Побудована розрахункова залежність для визначення мінімальної глибини закладання горизонтальних свердловин під автомобільними дорогами.*

**Ключові слова:** свердловина; глибина закладання; прокол ґрунту; експериментальні дані.

### Введение

Для прокладки инженерных коммуникаций под автомобильными дорогами широко применяют бестраншейные методы, позволяющие избежать повреждения дорожного покрытия. Для создания скважин диаметром до 400–500 мм применяют метод статического прокола. В этом случае по обе стороны дороги отрывают приямки, в которых устанавливают необходимое оборудование. Глубина приямков напрямую зависит от глубины заложения скважины которая выбирается так, чтобы не вызывать разрушения поверхности грунта под дорожным покрытием. В статье приводятся результаты экспериментально-теоретического исследования и рекомендации по определению минимальной глубины заложения скважины согласно высказанному условию.

### Анализ исследований

Процесс проходки скважины проколом заключается в задавливании грунтопрокалывающего рабочего органа с конусным наконечником в грунт с помощью гидравлических домкратов. Грунтопрокалывающие установки просты, и имеют малые габариты, а стенки скважины устойчивы к просыпанию, что не требует их дополнительного укрепления. Основным недостатком данного метода – формирование вследствие уплотнения грунта высокого напряженного состояния, что может вызвать разрушение дорожного покрытия. Поэтому под минимальной глубиной заложения скважины понимается такое ее значение, при котором устройство скважины не вызывает разрушения поверхности грунта.

Согласно ведомственным строительным нормам Украины на линейно-кабельные сооружения [1], минимальное расстояние от верха покрытия автомобильной дороги до верха трубы при ее заложении методом прокола должно составлять не менее 2,5 м. Эти рекомендации не учитывают ни физико-механических свойств грунта, ни диаметра трубы, что может привести либо к неоправданной малой, либо неоправданно большой глубине устройства приямков.

Полтавцев И. С. [2], рекомендует закладывать скважину на глубину не менее 5 ее диаметров.

Расчетные зависимости по определению минимальной глубины заложения скважины при проколе, учитывающие ее диаметр и физико-механические свойства грунта отсутствуют.

### Цель работы

Целью работы является определение минимальной глубины заложения скважины при проходке ее методом прокола в зависимости от диаметра и физико-механических свойств грунта.

### Основная часть

Не трудно представить, что усилие прокола по мере удаления прокалывающего органа от поверхности однородного грунта будет постепенно возрастать. При достижении минимальной глубины заложения скважины усилие прокола стабилизируется и далее остается постоянным. Подобный процесс имеет место при резании грунта ножами. Давление грунта на лобовую грань ножа растет с увеличением глубины резания. При глубине резания названной критической [3] давление грунта на боковую грань ножа достигает максимального значения и далее стабилизируется. Аналогично исследованиям по резанию грунтов можно полагать, что минимальная глубина заложения скважины при проколе определяется зависимостью:

$$H_{min} = a + bd, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты определяемые физико-механическими свойствами грунта;

$d$  – диаметр скважины, мм.

Согласно уравнению (1) коэффициенты  $a$ ,  $b$  могут быть определены путем проведения экспериментов с двумя грунтопрокалывающими органами разных диаметров.

Методика экспериментального исследования заключалась в следующем. На первом этапе осуществлялся выбор участка и подготовка его к эксперименту, которая включала в себя снятие и удаление гумусного слоя для получения однородного состояния грунтового массива. После этого отрывался приямок для размещения в нем грунтопрокалывающей установки МП-250. В массив грунта внедрялись конусные наконечники диаметрами  $d_1=65$  и  $d_2=108$  мм. Их угол заострения составлял  $\alpha=60^\circ$ . Длина участка соответствовала расстоянию, при котором прокол переходил в установившуюся стадию процесса, при которой рост напорного усилия прекращался. Напорное усилие фиксировалось датчиками давления, встроенными в гидравлическую систему установки.

