

УДК 622.24.08

Канд. техн. наук РЯЗАНОВ А. Н., инж. ПЕРЕХОДЧЕНКО С. А. (ДонНТУ)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ РЕЙСОВОЙ УГЛУБКИ ПРИ ОТБОРЕ ГРУНТОВОГО МОНОЛИТА УСТРОЙСТВОМ УДАРНОГО ТИПА

В отечественной практике инженерно-геологических изысканий основные физико-механические характеристики грунта определяются по образцу, отобранному из скважины в процессе ее бурения. Нарушение естественного сложения пробы вызывает необходимость проведения дорогостоящих дополнительных работ, направленных на принятие проектного решения, которое обеспечивало бы максимальное качество строительства объекта при минимальных затратах.

Отбор пробы грунта производится в соответствии с ГОСТ 12071-2000 «ГРУНТЫ. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов» [1], принятому Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве для действия в большинстве стран, включая Украину, на территории бывшего Советского Союза. Согласно нормативному документу минимальная высота ненарушенной части грунта при пробоотборе забивными и вибрационными грунтоносами должна составлять в песках – 10 см, плотных глинистых грунтах – 15 см. Превышение указанных величин нежелательно ввиду излишнего воздействия ударных нагрузок на монолит, что приводит к нарушению его сложения. Вместе с тем, опыт пробоотбора [2] свидетельствует о разрушении верхней части грунтовой пробы под действием гидроударного давления  $p_{ГУ}$ , генерируемого в момент удара в верхней полости керноприемной трубы грунтоноса. В связи с этим, актуальным является получение практических рекомендаций по рациональной величине рейсовой углубки, обеспечивающей необходимую для проведения лабораторных испытаний высоту монолита.

В работе [3] предложено аналитическое выражение, которое позволяет оценить давление, действующее на отдельный слой пробы грунта в процессе ее отбора:

$$p = \frac{D}{4\eta f} \left[ e^{\frac{4\eta f}{D}(x-\ell)} \left( \frac{4\eta f}{D} p_{ГУ} + \gamma f \right) - \gamma f \right], \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр пробы, м;  $\eta$  – коэффициент бокового давления;  $f$  – коэффициент трения грунта о поверхность керноприемной трубы;  $x$  – расстояние от торца керноприемника до рассматриваемого слоя в грунтовой пробе, м;  $\ell$  – текущая высота пробы, м;  $\gamma$  – удельный вес грунта, Н/м<sup>3</sup>.

Верхняя часть отбираемой пробы будет подвергаться разрушению на глубину, до которой выполняется условие:

$$p \geq R_c, \quad (2)$$

где  $R_c$  – предел прочности грунта на одноосное сжатие, который определяют согласно выражению [4]:

$$R_c = 2C \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (3)$$

где  $C$  – модуль сцепления грунта, Па;  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта, рад.

Соотношение между давлением на отдельный слой и пределом прочности грунта на разрушение, главным образом, зависит от величины гидроударного давления. В свою очередь гидроударное давление определяется скоростью, которую сообщает керноприемному снаряду боек в момент соударения с наковальной:

$$p_{ГУ} = \rho c V_2, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c$  – скорость распространения гидроударной волны в жидкости,  $\text{м/с}$ ;  $V_2$  – начальная скорость погружения керноприемника в грунт,  $\text{м/с}$ .

Величину скорости, которую получает керноприемник, можно определить, используя формулу классической теории удара:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{1 + R_y}{1 + \frac{m_{np}}{m_1}}, \quad (5)$$

где  $V_1$  – скорость движения бойка в момент соударения,  $\text{м/с}$ ;  $R_y$  – коэффициент восстановления скорости при ударе;  $m_{np}$  – приведенная масса инструмента, воспринимающая удар,  $\text{кг}$ ;  $m_1$  – масса бойка,  $\text{кг}$ .

Для нахождения приведенной массы инструмента воспользуемся зависимостью, предложенной в работе [5]:

$$m_{np} = m_2 + m_{sp}, \quad (6)$$

где  $m_2$  – масса инструмента (керноприемной трубы с наковальней и башмаком),  $\text{кг}$ ;  $m_{sp}$  – масса грунта, сцепленного с инструментом,  $\text{кг}$ .

Б.М.Ребрик определяет массу грунта, участвующую в ударном соударении, согласно схеме на рис. 1, используя выражение:

$$m_{sp} = V_{sp} \cdot \frac{\gamma}{g} = \frac{\pi D_n^2 \ell^2 \text{tg} \alpha \gamma}{g}, \quad (7)$$

где  $V_{sp}$  – объем грунта,  $\text{м}^3$ ;  $D_n$  – наружный диаметр инструмента,  $\text{м}$ ;  $\alpha$  – угол между вертикальной линией и образующей конуса грунта, который в результате проявления сил сцепления участвует в ударе;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ .

