

Федеральное агентство по образованию
Томский государственный архитектурно-строительный университет

**ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ
ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ**

Методические указания

Составители: А.И. Полищук,
Е.Ю. Пчелинцева

Томск
27

Томск - 2010

Оценка грунтовых условий площадки строительства для проектирования фундаментов зданий: методические указания / Сост. А.И. Полищук, Е.Ю. Пчелинцева. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 42 с.

Рецензент к.т.н., доцент В.В. Фурсов
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания разработаны для студентов строительного, инженерно-экологического, дорожно-строительного, механического, заочного факультетов. Предназначены для выполнения контрольных и курсовых работ, курсовых и дипломных проектов (работ) по дисциплинам: «Механика грунтов», «Основания и фундаменты», «Расчет и усиление фундаментов».

Печатаются по решению методического семинара кафедры оснований, фундаментов и испытаний сооружений, протокол № 2 от 15.11.2009 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.В. Дзюбо

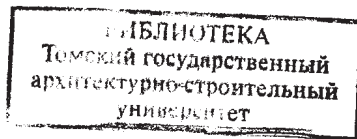
с 22.03.2010
до 22.03.2015

Подписано в печать «22» 03 2010.
Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 2,31. Тираж 150 экз. Заказ № 151

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Основные понятия и определения.....	5
2. Строительная классификация грунтов.....	8
2.1. Физические характеристики и показатели грунтов....	8
2.2. Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов.....	14
2.3. Классификация глинистых грунтов.....	16
2.4. Механические характеристики грунтов.....	19
2.5. Связь физических и механических характеристик грунтов	21
3. Оценка грунтовых условий площадки строительства	24
Список рекомендуемой литературы.....	42



ВВЕДЕНИЕ

Нормальная эксплуатация здания (сооружения) зависит не только от его конструктивных особенностей, но и от свойств грунтов основания, их поведения под нагрузкой. Неправильная оценка строительных свойств грунтов может привести к значительным деформациям фундаментов здания. Следовательно, здание (сооружение) и основание неразрывно связаны между собой, взаимно влияют друг на друга и должны рассматриваться как единая система.

Инженер-строитель должен хорошо понимать, что представляют собой грунты основания и как определяются их свойства. Для этого производится оценка грунтовых условий площадок строительства.

Под оценкой грунтовых условий площадки строительства понимается изучение результатов исследований свойств грунтов и выявление возможности их использования в качестве основания фундаментов здания или сооружения.

Стоимость работ по устройству фундаментов обычно составляет 5–15 % от стоимости здания, а при сложных грунтовых условиях она может достигать 2–25 %. Таким образом, правильное проектирование фундаментов позволяет снизить стоимость возводимого здания (сооружения) [1, 7, 8, 12].

В настоящих методических указаниях рассматриваются вопросы оценки грунтовых условий для нового строительства зданий (сооружений). Для условий реконструкции зданий (сооружений) вопросы оценки грунтовых условий не рассматриваются.

В методических указаниях кратко изложены справочные данные, которые необходимы для проектирования фундаментов, а также указаны источники, где можно более подробно с

ними ознакомиться. Все значения характеристик грунтов даны как в международной системе единиц (СИ), так и в единицах технической системы (СГС). Обозначения и термины приводятся в соответствии с действующими стандартами [2, 3, 4] и нормативными документами [5, 6].

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Грунты – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека [2].

Различают *скальные (полускальные)* и *дисперсные (нескальные)* грунты.

Скальные (полускальные) грунты – это массивные горные породы с жесткими связями между частицами грунта, залегающие в виде сплошного или трещинообразного массива и имеющие значительную прочность на одноосное сжатие. ($R_c \geq 5$ МПа – скальные грунты, $R_c < 5$ МПа – полускальные грунты).

Скальные грунты подразделяются на грунты очень прочные ($R_c > 120$ МПа), прочные ($120 \geq R_c > 50$ МПа), средней прочности ($50 \geq R_c > 15$ МПа), малопрочные ($15 \geq R_c \geq 5$ МПа); *полускальные* подразделяются – пониженной прочности ($5 > R_c \geq 3$ МПа), низкой прочности ($3 > R_c \geq 1$ МПа), весьма низкой прочности ($R_c < 1$ МПа) [2].

Дисперсные (нескальные) грунты представляют собой толщу горных пород, состоящую из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера. Прочность связей между частицами во много раз меньше прочности самих минеральных час-

тиц. Дисперсные грунты подразделяются на *связные* и *несвязные*.

К связным грунтам относят глинистые грунты, илы, сапропели, торфы и др. К несвязным – крупнообломочные грунты и пески.

В настоящих методических указаниях рассматриваются в основном глинистые, крупнообломочные и песчаные грунты.

Глинистые грунты – связные минеральные грунты, для которых число пластичности $I_p \geq 1$ [2].

Крупнообломочные грунты – несвязные минеральные грунты, в которых масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50 % [2].