Глубина заложения скважины менялась с интервалом 50 мм. В процессе прокола велся визуальный контроль за образованием трещины на поверхности грунта. При полном отсутствии трещины на поверхности грунта минимальная глубина заложения скважины замерялась рулеткой. В ходе экспериментов осуществлялся отбор проб для установления физико-механических свойств грунта. Прочность грунта определялась числом ударов ударника ДорНИИ,  $C_0$ .

Эксперименты проводились на разных грунтах. В условиях научно-исследовательского полигона Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ) исследования проводились в супесчаных грунтах с числом ударов  $C_0$  ударника ДорНИИ 3–4, что соответствует 1-й категории прочности. На территории предприятия «Спецстроймеханизация» по улице Велозаводская 2/5 в г. Харькове грунт представлял собой тугопластичый суглинок с числом  $C_0$  равным 6–7, характерным для 2-й категории прочности. В районе села Кутузовка Харьковского район была полутвердая глина с числом  $C_0$ , равным 12–13, что соответствует третьей категории прочности грунтов. Физико-механические свойства грунтов, определялись в лаборатории кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог ХНАДУ, табл. 1.

Полученные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  для различных грунтов представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о существенном влиянии свойств грунта, диаметра скважины на минимальную глубину ее заложения. Так, к примеру, при проходке скважины диаметром 200 мм минимальная глубина заложения для глины составит почти 2,9 м, для супеси 1,6 м, а для суглинка 1,9 м.

Равенство (1) и данные табл. 2 могут быть использованы для определения минимальной глубины заложения скважины в аналогичных грунтовых условиях. Между тем целесообразно установить более общую зависимость для определения минимальной глубины заложения скважины при проколе для различных грунтов.

целесообразно установить более общую зависимость для определения минимальной глубины заложения скважины при проколе для различных грунтов.

Таблица 1

Основные физико-механические свойства исследуемых грунтов

Место проведения эксперимента	Полигон ХНАДУ	Предприятие «Спецстрой-механизация»	Село Кутузовка
Тип грунта	Супесь пластичная	Суглинок тугопластичный	Глина полутвердая
Число ударов плотномера ДорНИИ, $C_0$ , (категория)	3-4 (I)	6-7 (II)	12-13 (III)
Объемная масса, $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	1780	1900	2000
Угол внутреннего трения, $\varphi$ , град	15	19	21
Пористость, $n_0$ , %	53	45	38
Влажность, $\omega$ , %	18	24	20
Сцепление, $c$ , МПа	0,03	0,05	0,1
Консистенция, $I_L$	$0 \leq I_L \leq 1$	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$0 \leq I_L \leq 0,25$

Таблица 2

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$

Коэффициенты	Грунты		
	Супесь, $C_0 = 3-4$	Суглинок, $C_0 = 6-7$	Глина, $C_0 = 12-13$
$a$ , мм	20,93	57,79	125,58
$b$	8,14	9,42	13,84

Исследованиями Вазетдинова А. С. [4], Полтавцев И. С. [2], Васильева С. Г. [5] и др. установлено, что радиально вытесненный при проколе грунт создает вокруг скважины зону структурных изменений. При этом твердые частицы грунта в этой зоне занимают весь объем пор. Согласно Вазетдинову В. А. эпюра распространения напряжений и зона структурных изменений грунта представлены на рис. 1.

