

НАО «Карагандинский технический университет
имени Абылкаса Сагинова»

Курс лекций
по дисциплине:

**«Основы геотехнического
проектирования по Еврокоду»
для магистрантов
ОП 7М07302 - «Строительство »
«Архитектурно-строительный факультет»
Кафедра «Строительные материалы и
технологии»**



**Автор:
К.Т.Н.,
профессор Рахимов М.А.**

Характеристики физических свойств грунтов.

Лекция № 2

План занятия:

- Цели и задачи геотехнического проектирования;
- Требования, предъявляемые к геотехническому проектированию;
- Расчетные ситуации для фундаментов и их долговечность.
- Геотехнический расчет и проектирование.
- Воздействия и их характеристические, репрезентативные и расчетные величины.
- Свойства грунтов основания.

Цель занятия

- ✓ Изучить основы геотехнического проектирования с учетом требований Еврокодов.
- ✓ Рассмотреть условия предельных состояний.
- ✓ Изучить категории геотехнических изысканий.
- ✓ Научиться рассчитывать нагрузки для различных типов грунтов.
- ✓ Анализ воздействия сил на характеристические, репрезентативные и расчетные величины.

Для установления минимальных требований к объему и содержанию геотехнических изысканий, расчетов и контрольных проверок при строительстве, необходимо определить сложность каждого геотехнического проекта и сопутствующие риски.

Для назначения требований к геотехническому проекту вводятся три геотехнические категории: 1, 2 и 3.

Геотехническую категорию сооружения обычно назначают до проведения геотехнических изысканий.

Геотехническая категория 1 включает только небольшие, относительно простые и малые сооружения.

Геотехническая категория 2 включает обычные типы сооружений и оснований фундаментов.

Геотехническая категория 3 включает правила и положения, для объектов исключительных по размерам или сложности

Геотехническая категория 1 включает только небольшие, относительно простые и малые сооружения:

- для которых базовые требования могут быть выполнены на основе опыта и качественных геотехнических изысканий;
- при незначительном риске.

Геотехническая категория 2 включает обычные типы сооружений и оснований фундаментов:

- фундаменты на естественном основании;
- сплошные фундаментные плиты;
- свайные фундаменты;
- стены и другие сооружения, подпорные и удерживающие грунт или воду;
- земляные выемки;
- мостовые опоры или устои;
- насыпи и земляные сооружения;
- грунтовые анкеры и другие системы креплений;
- тоннели в твердой скальной породе без трещин или не требующие выполнения особой гидроизоляции и других условий.

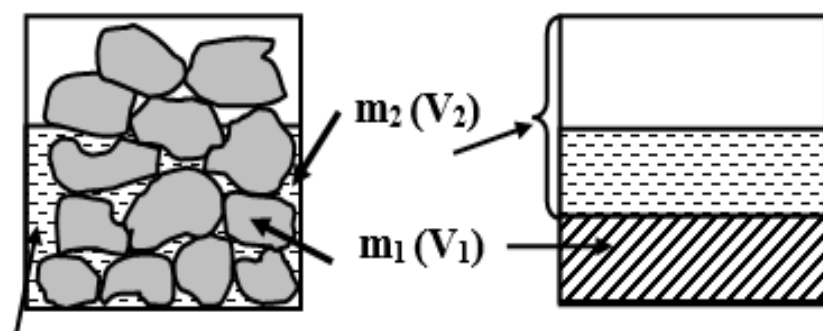
Геотехническая категория 3 включает:

- очень большие необычные сооружения;
- сооружения, связанные с необычным риском;
- сооружения в районах с высокой сейсмичностью;
- сооружения в районах с возможной неустойчивостью площадки.

Характеристики физических свойств грунтов

Для оценки строительных свойств грунтов пользуются рядом его характеристик.

Изобразим схему 1 см³ грунта (3-фазная система).



H₂O

m_1 – масса твердых частиц грунта

V_1 – объем твердых частиц грунта

m_2 – масса воды в порах (массу воздуха не учитываем)

V_2 – объем пустот (заполненных водой и воздухом)

I^{ая} группа характеристик (определяемая опытным путем)

1 **Плотность грунта ненарушенной (естественной) структуры**

$$\rho = \frac{\text{масса}}{\text{объем}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \text{ (т/м}^3\text{)}$$

Удельный вес грунта

$$\gamma = \rho \cdot q \text{ (кН/м}^3\text{)}$$

[15...22 кН/м³]

2 **Плотность твердых частиц грунта**

$$\rho_s = \frac{\text{масса минер. част.}}{\text{объем минер. част.}}$$

$$= \frac{m_1}{V_1} \text{ (т/м}^3\text{)}$$

Удельный вес твердых частиц

$$\gamma_s = \rho_s \cdot q \text{ (кН/м}^3\text{)}$$

[25...28 кН/м³]

