

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ МОНОЛИТА, ОТБИРАЕМОГО ЗАБИВНЫМ СПОСОБОМ

Канд. техн. наук Рязанов А.Н., канд. техн. наук Русанов В.А. (Донецкий национальный технический университет)

Характерной особенностью инженерно-геологического бурения является отбор из скважин проб грунта ненарушенного сложения — монолитов. Его цель — наряду с достоверным выявлением состава определить состояние массива грунта и основные показатели физико-механических свойств, такие как плотность, сцепление, угол внутреннего трения и модуль деформации.

Для отбора монолитов применяют специальные устройства — грунтоносы и пробоотборники, реализующие в зависимости от вида грунта один из трех способов погружения: обуривающий, вдавливаемый и забивной.

В соответствии с требованиями действующего ГОСТа 12071-84 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранения образцов» и получивших широкое распространение рекомендаций, разработанных Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИСом) совместно с ведущими организациями в этой области, применяемые устройства должны обеспечивать отбор монолитов с размерами, которые определяются оборудованием для испытаний грунтов.

В том случае, если подготавливаемый к испытаниям образец грунта получают при помощи компрессионного кольца, то при выборе проходного диаметра керноприемной трубы грунтоноса или пробоотборника обязательно учитывают наличие нарушаемой периферийной зоны монолита.

Детальное изучение вопросов влияния на качество отбираемой пробы способов и параметров погружения устройств в зависимости от свойств грунта выполнено в работах Ребрика Б.М. и Куника Л.И. [1,2], Булнаева И.Б. [3], Меламеда Ю.А. и Соколинского В.Б. [4], Попова Л.И., Пронюшкина В.Д. и Маркова Ю.А. [5] Результаты проведенных

исследований позволили строго регламентировать толщину периферийной зоны. Для грунтов с жесткими структурными связями она должна быть равной 3 мм, для пылеватых и глинистых грунтов с показателем текучести более 0,75 — 5 мм, для песчаных и пылевато-глинистых грунтов с показателем текучести менее 0,75 — 10 мм, для крупнообломочных грунтов — 20 мм.

Что касается высоты отбираемого монолита, то согласно нормативным документам она должна приниматься не менее диаметра пробы. Эта рекомендация исходит из того, что верхняя торцевая часть монолита в процессе пробоотбора не испытывает существенных нагрузок и как следствие не подвергается разрушению. Однако при реализации забивного способа погружения устройства данное утверждение вызывает сомнение в правомерности.

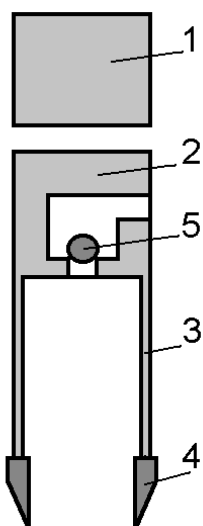


Рис.1 Схема забивного грунтоноса (пробоотборника): 1 – боек, 2 – наковальня, 3 – керноприемная труба, 4 – башмак, 5 – обратный клапан