Согласно Б.М.Ребрику величина  $m_{sp}$  представляет собой сумму двух масс: грунта, прилегающего к наружной и внутренней поверхности керноприемной трубы, и зависит, главным образом, от угла  $\alpha$ . Объем грунта  $V_{sp}$  определяется как сумма площадей двух прямоугольных треугольников, умноженных на длину окружности трубы (рис. 2).

Такой подход является неверным по ряду причин.

Во-первых, в действительности грунт, сцепленный со снарядом по наружной поверхности керноприемной трубы, имеет форму усеченного конуса. А выражение (7) не учитывает его расширение по образующей.

Во-вторых, при углах  $\alpha$  до  $10^0$ , характерных для песка-глин, объем грунта, прилегающий к поверхности керноприемной трубы изнутри, не может быть больше объема внутренней полости трубы. Тогда как по Б.М.Ребрику для трубы с наружным диаметром 89 мм этот объем грунта может быть существенно выше (рис. 3).

Для повышения достоверности расчетов объем грунта, участвующего в ударном взаимодействии, следует определять как объем усеченного конуса за вычетом объема керноприемной трубы и объема пустого пространства внутри нее (рис. 4). Объем пустого пространства представляет собой конус либо усеченный конус в зависимости от глубины погружения керноприемника в грунт.

Высота пустого пространства внутри трубы определяется из выражения:

$$\ell_1 = \frac{D}{2 \text{tg} \alpha}. \quad (8)$$

В этом случае, масса грунта, сцепленного с инструментом, при погружении последнего

до глубины  $\ell_1$  определяется из выражения:

$$m_{sp} = \frac{\pi \ell^2 \operatorname{tg} \alpha \gamma (D_n + D)}{2g} \quad (9)$$

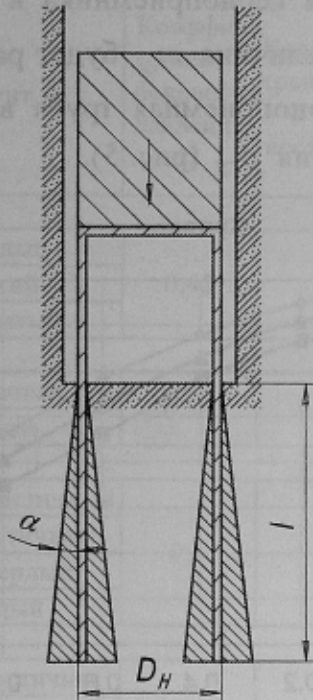


Рис. 1. Схема погружения керноприемника в грунт

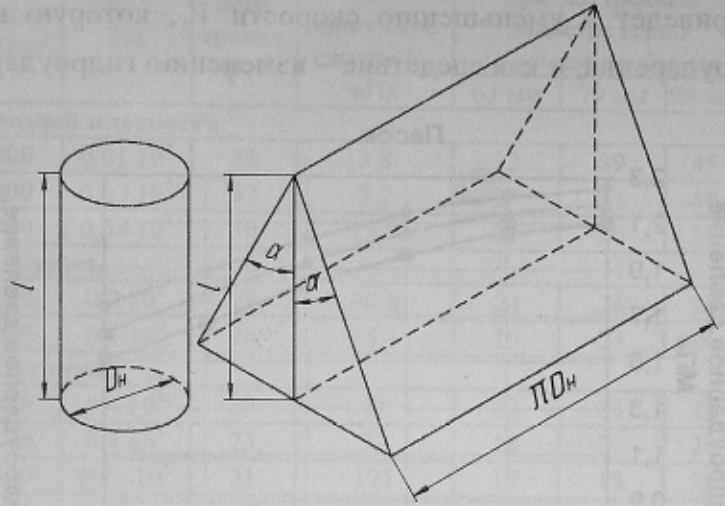


Рис. 2. Объем грунта, участвующий в соударении (по Б.М.Ребрику)

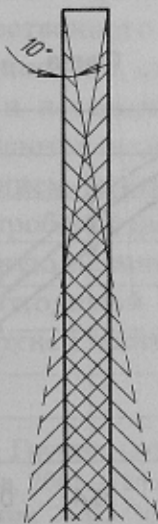


Рис. 3. Схема (М 1:10) к определению объема грунта, прилегающего к внутренней поверхности трубы  $\varnothing 89$  мм длиной 1 м (по Б.М.Ребрику)