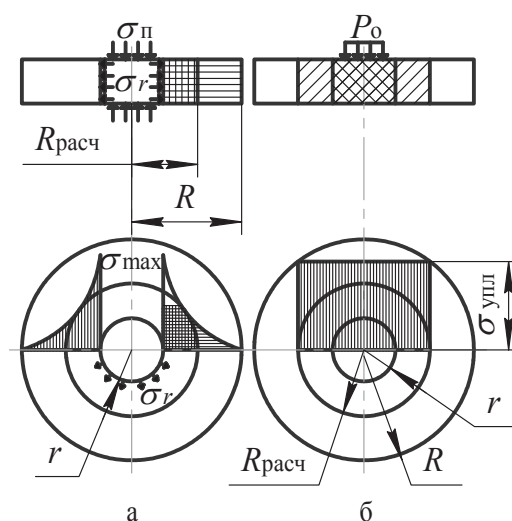


Рис. 1. Результаты исследований А.С. Вазетдинова:  
а – схема напряженного состояния грунта при проколе;  
б – расчетная зона структурных изменений грунта

Расчетный радиус  $R_{\text{расч}}$  и диаметр  $D_{\text{расч}}$  зоны структурных изменений грунта определяются равенствами:

$$R_{\text{расч}} = \frac{r}{\sqrt{0,01 \cdot n_o}}, \quad (2)$$

$$D_{\text{расч}} = \frac{d}{\sqrt{0,01 \cdot n_o}}, \quad (3)$$

где  $r$  – радиус скважины, мм;  
 $n_o$  – пористость естественного грунта, %.

Логично предположить, что минимальная глубина заложения скважины пропорциональна диаметру зоны структурных изменений грунта при проколе и также зависит от пористости грунта (рис. 2).

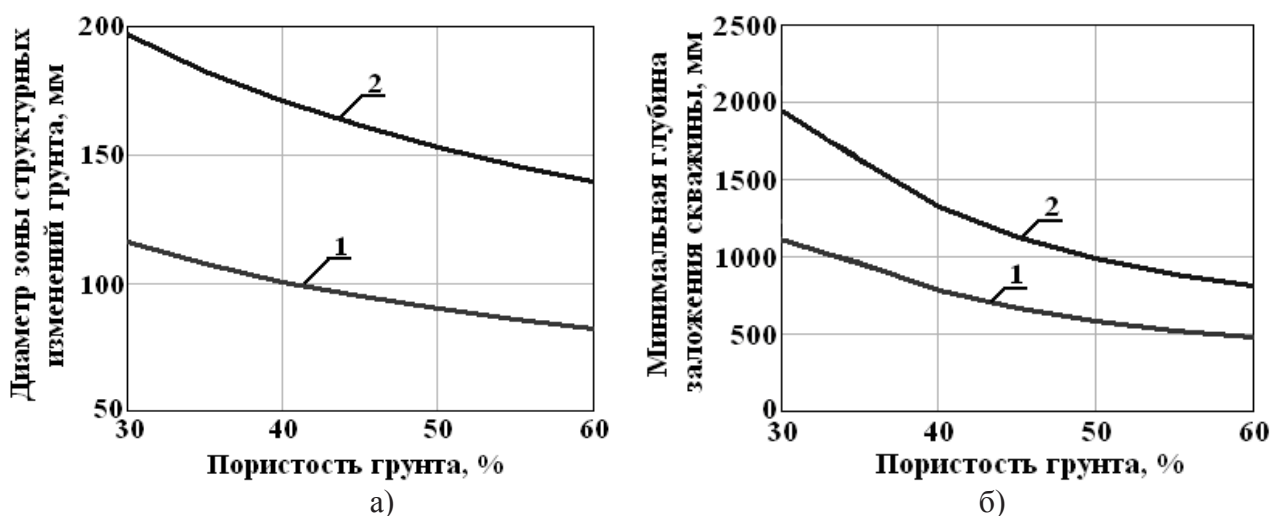


Рис. 2. Зависимость зоны структурных изменений и минимальной глубины заложения скважины от пористости грунта: а) – диаметр зоны структурных изменений грунта; б) – минимальная глубина заложения скважины;  
 1 –  $d_1 = 65$  мм; 2 –  $d_2 = 108$  мм

Используя известные методы обработки экспериментальных данных [6], получена следующая эмпирическая зависимость минимальной глубины заложения скважины от ее диаметра и пористости грунта:

$$H_{\text{min}} = \left[ 4,4 + \frac{1}{(0,01 \cdot n_o)^{2,25}} \right] \cdot d. \quad (4)$$

На рис. 3 представлены графики зависимости минимальной глубины заложения скважины, построенные по равенствам (1) и (4). Из приведенных данных видно, что расхождение между получаемыми значениями минимальной глубины заложения скважины не превышает 5 %.