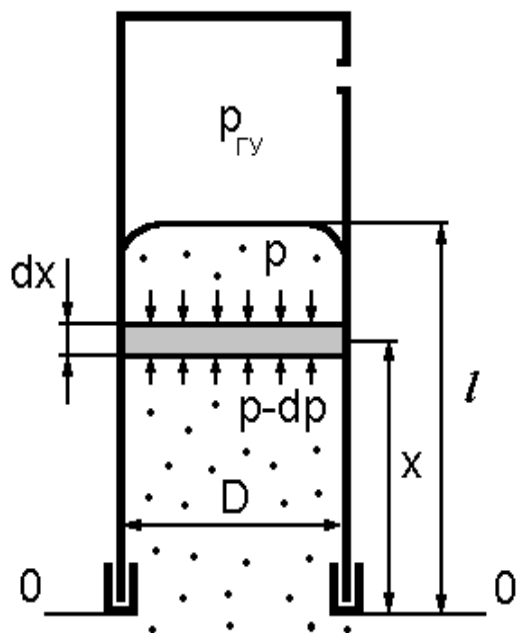


Рис.2. Схема к расчету глубины разрушения монолита

Несмотря на имеющиеся конструктивные различия грунтоносы и пробоотборники как для сухопутного, так и для морского инженерно-геологического бурения принципиально состоят из бойка, наковальни, керноприемной трубы и башмака (рис.1). Под действием периодических ударов бойка 1 по наковальне 2 происходит заглубление башмака 4 и керноприемной трубы 3 в разрушаемый грунт. При этом последний в виде столбика керна входит внутрь трубы. Так как грунты, для которых рекомендуется применение забивного способа погружения, преимущественно рыхлые и набухающие, то будет справедливым считать, что керн, несмотря на разность проходных диаметров башмака и керноприемной трубы, будет соприкасаться с внутренней поверхностью трубы [6]. Находящаяся в замкнутом надкерновом пространстве жидкость будет вытесняться через обратный клапан 5 в скважину. Перед каждым последующим ударом бойка керноприемная труба находится в покое.

Таким образом, в результате удара скорость керноприемной трубы изменяется от нуля до значения скорости погружения устройства в грунт, что сопровождается появлением в полости трубы волны гидроударного давления. Эта волна

воздействует на торцевую поверхность монолита и, вызывая послойную деформацию, распространяется в нем.

Если давление на отдельные слои отбираемой пробы грунта будет таковым, что эффективные напряжения превзойдут прочность внутренних связей, то возникнут скольжения (сдвиги) одних минеральных частиц или их агрегатов по другим. Это может привести к нарушению сплошности грунта в некоторой области, то есть к его разрушению.

В связи с этим весьма важным является определение глубины, на которую в состоянии проникнуть волна повышенного давления, вызывающая разрушение.

Для математического описания процесса сделаем следующие допущения:

1. Гидроударное давление, действующее на торцевую поверхность монолита, представляет собой равномерно распределенную нагрузку.
2. Грунт, заполняющий внутреннюю полость керноприемной трубы, является однородным.
3. На границе с трубой грунтовый керн имеет связь в виде силы сухого трения.
4. Текущее вертикальное давление по длине керна трансформируется в боковое давление на стенки трубы через коэффициент бокового давления.

Составим уравнение равновесия элементарного слоя грунтового керна толщиной  $dx$  в точке с координатой  $x$  (рис.2)

$$p \frac{\pi D^2}{4} = (p - dp) \frac{\pi D^2}{4} + p \eta f \pi D dx + \frac{\pi D^2}{4} \gamma dx \quad (1)$$

где  $p$  и  $(p - dp)$  – вертикальное давление на слой грунтового керна соответственно сверху и снизу, Па;  $D$  – диаметр керна, м;  $\eta$  – коэффициент бокового давления;  $f$  – коэффициент трения грунта о поверхность керноприемной трубы;  $\gamma$  – удельный вес грунта. Н/м<sup>3</sup>.

После преобразований получим

$$\frac{\pi D^2}{4} dp = dx \cdot \left( \rho \eta f \pi D + \frac{\pi D^2}{4} \gamma f \right) \quad (2)$$

Общее решение дифференциального уравнения (2) имеет вид

$$\frac{D}{4\eta f} \ln \left| \frac{4\eta f}{D} p + \gamma f \right| = x + C \quad (3)$$

Для определения постоянной интегрирования  $C$  сформулируем граничные условия: при  $x = \ell$   $p = p_{гв}$  (где  $\ell$  – высота отбираемой пробы грунта, м;  $p_{гв}$  – гидроударное давление, действующее на верхнюю торцевую часть монолита, Па).

