

УДК 624.131.37:624.131.43

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ДИЛАТАНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ СДВИГЕ**

**Уласик Т.М.**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

В статье излагается скорректированная методика определения параметров прочности несвязных грунтов при интерпретации испытаний на сдвиг дилатирующих грунтов. Скорректированная методика определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге позволяет уточнить значения  $\varphi$ ,  $\text{tg}\varphi$ , которые обеспечат достоверные значения несущей способности оснований фундаментов.

In article the corrected procedure of definition of parameters of strength inconsistent soils is stated at interpretation of tests for shift dilatancy soils. The method of definition of parameters of durability inconsistent grounds at contact shear allows specifying values  $\varphi$ ,  $\text{tg}\varphi$  which will provide authentic values of bearing ability of the bases of the bases.

Испытания грунтов на срез (сдвиг) предполагают определенные условия, при которых сдвиговые или срезные приборы работают на основе моделей, позволяющих оценить состояние грунта, как начальное напряженное состояние, так и в предельном равновесии.

На основании проведенных автором исследований [1, 2] с использованием дилатометрического прибора ДПКС [3], предлагается

дополнить существующие методики (согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 12248 – 96 «Грунты Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости») [4] следующими уточнениями:

1. Для определения сопротивления грунта срезу с учетом дилатансии нормальное и сдвигающее давления на образец передаются посредством винтового домкрата и тарируемого динамометрического устройства. В ходе испытаний при передаче касательной нагрузки фиксируется ее значение и изменение нормального давления нормальное давление за счет дилатантной составляющей по показаниям соответствующего динамометрического устройства.

Механизмы для вертикального нагружения образца и сдвигающего усилия – упругая связь (например, тарируемые динамометры и винтовые домкраты).

2. После передачи на образец грунта нормальной и сдвигающей нагрузок фиксируют их изменения на каждой из ступеней нагружения. При непрерывно возрастающей касательной нагрузке также фиксируют изменения нормального давления и сдвигающего сопротивления за счет дилатансии и контракции вплоть до окончания испытания.

4. Журнал испытаний дополняется графами «дилатантная составляющая напряжения  $\Delta\sigma_d$ , МПа», «дилатантное перемещение  $\delta_d$ , мм», «дилатантная составляющая среза  $\tau_d$ , МПа», «сдвиговое перемещение  $S$ , мм».

5. Угол внутреннего трения несвязных грунтов  $\varphi$  определяется как параметр линейной зависимости

$$\tau = (\sigma + \Delta\sigma_d) \operatorname{tg}\varphi, \quad (1)$$

или

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi + \Delta\sigma_d \operatorname{tg}\varphi, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – начальное нормальное напряжение, МПа;  $\Delta\sigma_d$  – дилатантная составляющая напряжения, МПа;  $\tau_d = \Delta\sigma_d \operatorname{tg}\varphi$  – дилатантная составляющая сдвига, МПа.

При наличии в песках глинистых фракций получаем зависимость

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi + \Delta\sigma_d \operatorname{tg}\varphi + C, \quad (3)$$

где  $C$  – значение удельного зацепления (кажущееся сцепление) связного (глинистого) грунта, МПа.

Параметры прочности несвязных грунтов могут определяться испытаниями на дилатометрическом приборе (например, на дилатометрическом приборе контактного сдвига – ДПКС, рис. 1). Параметры жесткости грунтового массива в испытаниях моделируется с помощью соответствующих жесткостных показателей динамометрического устройства для создания начального нормального давления в виде коэффициентов упругого отпора.

Скорректированная методика распространяется на несвязные грунты (осадочные нецементированные горные породы) и устанавливает порядок определения уточненных параметров прочности при контактном сдвиге применительно к расчету несущей способности оснований фундаментов.