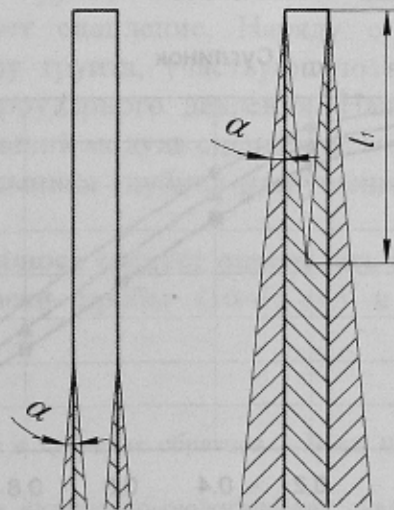


Рис. 4. Схема к определению объема грунта по предложенным аналитическим зависимостям

Масса грунта  $m_{ep}$  при погружении керноприемника на глубину  $l_1$  и больше определяется согласно зависимости:

$$m_{ep} = \frac{\pi l_1 \gamma}{g} \left( \frac{D_n l t g \alpha}{2} + \frac{l^2 t g^2 \alpha}{3} + \frac{D^2}{4} \right) - \frac{\pi l_1 D^2 \gamma}{12g} \quad (10)$$

Таким образом,  $m_{ep}$  определяется глубиной погружения керноприемника в грунт и зависит прежде всего от значения угла  $\alpha$ . По мере углубки величина  $m_{ep}$  будет расти, что приведет к уменьшению скорости  $V_2$ , которую получает керноприемная труба в момент соударения, и как следствие – изменению гидроударного давления  $p_{гв}$  (рис. 5).