3 **Весовая влажность грунта**

$$W = \frac{\text{масса воды}}{\text{масса минер. частиц}} = \frac{m_2}{m_1} \% \text{ (изменяется в широких}$$

пределах и особенно важна для глинистых грунтов)

II^{ая} группа характеристик (определяемая расчетами)

1

Плотность сухого грунта

$$\rho_c = \frac{\text{масса минер. частиц}}{\text{объем грунта}} =$$
$$= \frac{m_1}{V_1 + V_2} \text{ (т/м}^3\text{)}$$

**Удельный вес
сухого грунта**

$$\gamma_c = \rho_c \cdot q \text{ (кН/м}^3\text{)}$$

[10...19 кН/м³]

$$W = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho - \rho_c}{\rho_c}; \text{ отсюда } \underline{(1)}$$

$$\rho_c = \frac{\rho}{1 + W}$$

2

Пористость грунта

$$\Pi = \frac{\text{объем пор}}{\text{весь объем}} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \cdot 100\%$$

$$\mathbf{m + n = 1}$$

Если обозначить:

n- объем пор в единице объема грунта;
m- объем твердых частиц в единице объема грунта

3 Коэффициент пористости грунта

$$e = \frac{n}{m} \quad \underline{(0,5 \dots 1)}$$

Для слабых грунтов может быть
и больше (до 12 – в торфах)

$$m = \frac{\rho_c}{\rho_s} \text{ тогда}$$

$$e = \frac{1-m}{m} = \frac{1-\frac{\rho_c}{\rho_s}}{\frac{\rho_c}{\rho_s}} = \frac{\rho_s - \rho_c}{\rho_c}$$

$$e = \frac{\rho_s - \rho_c}{\rho_c} \quad \underline{(2)}$$

$$e = \frac{n}{m} = \frac{n}{1-n};$$

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \underline{(3)}$$

$$m = \frac{1}{1+e} \quad \underline{(4)}$$

Характеристики физического состояния грунтов.

1. Коэффициент водонасыщения грунта (степень влажности).

$$G = \frac{\text{природная влажность}}{\text{влажн при полном заполнении пор водой}} = \frac{W}{W_0(\text{полная влагоемкость})}$$

W_0 – влажность, при которой все поры заполнены водой

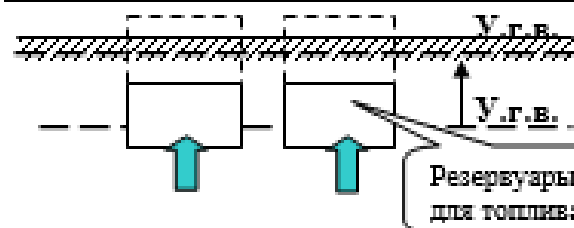
$$W_0 = \frac{\text{масса воды в об. пор}}{\text{масса тв. частиц}} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{n \cdot \rho_w}{n \cdot \rho_s} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s}$$

$$\boxed{W_0 = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s}} \quad (5) \quad W_0 = \frac{e}{\rho_s} \quad \boxed{e = W_0 \cdot \rho_s} \quad (6) \quad \boxed{G = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}} \quad (7)$$

$$0 \leq G \leq 1$$

при $G = 0$	} $2^{\text{х}}$ фазная система	Для песчаных грунтов, согласно СНиП 2.02.01-83*
$G = 1$		
$0 \leq G \leq 1 \rightarrow$	$3^{\text{х}}$ фазная система	$G \leq 0,5$ – маловлажные $0,5 < G \leq 0,8$ – влажные $0,8 < G \leq 1$ – насыщенные

Если грунт находится в природном состоянии ниже уровня грунтовых вод, то на него будет действовать взвешивающее действие воды (H_2O).



Выталкивающая сила (по закону Архимеда)

Взвешивающие действия будут испытывать частицы грунта

$(\gamma_s - \gamma_w)$ – вес твердых частиц

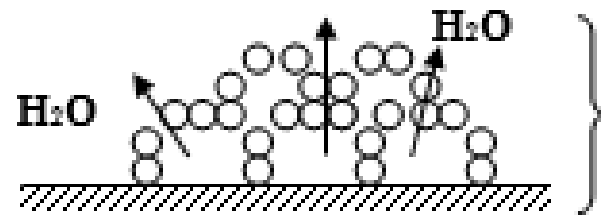
$$\gamma_0^{\text{взв}} = (\gamma_s - \gamma_w)(n - 1)$$

$$\gamma_0^{\text{взв}} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (8)$$