Песчаные грунты (пески) – несвязные минеральные грунты, в которых масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 % ($I_p=0$) [2].

Совокупность рассматриваемых грунтов можно представить в виде обобщенной блок-схемы (рис. 1.1).

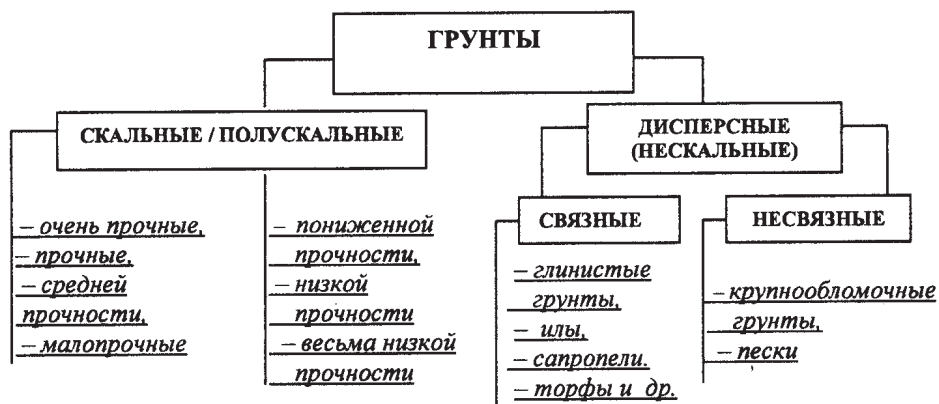


Рис. 1.1. Обобщенная блок-схема скальных (полускальных) и дисперсных (нескальных) грунтов

Среди дисперсных (нескальных) грунтов выделяют *структурно-неустойчивые грунты*. *Структурно-неустойчивыми* называют грунты, обладающие способностью к резкому снижению прочности структурных связей между частицами при некоторых воздействиях (нагревании, увлажнении, оттаивании, быстром нагружении или вибрационном воздействии и др.) [7, 8]. К таким грунтам относятся: лессовые просадочные и набухающие грунты, морские и пресноводные илы, засоленные грунты, заторфованные грунты, мерзлые грунты и др. [9].

Грунты поверхностной части земной коры (в пределах глубины до 15–20 м) обычно являются *основанием* для зданий (сооружений).

Основание – это напластование грунтов, воспринимающее давление (нагрузку) от здания (сооружения) [10]. Основание может быть *естественным* и *искусственным* (улучшенным).

Естественное основание – обычный природный грунт, используемый как опора фундаментов, без предварительной подготовки [10].

Искусственное основание – преобразованный либо замененный грунт, используемый как опора фундаментов.

Фундамент – конструкция, обычно подземная или подводная, передающая нагрузки от здания (сооружения) на основание [10].

Для оценки грунтовых условий необходимо иметь материалы инженерно-геологических, инженерно-геодезических и других изысканий (например, инженерно-экологических, инженерно-геотехнических). В общем случае, результаты изысканий должны содержать сведения о местоположении района строительства, его климатических и сейсмических условиях, инженерно-геологическом строении и литологическом составе толщи грунтов, а также о наблюдаемых неблагоприятных факторах (наличие просадочности грунтов, оползневых склонов на строительной площадке и др.). На топографическом плане указыва-

ются геологические выработки (скважины, шурфы); даются также геолого-литологические разрезы и профили с указанием абсолютных отметок, сведения о мощности отдельных пластов грунта. Результаты изысканий представляют в виде отчетов (заключений), и они должны содержать все необходимые данные о физико-механических свойствах грунтов основания. Особое внимание следует обращать на гидрологические условия строительства, на установившийся уровень подземных вод и на причины, которые могут вызвать его колебание. В отчете или заключении приводятся данные о сезонном промерзании грунтов.

В настоящих методических указаниях оценка грунтовых условий производится для площадок строительства, сложенных природными дисперсными (нескальными) грунтами: песчаными и глинистыми [2,7].

2. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

Полная классификация грунтов приведена в ГОСТ 25100-95 [2]. Ниже дается упрощенная классификация грунтов, которые часто используются в практике инженерно-геологических изысканий для проектирования промышленного и гражданского строительства.

2.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ГРУНТОВ

Физические характеристики – это совокупность характеристик, с помощью которых грунт оценивается как физическое тело. Разнообразие состава, строения и состояния грунтов делает неизбежным введение значительного числа таких характеристик. Некоторые из них непосредственно применяются в

расчетах оснований и грунтовых сооружений. Физические характеристики подразделяются на *основные* и *дополнительные*.

К *основным* физическим характеристикам относят:

1. *Плотность грунта* ρ (г/см^3 , т/м^3) – отношение массы грунта (включая массу воды в порах) к занимаемому этим грунтом объему [11]. Наиболее вероятные пределы измерения ρ для проектирования фундаментов зданий: $\rho = 1,65 \dots 2,1 \text{ г/см}^3$ (т/м^3).