Тогда

$$C = \frac{D}{4\eta f} \ln \left| \frac{4\eta f}{D} p_{гв} + \gamma f \right| - \ell \quad (4)$$

Подставим постоянную интегрирования в (3)

$$\frac{D}{4\eta f} \ln \left| \frac{4\eta f}{D} p + \gamma f \right| = x + \frac{D}{4\eta f} \ln \left| \frac{4\eta f}{D} p_{гв} + \gamma f \right| - \ell \quad (5)$$

В результате получаем выражение для определения давления, действующего на отдельный слой грунта

$$p = \frac{D}{4\eta f} \left[ e^{\frac{4\eta f}{D}(x-\ell)} \left( \frac{4\eta f}{D} p_{гв} + \gamma f \right) - \gamma f \right] \quad (6)$$

Для нахождения глубины разрушения верхней части монолита значение давления сравнивается с пределом прочности на одноосное сжатие [7]

$$R_c = 2C \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right), \quad (7)$$

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

Соотношение между давлением на отдельный слой и пределом прочности грунта на одноосное сжатие зависит, главным образом, от величины гидроударного давления, которое в свою очередь определяется скоростью погружения устройства под действием прилагаемой ударной нагрузки. Для нахождения скорости погружения устройства можно воспользоваться методикой, предложенной в работе [8].

Результаты расчета, выполненного для ударной системы разработанного на кафедре ТТГР ДонНТУ забивного пробоотборника Э.ЗП-89, приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты определения глубины разрушения верхней части монолита, отбираемого забивным пробоотборником Э.ЗП-89 (длина трубы 1 м, диаметр керна  $D=0,079$  мм, скорость соударения 1,5 м/с, гидроударное давление  $p_{гв}=1,47$  МПа)

Грунт	Средний диаметр частиц $d_{ср}$ , мм	Удельный вес $\gamma$ , Н/м <sup>3</sup>	Сцепление $C$ , Па	Угол внутреннего трения $\Phi$ , °	Предел прочности на разрушение $R_c$ , Па	Глубина разрушения верхней части монолита, см
Песок мелкий	0,1	16000	$0,06 \cdot 10^5$	38	$0,25 \cdot 10^5$	24
Песок пылеватый	0,05	19000	$0,08 \cdot 10^5$	36	$0,31 \cdot 10^5$	20
Супесь	–	20000	$0,15 \cdot 10^5$	30	$0,52 \cdot 10^5$	19

Суглинок	–	21000	$0,39 \cdot 10^5$	24	$1,2 \cdot 10^5$	14
Глина	–	21500	$0,81 \cdot 10^5$	21	$2,35 \cdot 10^5$	9

Таким образом, полученные аналитические зависимости по определению глубины разрушения верхней части монолита позволяют прогнозировать достаточную для проведения лабораторных испытаний величину углубки пробоотборника в зависимости от вида опробываемого грунта.

#### **Библиографический список**

1. **Ребрик Б.М., Куник Л.И.** Эффективность и качество бурения инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1978. – 128 с.
2. **Куник Л.И.** Исследование изменения показателей физико-механических свойств грунта в монолитах, отбираемых из скважин забивным и вибрационным погружением грунтоносом. // Труды ПНИИИСа – 1972. – вып.20. – С.49-59.
3. **Булнаев И.Б.** Экспериментальные исследования влияния колебаний колонкового снаряда на интенсивность разрушения керна. // Известия вузов. Геология и разведка. – 1969. – №1. – С.120-127.
4. **Меламед Ю.А., Соколинский В.Б.** Исследование отбора керна при различных динамических нагрузках. // Разведка и охрана недр. – 1976. – №12. – С.30-34.
5. **Попов Л.И., Пронюшкин В.Д., Марков Ю.А.** Исследование геологической достоверности проб при морском бурении. // Известия вузов. Геология и разведка. – 1975. – №11. – с.109-114.
6. **Ребрик Б.М.** Ударное бурение грунтов. - М.: Недра, 1976. – 232 с.
7. **Флорин В.А.** Основы механики грунтов. Т 1.– Л., М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. – 358 с.
8. **Рязанов А.Н.** Разработка забивного пробоотборника для бурения инженерно-геологических скважин на континентальном шельфе.– Дис.... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1999. – 160 с.

УДК 622.24.08

**РЯЗАНОВ А.Н., РУСАНОВ В.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ РАЗРУШЕНИЯ  
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ МОНОЛИТА, ОТБИРАЕМОГО ЗАБИВНЫМ СПОСОБОМ**

Статья посвящена решению проблемы получения ненарушенной пробы грунта, отбираемого забивным способом. Получены аналитические зависимости по определению глубины разрушения верхней части пробы под действием гидроударного давления в керномриемнике. Даны рекомендации для различных видов грунтов.