Удельный вес воды

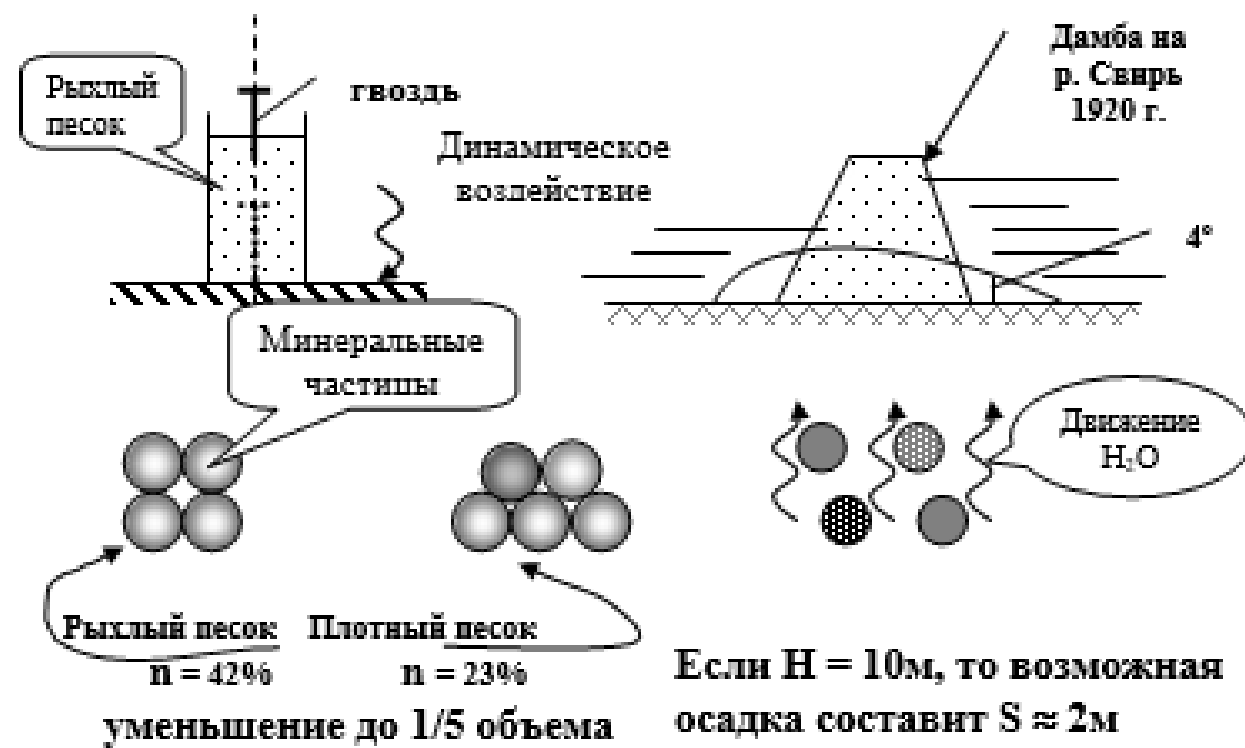
2. Плотность.

Для песчаных грунтов плотность имеет первостепенное значение при оценке их свойств как оснований для сооружения.



Отложение песка в H_2O , грунт находится в рыхлом состоянии.

СНиП запрещает строить сооружения на рыхлом грунте. Такие грунты воспринимают довольно большую статистическую нагрузку, но при динамических нагрузках они теряют свою структуру (в водонасыщенном состоянии) и грунт переходит в суспензию (плывунное состояние).



Как определить состояние грунта по плотности?

$$D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

(9)

Коэффициент относительной плотности (индекс плотности)

e_{\max} – коэффициент пористости грунта в max рыхлом его состоянии

e_{\min} – коэффициент пористости грунтов в min рыхлом его состоянии

e – коэффициент пористости грунтов в естественном состоянии

Если

$0 \leq D \leq 1/3$ – рыхлое состояние	} $R \approx 0$ (строить нельзя)
$1/3 \leq D < 2/3$ – средняя плотность	
$2/3 < D \leq 1$ – плотное состояние	

$R \approx 0,25$ МПа

$R \approx 0,5$ МПа

В полевых условиях плотность грунтов часто определяют методом зондирования (пенетрации).