2. *Плотность частиц грунта* ρ_s (г/см^3 , т/м^3) – отношение массы твердых частиц грунта (абсолютно сухого грунта) к их объему. Эта характеристика зависит только от минерального состава. Для одного и того же грунта эта характеристика – практически постоянная величина [7]. Наиболее вероятные пределы измерения ρ_s составляют $\rho_s = 2,65 \dots 2,75 \text{ г/см}^3$ (т/м^3).

3. *Влажность грунта* W (% , д. е.) – отношение массы воды к массе твердых частиц грунта (абсолютно сухого грунта) [7]. Наиболее вероятные пределы измерения W для проектирования фундаментов зданий составляют $W = 5 \dots 50\%$ (0,05...0,5 д.е.).

Приведенные выше *основные физические характеристики* (ρ , ρ_s , W) определяются экспериментально [3].

К *дополнительным* физическим характеристикам грунтов относятся:

4. *Плотность сухого грунта* ρ_d (*плотность скелета грунта*) (г/см^3 , т/м^3) – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему (включая имеющиеся в этом грунте поры) (г/см^3 , т/м^3) [11].

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad (2.1)$$

где ρ – плотность грунта г/см^3 ; W – влажность грунта, д. е.

Этот показатель используется для косвенной оценки плотности сложения песчаных и плотности глинистых грунтов и изменяется чаще в пределах $\rho_d = 1,15 \dots 1,8 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$.

5. Коэффициент пористости e – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта [1,7].

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (2.2)$$

где ρ_s – плотность частиц грунта г/см^3 ; ρ_d – то же, что и в формуле (2.1).

Параметр e характеризует плотность сложения песчаных грунтов и изменяется в пределах $e = 0,5 \dots 1,0$.

6. Коэффициент водонасыщения S_r (степень влажности) – характеризует степень заполнения пор грунта водой [2].

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e}, \quad (2.3)$$

где ρ_s , W , e – обозначения те же, что и в формулах (2.1), (2.2); ρ_w – плотность воды, принимаемая равной $1,0 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$.

Этот показатель используется для классификации *крупно-обломочных и песчаных грунтов* и изменяется в пределах $S_r = 0 \dots 1,0$.

Кроме рассмотренных выше физических характеристик (*основных и дополнительных*), для оценки грунтов используется целый ряд показателей, которые называют классификационными показателями грунтов.

Классификационные показатели – это совокупность характеристик, с помощью которых осуществляется классифика-

ция дисперсных грунтов. К ним относятся следующие показатели:

1. **Число пластичности** I_p (% , д. е.) – разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта: на границе текучести W_L и на границе раскатывания W_p [2].

$$I_p = W_L - W_p, \quad (2.4)$$

где W_L – **влажность на границе текучести** – влажность, при увеличении которой глинистый грунт переходит из пластичного состояния в текучее, %, д. е.; W_p – **влажность на границе раскатывания** – это влажность, при уменьшении которой глинистый грунт переходит из пластичного состояния в твердое, %, д. е.

Значения W_L , W_p определяются экспериментально [3].

Показатель I_p определяется только для *глинистых грунтов*.

В общем случае под **пластичностью** понимают способность глинистых грунтов изменять свою форму (деформироваться) без разрыва сплошности.

2. **Показатель текучести** I_L (д. е.) – отношение разности влажностей, соответствующее двум состояниям грунта: естественному W и на границе раскатывания W_p , к числу пластичности I_p [2].

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (2.5)$$

где W , W_L , W_p – обозначения те же, что и в формулах (2.3), (2.4).

Показатель I_L определяется только для *глинистых грунтов*. Он характеризует состояние (консистенцию) глинистого грунта.

3. **Гранулометрический (зерновой) состав** – относительное содержание по массе отдельных фракций (частиц различной

крупности) по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта. Гранулометрический (зерновой) состав определяется экспериментально.

4. *Степень плотности песков I_d (плотность сложения)* определяется по формуле

$$I_d = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (2.6)$$

где e – обозначение то же, что и в формуле (2.2); e_{\max} – коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении; e_{\min} – коэффициент пористости в предельно-плотном сложении.

По показателю I_d пески подразделяют на слабоуплотненные, среднеуплотненные и сильноуплотненные.

При проектировании фундаментов для промышленного и гражданского строительства плотность сложения песка часто определяется в зависимости от коэффициента пористости e [7]. При таком подходе пески классифицируются на плотные, средней плотности и рыхлые (см. раздел 2.2).

Для отдельных расчетов оснований и земляных сооружений используют характеристики: *удельный вес грунта γ (кН/м³)*, *удельный вес частиц грунта γ_s (кН/м³)* и *удельный вес сухого грунта γ_d (кН/м³)*.