Рис. 1. Общий вид дилатометрического прибора контактного сдвига

Испытание несвязных грунтов проводят при различных значениях коэффициента упругого отпора  $K$  для условий «стесненного» сдвига. Нормальное давление на соответствующей ступени нагру-

жения при этом прикладывается постоянным, но изменяется соизмеримо ему за счет распора от дилатантной составляющей.

На рис. 2 показана схема ДПКС. Для условий традиционной методики испытаний, начальное нормальное давление на соответствующей ступени нагружения поддерживается постоянным. Допускается определение параметров прочности несвязных грунтов с использованием стандартных сдвиговых приборов при условии их дооборудования приспособлениями, позволяющими фиксировать изменение нормального давления или имеющих такие приспособления (ВСВ-25).

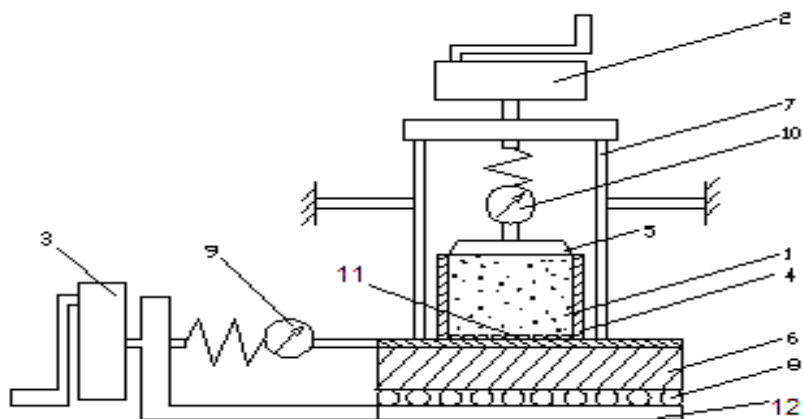


Рис. 2. Схема дилатометрического прибора контактного сдвига:

- 1 – образец несвязного грунта; 2 – устройство для передачи вертикального давления и моделирования грунтового массива; 3– устройство для передачи сдвигающего усилия; 4– металлическая обойма; 5 – штамп; 6 – подвижная каретка;
- 7 – неподвижная верхняя часть прибора; 8 – роликовые опоры;
- 9, 10 – тарировочные динамометры с индикаторами часового типа;
- 11 – пластина с наклеенными зёрнами грунта; 12 – станина

Допускается определение параметров прочности несвязных грунтов с помощью других дилатометрических приборов.

*Последовательность определения параметров прочности несвязных грунтов:*

1. В срезную коробку ДПКС помещается несвязный грунт, на нижнюю неподвижную пластину прибора предварительно наклеиваются зерна испытываемого грунта.

2. Микрометрическими винтами создается зазор подвижной части прибора над неподвижной, составляющий не менее (2-3)  $d_{50}$  диаметра крупных частиц грунта.

3. Винтовым домкратом через динамометр создается начальное нормальное давление, далее верхним винтовым домкратом через динамометр создается нормальное давление, превышающее начальное значение на 5–10 % и затем устанавливается исходное значение начального нормального давления.

4. К каретке прибора прикладывается сдвигающее усилие. Первый способ – ступенчатое, возрастающее с фиксацией стабилизированных перемещений, приложение нагрузки, вплоть до непрерывных незатухающих сдвигов. Второй способ – с постоянной скоростью сдвига, также вплоть до непрерывных незатухающих сдвигов.

5. По мере приложения сдвигающего усилия фиксируются мобилизованное значение сопротивления сдвигу, приращение нормального давления за счет дилатантного распора и перемещение каретки прибора. При первом способе этом учитывается затухание сдвигающих за счет промежуточных ступеней и выявляется пиковое значение; во втором случае за счет постоянной скорости сдвига фиксируются изменения сдвиговых напряжений с выявлением пикового и остаточного значений.

6. Результаты испытаний заносят в журнал, а по их результатам определяются  $\Delta\sigma_d$ ,  $\text{tg}\varphi$ ,  $\tau_d$ ,  $\delta_d$ .