3. Критерием физического состояния глинистых грунтов является (J_p ; J_L) (обозначения по СНиП 2.02.01 – 83*)

число пластичности - J_p

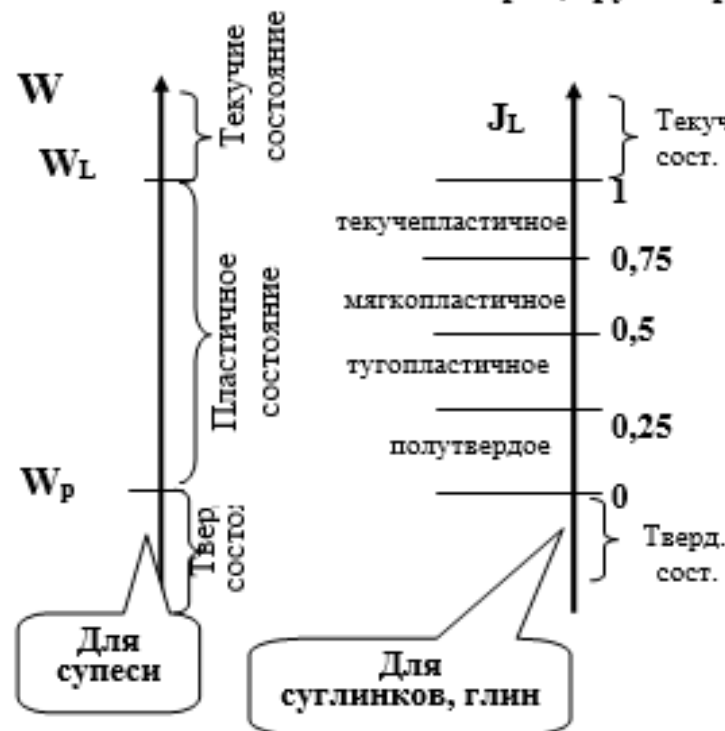
$$J_p = W_L - W_p \quad (10)$$

показатель текучести - J_L

$$J_L = (W - W_p) / (W_L - W_p) \quad (11)$$

W_L - граница текучести соответствует такой влажности, при незначительном увеличении которой, грунт переходит в текучее состояние.

W_p - граница раскатывания соответствует такой влажности, при незначительном уменьшении которой, грунт переходит в твердое состояние.



По величине e и J_L в СНиП приводятся величины расчетного сопротивления грунтов, т.е. оцениваются их прочностные свойства, необходимые для возведения сооружения.

Практическое применение:

От J_L - зависит расчетное сопротивление грунта нагрузкам R (см. табл. СНиП 2.02.01-83*)

$J_L < 0$	}	$R \approx 4 \text{ кг/см}^2 = 0,4 \text{ МПа}$
$0 < J_L < 1$		$R \approx 0,2 \text{ МПа}$
$J_L > 1$		$R \approx 0$ (строить практически невозможно)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физические свойства грунтов играют ключевую роль в оценке их пригодности для строительства и эксплуатации сооружений. Знание таких параметров, как влажность, плотность, пористость и пластичность, позволяет инженерам прогнозировать поведение грунтов при различных нагрузках и условиях. Изучение этих характеристик является основой для правильного проектирования фундаментов, земляных сооружений и инженерных коммуникаций. Практическое определение свойств грунтов обеспечивает надежность и безопасность строительных процессов. Таким образом, понимание физических свойств грунтов является важным этапом подготовки специалистов в области строительства и геотехники.

Темы для выполнения СРО:

1. Определить методы измерения влажности грунта и сравнить их точность.
2. Рассчитать плотность и коэффициент пористости для заданных образцов грунта.
3. Проанализировать пластичность глинистых грунтов и её влияние на строительные свойства.
4. Сравнить физические характеристики грунтов с разным минеральным составом.
5. Изучить современные приборы и методики для определения физических свойств грунтов.

Список рекомендуемой литературы

1. Бартолини Ф., Бургойнь Ж., Шукарев В. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Руководство по применению. — М.: АСВ, 2015. — 412 с.
2. Bond A., Harris A. Decoding Eurocode 7. — CRC Press, 2008. — 608 p.
3. Frank R., Bauduin C., Driscoll R., Kavvadas M., Krebs Ovesen N., Orr T., Schuppener B. Designer's Guide to Eurocode 7: Geotechnical Design. — ICE Publishing, 2004. — 216 p.
4. Orr T., Farrell E. Geotechnical Design to Eurocode 7. — Springer, 2012. — 410 p.
5. Бондаренко В.М., Шахраманьян М.А. Основы геотехники: Учебное пособие. — М.: АСВ, 2014. — 368 с.

Список дополнительной литературы

1. Knappett J., Craig R. Craig's Soil Mechanics. — CRC Press, 2019. — 608 p.
2. Smith I., Griffiths D. Programming the Finite Element Method for Geotechnical Applications. — Wiley, 2014. — 472 p.
3. Буров А.Ю., Дьяконов В.М. Инженерная геотехника: основы и практика проектирования. — СПб.: Питер, 2018. — 350 с.
4. Воробьев А.В., Куликов В.А. Проектирование оснований и фундаментов по Еврокоду 7. — М.: Инфра-М, 2019. — 290 с.
5. Хенли У., Фелисити У. Практическое применение Еврокода 7 в геотехническом проектировании. — Лондон: Thomas Telford, 2016. — 275 p.