Расчетное значение удельного веса грунта γ определяется путем умножения плотности грунта ρ на ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$:

$$\gamma = \rho \cdot g. \quad (2.7)$$

Соответственно, расчетом устанавливаются *удельный вес частиц грунта* γ_s (кН/м^3) и *удельный вес сухого грунта* γ_d (кН/м^3).

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g. \quad (2.8)$$

$$\gamma_d = \rho_d \cdot g. \quad (2.9)$$

Если грунт находится ниже уровня подземных вод, то для него определяется *удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды* γ_{sw} .

$$\gamma_{sw} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (2.10)$$

где γ_s, e — обозначения те же, что и в формулах (2.2), (2.7); γ_{sw} — удельный вес воды, принимаемый равным 10 кН/м^3 .

Показатель γ_{sw} определяется для крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов (супесей и суглинков), которые не являются *водоупором*. *Водоупор* — слой грунта, не пропускающий воду.

Основные физические характеристики (ρ, ρ_s, W) и классификационные показатели ($W_L, W_p, \text{гранулометрический состав}$) обычно задаются в задании на выполнение курсового или дипломного проекта (работы), контрольной работы. Остальные характеристики физического состояния грунтов, необходимые для оценки грунтовых условий площадки строительства, устанавливаются расчетом.

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ И ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов проводится для выделения их разновидностей:

1. Наименование крупнообломочных и песчаных грунтов устанавливается по гранулометрическому составу (табл. 2.1) [2,11].

Таблица 2.1

**Разновидности крупнообломочных
и песчаных грунтов**

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц d , мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
– валунный (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	$d > 200$	> 50
– галечниковый (при неокатанных гранях – щебенистый)	$d > 10$	> 50
– гравийный (при неокатанных гранях – дресвяный)	$d > 2$	> 50
Пески:		
– гравелистые	$d > 2$	> 25
– крупные	$d > 0,50$	> 50
– средней крупности	$d > 0,25$	> 50
– мелкие	$d > 0,10$	≥ 75
– пылеватые	$d > 0,10$	< 75

Примечание. Для установления наименования грунта последовательно суммируются проценты частиц исследуемого грунта: **сначала** крупнее 200 мм, затем крупнее 10 мм, далее крупнее 2 мм и т. д. Наименования грунта принимаются по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.

2. По коэффициенту пористости e пески подразделяют согласно таблице 2.2. [2, 11].

Таблица 2.2

**Классификация песчаных грунтов
по коэффициенту пористости e**

Разновидность песков	Коэффициент пористости e		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотные	$e < 0,55$	$e < 0,6$	$e < 0,6$
Средней плотности	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$0,6 \leq e \leq 0,8$
Рыхлые	$e > 0,7$	$e > 0,75$	$e > 0,8$

3. По коэффициенту водонасыщения S_r крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно таблице 2.3 [1, 5].

Таблица 2.3

**Классификация крупнообломочных и песчаных
грунтов по коэффициенту водонасыщения S_r**

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , д. е
Малой степени водонасыщения (маловлажные)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Песчаные грунты, как и крупнообломочные, в большинстве случаев являются надежными основаниями. Пески гравелистые, крупные и средней крупности, имеющие плотную или среднюю плотность сложения, хорошо сопротивляются действию внешней нагрузки, претерпевая при этом незначительные деформации. Рыхлые пески слабо сопротивляются внешним нагрузкам, дают большие деформации (осадки). Обводнение гравелистых, крупных и мелких песков мало сказывается на их

прочности, а пылеватые пески могут снижать свою прочность при увеличении влажности.

2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Классификация глинистых грунтов проводится также для выделения их разновидностей:

1. Наименование глинистых грунтов устанавливается в зависимости от числа пластичности I_p . Различают следующие разновидности глинистых грунтов: *супеси, суглинки и глины* (табл. 2.4) [2, 11].

Таблица 2.4.

Разновидности глинистых грунтов

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

2. По гранулометрическому (зерновому) составу и числу пластичности I_p глинистые грунты подразделяют согласно табл. 2.5 [2, 11].

Таблица 2.5

Разновидность глинистых грунтов

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
<i>Супесь:</i>		
– песчанистая	1–7	≥ 50
– пылеватая	1–7	< 50

Окончание табл. 2.5

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
<i>Суглинок:</i>		
– легкий песчанистый	7–12	≥40
– легкий пылеватый	7–12	<40
– тяжелый песчанистый	12–17	≥40
– тяжелый пылеватый	12–17	<40
<i>Глина:</i>		
– легкая песчанистая	17– 27	≥40
– легкая пылеватая	17–27	<40
– тяжелая	>27	Не регламентируется

Примечание: Данные о гранулометрическом (зерновом) составе глинистых грунтов для их классификации используются в дорожном строительстве [13].

3. По показателю текучести I_L глинистые грунты подразделяют согласно табл. 2.6 [2, 11].