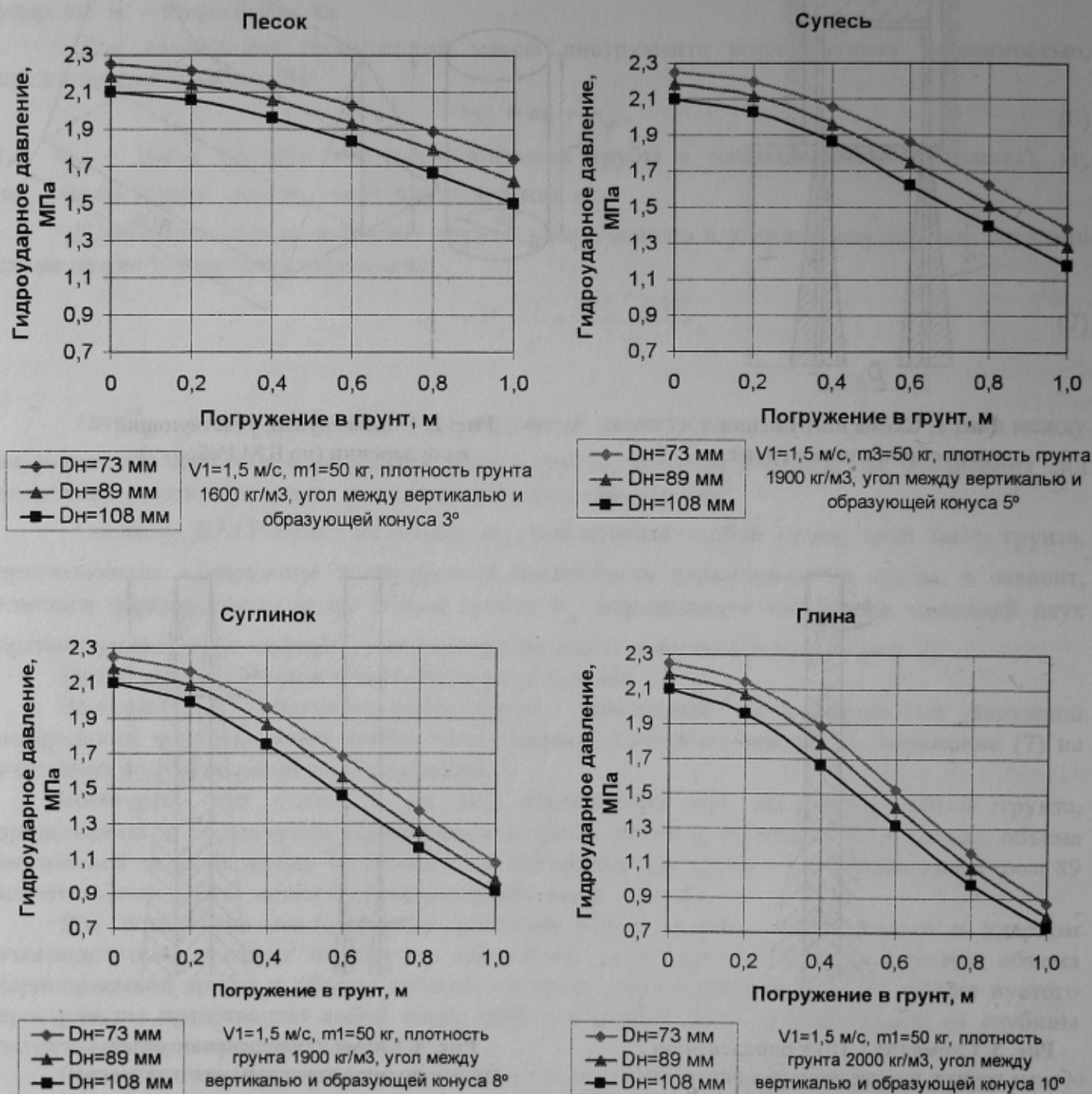


Рис. 5. Зависимость гидроударного давления внутри керноприемника от глубины погружения в различные виды грунта

На основании предложенных аналитических зависимостей с помощью прикладной программы на языке Turbo Pascal 7.0 произведен расчет глубины разрушения верхней части отбираемой пробы для грунтов, в которых применяются устройства ударного типа. Предударная скорость бойка принята 1,5 м/с, его масса – 50 кг. Значения гидроударного давления взяты из графических зависимостей, представленных на рис. 5. Результаты расчета приведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты расчета по определению глубины разрушения верхней части пробы

Грунт	Коэффициент бокового давления $\eta$	Коэффициент трения грунта о поверхность трубы $f$	Удельный вес грунта $\gamma$ , Н/м <sup>3</sup>	Сцепление $C$ , Па	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Предел прочности на одноосное сжатие $R_c$ , кПа	Глубина разрушения верхней части пробы при внутреннем диаметре керноприемной трубы, см		
							63 мм	79 мм	98 мм
<b>Песок средней плотности:</b>									
крупный	0,45	0,7	14000	$0,01 \cdot 10^5$	35	3,8	32	39	45
мелкий			16000	$0,02 \cdot 10^5$	32	7,2	29	34	40
пылеватый			19000	$0,04 \cdot 10^5$	30	13,9	25	30	38
<b>Супесь:</b>									
пластичная	0,55	0,6	19110	$0,2 \cdot 10^5$	28	30,8	23	26	29
твердая			20090	$0,1 \cdot 10^5$	24	66,6	19	23	26
<b>Суглинок:</b>									
мягко-пластичный	0,6	0,5	18620	$0,6 \cdot 10^5$	25	41	22	25	28
туго-пластичный			19600	$0,4 \cdot 10^5$	23	73	18	22	25
полутвердый			20580	$0,25 \cdot 10^5$	21	121	17	18	20
твердый			21070	$0,15 \cdot 10^5$	17	188	14	15	17
<b>Глина:</b>									
мягко-пластичная	0,7	0,4	19110	$1,0 \cdot 10^5$	22	51	21	24	27
туго-пластичная			20090	$0,6 \cdot 10^5$	20	110	17	19	21
полутвердая			20580	$0,4 \cdot 10^5$	18	171	15	16	18
твердая			21070	$0,2 \cdot 10^5$	14	296	12	13	14

Результаты расчета позволяют сделать следующие выводы:

1. Из основных физико-механических свойств грунта наибольшее влияние на сохранность естественного сложения пробы оказывает сцепление. Наряду с пределом прочности на одноосное сжатие оно определяет массу грунта, участвующую в ударном взаимодействии, и в конечном итоге – величину гидроударного давления. Наибольшему разрушению поддаются песчаные грунты, имеющие меньший модуль сцепления.

2. С увеличением внутреннего диаметра керноприемника глубина разрушения верхней части грунтовой пробы возрастает.

3. Рациональную величину рейсовой углубки грунтоноса следует определять как сумму минимально необходимой высоты ненарушенной части пробы (10–15 см) и глубины разрушения ее верхней части.

### Литература

1. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – Введ. 01.07.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.
2. Ребрик Б.М., Куник Л.И. Эффективность и качество бурения инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1978. – 128 с.
3. Рязанов А.Н., Русанов В.А. Определение глубины разрушения верхней части монолита, отбираемого забивным способом // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. Випуск 45. – Донецьк, ДонНТУ, 2002. – С.32-35.
4. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т 1. – Л., М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. – 358 с.
5. Ребрик Б.М. Ударное бурение грунтов. – М.: Недра, 1976. – 232 с.

© Рязанов А. Н., Переходченко С. А., 2007