Изложенное позволяет рекомендовать расчетную зависимость (4) для определения минимальной глубины заложения горизонтальных скважин в грунтах, пористость которых находится в диапазоне 38–53 %.

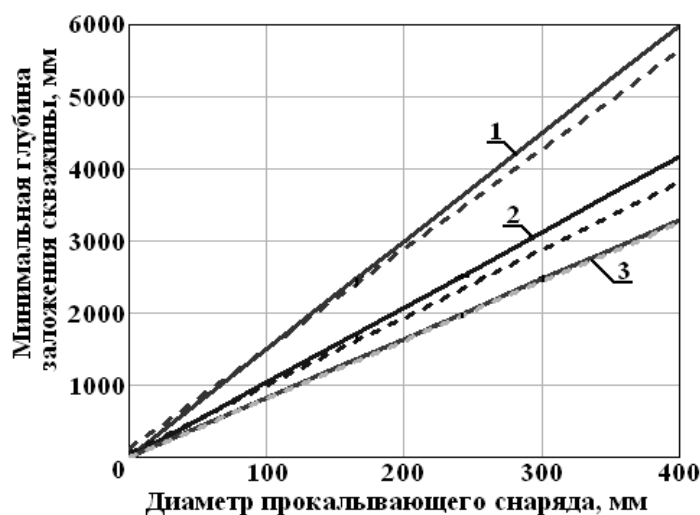


Рис. 3. Зависимость минимальной глубины заложения скважины от диаметра прокалывающего снаряда: — график, построенный по зависимости (4); --- график, построенный по зависимости (1);  
1 —  $n_0 = 38\%$ ; 2 —  $n_0 = 45\%$ ; 3 —  $n_0 = 53\%$

#### Выводы

Полученные расчетные зависимости (1) и (4) для определения минимальной глубины заложения горизонтальных скважин от их диаметра в различных грунтах. Это позволяет более обосновано подходить к устройству приямков для расположения в них прокольного оборудования.

#### Список литературы

1. Проектирование телекоммуникаций. Линейно-кабельные сооружения : ВБН В.2.2-45-1-2004 – [Введен в действие 2004-03-30]. К. : Государственный комитет связи и информатизации Украины, 2004. – 73 с. – (Ведомственные строительные нормы Украины).
2. Полтавцев И. С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства. / Полтавцев И. С., Орлов В. Б., Ляхович И. Ф. – К.: Будівельник, 1977. – 136 с.
3. Руднев В. К. Результаты экспериментов по резанию грунтов прямоугольными ножами / В. К. Руднев // Изв. ВУЗов. – Строительство и архитектура. – 1964. – №9. – С. 112–117.
4. Вазетдинов А. С. Опыт определения усилий внедрения и местоположения в грунте головного снаряда при проколе / А. С. Вазетдинов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1958. – № 1. – С. 21–26.
5. Васильев С. Г. Подземное строительство неглубокого заложения / Сергей Григорьевич Васильев. – Львов: Вища школа, 1980. – 144 с.
6. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимального условия. / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю.В.. – М.: Наука, 1976. – 254 с.

#### MINIMUM DEPTH OF THE HORIZONTAL WELLS FOR COMMUNICATIONS ENGINEERING

V.K. RUDNEV, Dr. Scie. Tech., Prof.  
V.N. SUPONEV, Cand. Tech. Scie., associate professor,  
V. I. OLEKSYN, teaching assistant

*Calculated dependence is built to determine the minimum depth of the horizontal wells under the roads.*

**Key words:** well, depth of burial, puncture the soil; experimental data.

Поступила в редакцию 22.02 2013 г.