Таблица 2.6

**Классификация глинистых грунтов
по показателю текучести**

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести I_L , д. е
<i>Супесь:</i>	
– твердая	$I_L < 0$
– пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
– текучая	$I_L > 1$
<i>Суглинки, глины:</i>	
– твердые	$\overline{I_L} < 0$
– полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
– тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
– мягкопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
– текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,0$
– текучие	$I_L > 1$

Глинистые грунты могут обладать неблагоприятными свойствами, такими как *просадочность*, *набухаемость* и др.

Просадочными называют глинистые грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственного веса *при замачивании* (увеличении влажности) дают дополнительную осадку (*просадку*) [1].

К просадочным обычно относятся лессовые глинистые грунты с коэффициентом водонасыщения $S_r \leq 0,8$ и относительной деформацией просадочности $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ [1].

Для ориентировочных расчетов к просадочным относят грунты, у которых коэффициент водонасыщения $S_r \leq 0,8$ и коэффициент просадочности I_{ss} меньше значений, приведенных в табл. 2.7 [9].

Коэффициент просадочности I_{ss} определяется по следующей формуле:

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e}, \quad (2.11)$$

где e – коэффициент пористости естественно-влажного грунта, д. е.; e_L – коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести W_L , д. е.

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w}, \quad (2.12)$$

где W_L , ρ_s , ρ_w – обозначения те же, что и в формулах (2.1), (2.2), (2.3).

Таблица 2.7

Значения показателя $[I_{ss}]_{\text{табл}}$

Число пластичности, %	$1 \leq I_p \leq 10$	$10 < I_p \leq 14$	$14 < I_p \leq 22$
Коэффициент просадочности $[I_{ss}]_{\text{табл}}$	10	17	22

К *набухающим* относят глинистые грунты, способные при *увлажнении* или воздействии химических растворов увеличивать свой объем, а при снижении влажности возможен обратный процесс – уменьшение объема (*усадка*) [1].

К набухающим относятся глинистые грунты, для которых значение коэффициента просадочности I_{ss} равно или более 0,3 ($I_{ss} \geq 0,3$).

Глинистые грунты (супеси, суглинки, глины), не обладающие специфическими (неблагоприятными) свойствами являются надежными основаниями, если они находятся в твердом и полутвердом состоянии. Если же глинистые грунты находятся в мягкопластичном, текучепластичном или текучем состоянии, то надежность основания может быть обеспечена только после тщательной оценки их несущей способности. Глинистые грунты, обладающие специфическими свойствами (просадочностью, набухаемостью), требуют при строительстве специальных мероприятий, исключающих появление *неравномерных деформаций*.

2.4. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Для оценки сжимаемости, прочности, устойчивости и водопроницаемости оснований фундаментов необходимо иметь механические характеристики грунтов. Различают *деформационные, прочностные и фильтрационные* характеристики, которые составляют группу механических характеристик грунтов.

Деформационные характеристики – это характеристики грунтов, которые определяют их способность сопротивляться развитию осадок, горизонтальных смещений и др. К основным деформационным характеристикам грунтов относят: E – *модуль деформации, МПа*, m_0 – *коэффициент сжимаемости, МПа⁻¹*, m_0 – *коэффициент относительной сжимаемости, МПа⁻¹*.

Эти характеристики (E , m_0 , m_v) используются при расчете осадок фундаментов зданий и сооружений. Между характеристиками m_0 , E существует функциональная зависимость, которую можно записать в виде формулы

$$E = \beta \frac{1 + e}{m_0}, \quad (2.13)$$

где e – то же, что и в формуле (2.2); β – безразмерный коэффициент, зависящий от коэффициента Пуассона ν ($\beta = 0,74$ – для песков и супесей, $\beta = 0,62$ – для суглинков, $\beta = 0,4$ – для глин).

Прочностные характеристики – это характеристики грунтов, которые определяют способность грунта сопротивляться разрушению. Различают следующие прочностные характеристики: φ – *угол внутреннего трения*, град, C – *удельное сцепление грунта*, кПа. Эти характеристики устанавливаются экспериментально.

Фильтрационные характеристики – это характеристики, которые определяют процессы движения воды в грунтах и существенно влияют на их деформирование, разрушение. Фильтрационные характеристики зависят от скорости отжатия воды из пор [7]. Основной фильтрационной характеристикой грунта является k_f – *коэффициент фильтрации*, см/с.

Движение воды в грунтах может привести к развитию процессов, осложняющих строительство. Коэффициент фильтрации позволяет оценить скорость движения воды в грунте, её расход (например, приток воды в котлован) и необходимость устройства мероприятий по водопонижению.

Значения коэффициента фильтрации k_f определяются экспериментально и находятся в пределах, указанных в табл. 2.8 [7].