7. Сдвигающие напряжения вычисляются по формуле, соответствующей условиям стеснения объемных деформаций:

$$\tau_u = \sigma_{no} \text{tg}\varphi + \Delta\sigma_d \text{tg}\varphi + C. \quad (4)$$

Для случая испытаний, соответствующих традиционной методике, сдвигающее напряжение определяется по формуле:

$$\tau_u = \sigma_{no} \text{tg}\varphi + C. \quad (5)$$

Это соответствует свободной дилатансии или условиям отсутствия стеснения объемных деформаций. Сдвигающее усилие  $T$ ,

прикладываемое в ходе испытания к образцу несвязного грунта, будет вызывать реакцию со стороны моделируемого грунтового массива, которая вызовет упругие деформации при дилатансии и остаточные при контракции, в зависимости от его исходного состояния.

Оптимальная влажность образца должна соответствовать 3–5 % на момент испытания. Перед началом испытаний обязательно определяются исходные физические характеристики несвязного грунта: влажность  $W$ , плотность  $\rho$  и начальный коэффициент пористости  $e_0$ . Испытания проводят при различных исходных значениях  $e_0$  и для различных значений коэффициента упругого отпора  $K$  с использованием динамометров. Для испытаний по методу свободного дилатирования несвязного грунта порядок подготовки грунта к испытанию такой же, как и при стеснении объемных деформаций.

По результатам испытаний строят графики зависимостей дилатантных составляющих сдвига, дилатантных напряжений и дилатантных перемещений от коэффициента упругого отпора  $K$ , графики зависимости дилатантных напряжений, дилатантных перемещений в зависимости от начального коэффициента пористости  $e_0$ , а также графики изменения угла внутреннего трения при изменении параметров моделируемого массива. Для несвязного грунта график  $\tau_u = f(\sigma_{no})$  с учетом дилатансии приобретает вид  $\tau_u = \tau_d + \sigma_{no} \operatorname{tg} \varphi$ .

Для предлагаемой нами скорректированной методики оформлено Обоснование необходимости включения в план стандартизации Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2012 год СТБ под названием «Метод определения параметров прочности несвязных грунтов при контактном сдвиге».

Следует отметить, что нами предлагается к использованию в лабораторных условиях впервые разработанная скорректированная методика определения параметров прочности несвязных дилатирующих грунтов при контактном сдвиге. Очевидно, что результаты подобных испытаний применимы к расчетам оснований фундаментов по первой группе предельных состояний. Эта методика позволяет уточнить значения  $\varphi$ ,  $\operatorname{tg} \varphi$  и тем самым обеспечить получение достоверных значений несущей способности оснований фундаментов. Впервые предлагается дополнить схему плоского среза упругой связью, моделирующей процесс деформирования основания.

Интерпретация лабораторных испытаний по предлагаемой методике базируется на уточнении условий прочности Кулона-Мора с учетом влияния дилатансии.

## **Литература**

1. Уласик, Т.М. Несущая способность свайных фундаментов с учетом скорректированного значения расчетного сопротивления на боковой поверхности / Т.М. Уласик // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Строительство. Прикладные науки. – 2010. – № 12. – С. 82–86.

2. Уласик, Т.М. Особенности проявления дилатансии в прочностных испытаниях несвязных грунтов / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сборник науч. трудов XVI Междунар. научн.-методич. межвуз. семинара, Брест, 28-30 мая 2009 г. : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А.А. Борисевич [и др.]. – Брест, 2009. – Ч. 2. – С. 244–248.

3. Соболевский, Д.Ю. Прочность и несущая способность дилатирующего грунта / Д.Ю. Соболевский. – Минск : Навука і тэхніка, 1994. – 232 с.

4. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости : ГОСТ 20276–99. – Введ. 13.07.2000. – Минск : Межгос. науч.-технич. комиссия по стандартизации, технич. нормированию и сертификации в строительстве : НИИОСП им. Герсеванова, 2001. – 56 с.