Таблица 2.8

Значения коэффициента фильтрации k_f для грунтов

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации, $k_f, \text{см/с}$
Пески	$a \cdot 10^{-1} \dots a \cdot 10^{-4}$
Супеси	$a \cdot 10^{-3} \dots a \cdot 10^{-6}$
Суглинки	$a \cdot 10^{-5} \dots a \cdot 10^{-8}$
Глины	$a \cdot 10^{-7} \dots a \cdot 10^{-10}$

Примечание: a – любое число от 1 до 9,9.

Механические характеристики грунтов зависят от их состава (минералогического и гранулометрического), физического состояния (плотности, влажности, температуры) и их структурных особенностей.

2.5. СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Механические характеристики грунтов устанавливаются экспериментально. В простейших случаях допускается определять значения прочностных и деформационных характеристик грунтов по данным об их физических свойствах [7].

Основываясь на обобщении огромного количества испытаний, СНиП 2.02.01–83* [5] допускает (при отсутствии необходимых данных) для предварительных расчетов оснований, а также для расчетов оснований сооружений II и III классов ответственности [5] определять нормативные значения модуля деформации E (МПа), угла внутреннего трения φ_n (град) и удельного сцепления C_n (МПа) по их физическим характеристикам. Ниже приводятся таблицы 2.9, 2.10 и 2.11 нормативных значений прочностных и деформационных характеристик некоторых разновидностей грунтов, приведенных в СНиП 2.02.01–83* [5].

Таблица 2.9

Нормативные значения удельного сцепления C_n , кПа (кгс/см²), угла внутреннего трения φ_n , град., и модуля деформации E , МПа (кгс/см²), песчаных грунтов четвертичных отложений (данные СНиП 2.02.01-83*)

Песчаные грунты	Обозначения характеристик	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	C_n	2 (0,02)	1 (0,01)	—	—
	φ_n	43	40	38	—
	E	50 (500)	40 (400)	30 (300)	—
Средней крупности	C_n	3 (0,03)	2 (0,02)	1 (0,01)	—
	φ_n	40	38	35	—
	E	50 (500)	40 (400)	30 (300)	—
Мелкие	C_n	6 (0,06)	4 (0,04)	2 (0,02)	—
	φ_n	38	36	32	28
	E	48 (480)	38 (380)	28 (280)	18 (180)
Пылеватые	C_n	8 (0,08)	6 (0,06)	4 (0,04)	2 (0,02)
	φ_n	36	34	30	26
	E	39 (390)	28 (280)	18 (180)	11 (110)

Таблица 2.10

Нормативные значения удельного сцепления C_n , кПа (кгс/см²), угла внутреннего трения φ_n , град., пылевато-глинистых нелёссовых грунтов четвертичных отложений (данные СНиП 2.02.01-83*)

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести		Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n	21	17	15	13	—	—	—
		φ_n	30	29	27	24	—	—	—
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	C_n	19	15	13	11	9	—	—
		φ_n	28	26	24	21	18	—	—

Окончание табл. 2.10

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести		Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n	47	37	31	25	22	19	—
		Φ_n	26	25	24	23	22	20	—
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	C_n	39	34	28	23	18	15	—
		Φ_n	24	23	22	21	19	17	—
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	C_n	—	—	25	20	16	14	12
		Φ_n	—	—	19	18	16	14	12
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n	—	81	68	54	47	41	36
		Φ_n	—	21	20	19	18	16	14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	C_n	—	—	57	50	43	37	32
		Φ_n	—	—	18	17	16	14	11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	C_n	—	—	45	41	36	33	29
		Φ_n	—	—	15	14	12	10	7

Таблица 2.11

Нормативные значения модуля деформации E , МПа, аллювиальных плевато-глинистых нелессовых грунтов (данные СНиП 2.02.01-83*)

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести		Модуль деформации грунтов E , МПа, при коэффициенте пористости e , равном						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	32	24	16	10	7	—	—
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	34	27	22	17	14	11	—
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	32	25	19	14	11	8	—
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	17	12	8	6	5
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	28	24	21	18	15	12
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	—	21	18	15	12	9
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	—	15	12	9	7

3. ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Проектирование оснований и фундаментов начинается с изучения грунтовых условий площадки строительства. Оценка грунтовых условий производится по геологическим разрезам, колонкам, данным о физико-механических свойствах грунтов и гидрогеологическим условиям площадки строительства, которые приводятся в отчетах (заключениях) по инженерно-геологическим изысканиям. От качества и полноты материалов изысканий во многом зависят надежность и экономичность принимаемых в проекте решений по основаниям и фундаментам зданий (сооружений).

При оценке грунтовых условий все грунты в основании фундаментов условно разделяют на *прочные и слабые*.

К *прочным* относятся грунты, которые могут служить основанием сооружений и обеспечивают их нормальную эксплуатацию: крупнообломочные грунты, плотные и средней плотности пески, твердые и пластичные глинистые грунты с модулем деформации $E > 5$ МПа.

К *слабым* относятся грунты, которые дают под нагрузкой значительные деформации (осадки), и не могут служить основанием сооружений без предварительных мероприятий: рыхлые пески, текучепластичные и текучие глинистые грунты, а также водонасыщенные глинистые грунты, у которых модуль деформации $E \leq 5$ МПа [12].

По условиям напластования основания обычно подразделяются на *однородные и слоистые*.

Однородным называют основание, сжимаемая толща которого включает только один слой грунта, *слоистым* – несколько слоев грунта. Слоистые основания бывают с согласным и несогласным залеганием. *Согласное залегание* – это такое залегание грунтов в основании, при котором простираение отдель-

ных слоев грунта близко к горизонтальному; *несогласное залегание* – слои грунта в основании залегают невыдержанно, имеют наклон, выклинивание и пр) [12].

Слой грунта, на который опирается фундамент, называется *несущим*, а слои грунта, расположенные ниже несущего слоя, – *подстилающими* [11].

Размеры подошвы фундаментов зданий (сооружений), проектируемых на нескальных (дисперсных) грунтах, обычно назначают, используя характеристику расчетного сопротивления грунта основания R , кПа. *Расчетное сопротивление грунта основания R* , кПа – это такое безопасное давление на грунт, при котором сохраняется линейная зависимость между осадкой S и давлением p на графике $S = f(p)$. Характеристика R вычисляется по формуле (7) СНиП 2.02.01–83* Основания зданий и сооружений [5]. Предварительные размеры подошвы фундамента можно определить с использованием *табличных значений* расчетного сопротивления грунта основания R_0 (табл. 3.1–3.3) [5].

Наиболее надежными основаниями для зданий (сооружений) являются: однородные и слоистые основания с согласным залеганием грунтов. У таких оснований обычно модуль деформации грунтов $E > 5$ МПа и табличные значения расчетного сопротивления грунта основания $R_0 \geq 200$ кПа. Из слоистых оснований предпочтительнее те, у которых сжимаемость с глубиной уменьшается. Основания, у которых сжимаемость с глубиной увеличивается, менее благоприятны для возведения зданий (сооружений), особенно на сплошных плитах и с различной глубиной заложения фундаментов.

Возможность использования структурно-неустойчивых грунтов в качестве основания устанавливается после дополнительных исследований специфических свойств (просадочных, набухающих, пучинистых и др.) и назначения специальных ме-

роприятий при возведении зданий и сооружений (конструктивных, водозащитных, противопучинистых и др.).

Таблица 3.1

Расчетное сопротивление R_0 , песчаных грунтов
(данные СНиП 2.02.01-83*)

Пески	Расчетное сопротивление R_0 кПа (кгс/см ²) в зависимости от плотности сложения грунтов	
	плотные	средней плотности
Гравелистые и крупные	600 (6,0)	500 (5,0)
Средней крупности	500 (5,0)	400 (4,0)
<u>Мелкие:</u>		
– маловлажные	400 (4,0)	300 (3,0)
– влажные и насыщенные водой	300 (3,0)	200 (2,0)
<u>Пылеватые:</u>		
– маловлажные	300 (3,0)	250 (2,5)
– влажные	200 (2,0)	150 (1,5)
– насыщенные водой	150 (1,5)	100 (1,0)

Таблица 3.2

Расчетное сопротивление R_0 ,
глинистых (непросадочных) грунтов
(данные СНиП 2.02.01-83*)

Пылевато-глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значения при показателе текучести грунта	
		$I_L=0$	$I_L=1$
Супеси	0,5	300 (3)	300 (3)
	0,7	250 (2,5)	200 (2)
Суглинки	0,5	300 (3,0)	250 (2,5)
	0,7	250 (2,5)	180 (1,8)
	1,0	200 (2)	100 (1)
Глины	0,5	600 (6)	400 (4)
	0,6	500 (5)	300 (3)
	0,8	300 (3)	200 (2)
	1,1	250 (2,5)	100 (1)

Таблица 3.3

**Расчетное сопротивление R_0 ,
глинистых просадочных грунтов
(данные СНиП 2.02.01-83)**

Грунты	R_0 , кПа (кгс/см ²), грунтов			
	природного сложения с плотностью в сухом состоя- нии ρ_d т/м ³		уплотненных с плотностью в сухом состоянии ρ_d т/м ³	
	1,35	1,55	1,60	1,70
Супеси	<u>300 (3)</u>	<u>350 (3,5)</u>	<u>200 (2)</u>	250 (2,5)
	150 (1,5)	180 (1,8)		
Суглинки	<u>350 (3,5)</u>	<u>400 (4)</u>	250 (2,5)	300 (3)
	180 (1,8)	200 (2)		

Примечание. В числителе приведены значения R_0 , относящиеся к незамоченным просадочным грунтам со степенью влажности $S_r \leq 0,5$; в знаменателе значения R_0 , относящиеся к таким же грунтам с $S_r \geq 0,8$; а также к замоченным просадочным грунтам.

Полученные данные на стадии инженерно-геологических изысканий позволяют сделать оценку грунтовых условий площадок строительства. При проектировании оснований фундаментов зданий, сооружений необходимо дать ответы на следующие вопросы:

– какие типы фундаментов наиболее предпочтительны в рассматриваемых грунтовых условиях (учитывая конструктивные особенности проектируемого здания);

– какой грунт (инженерно-геологический элемент, ИГЭ) предполагаемой строительной площадки может быть использован в качестве несущего слоя основания фундаментов;

– будут ли изменяться свойства грунтов под влиянием развития естественных процессов и техногенных воздействий.

Таким образом, оценка грунтовых условий площадки строительства дает возможность проектировщику выбрать наи-

более рациональный тип фундамента с точки зрения их надежности и экономичности.

ПРИМЕР ОЦЕНКИ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Требуется оценить грунтовые условия строительной площадки, на которой предполагается возведение жилого дома с подвалом.

Исходные данные: схемы выработок грунта (план) и геологические колонки скважин, данные о физико-механических характеристиках и показателях грунтов. Исходные данные приведены на рис. 3.1 и в табл. 3.4.

Решение. В соответствии с классификацией крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов, приведённой в параграфе 2.2 и 2.3, определяем наименование и разновидность дисперсных грунтов, слагающих площадку.

Инженерно-геологический элемент № 1 (ИГЭ-1)

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным табл. 3.4. Так как $W_L = 0$ и $W_P = 0$ и содержание частиц крупнее 2 мм (1 %) менее 25 %, наименование грунта – песок (табл. 2.1) [2].

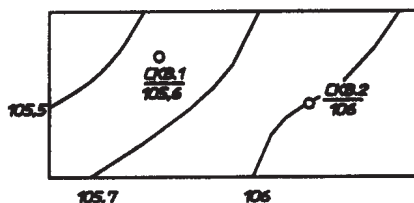
2. Устанавливаем разновидности грунта по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости e и коэффициенту водонасыщения S_r (табл. 2.1–2.3).

По гранулометрическому составу согласно табл. 2.1 определяется крупность песка по содержанию зерен (частиц):

$d > 2$ мм	$0+1=1$ %	< 25 %
$d > 0,5$ мм	$0+1+1=2$ %	< 50 %
$d > 0,25$ мм	$0+1+1+15=17$ %	< 50 %
$d > 0,1$ мм	$0+1+1+15+20=37$ %	< 75 %

Поскольку содержание частиц $d > 0,1$ мм менее 75 %, следовательно, грунт – песок пылеватый.

а)



б)

105.6 СКВ.№1						106 СКВ.№2					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	104.5	11	11	Насыпной грунт			105.1	0.9	0.9	Насыпной грунт	
ИЗ-1	1011	4.5	3.4	Песок серый		ИЗ-1	1017	4.3	3.4	Песок серый	
ИЗ-2	99.9	5.7	12	УГВ		ИЗ-2	99.6	6.4	2.1	УГВ	
ИЗ-3	95.5	10.1	4.4	Супесь светло-серая		ИЗ-3	95.2	10.8	4.4	Супесь светло-серая	
ИЗ-4	90.6	5	4.9	Глина буровато-желтая		ИЗ-4	91	5	4.2	Глина буровато-желтая	

Рис. 3.1. Данные о грунтовых условиях площадки строительства: а – схема расположения выработок грунта (план), б – геологические колонки по скважинам 1 и 2:

- 1 – инженерно-геологический элемент;
- 2 – абсолютная отметка подошвы слоя, м ;
- 3 – глубина подошвы каждого слоя, м;
- 4 – мощность слоя грунта, м;
- 5 – обозначение грунта;
- 6 – литологическое описание грунта;
- ▼ – отметка уровня подземных вод (УПВ).

Таблица 3.4

Физико-механические характеристики и показатели грунтов, установленные при инженерно-геологических изысканиях (первичные данные)

Номер ИЭ	Гранулометрический состав грунта, %										Влажность W , %	Влажность на границе текучести W_L , %	Влажность на границе раскатывания W_p , %	Плотность грунта, ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта, ρ_s , г/см ³	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельное сжатие грунта C_c , кПа	Коэффициент сжимаемости, m_0 , МПа ⁻¹
	> 5.0	5.0 - 2.0	2.0 - 1.0	1.0 - 0.5	5.0 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	0.005 - 0.001								
ИЭ-1	0	1	1	15	20	27	19	12	3	2	12	0	0	1,95	2,69	37	7	0,06
ИЭ-2	0	0	0	2	6	21	30	18	15	6	16	18	12	2,07	2,67	27	17	0,1
ИЭ-3	0	0	0	5	4	20	35	15	13	5	21	22	15	2,08	2,72	26	15	0,08
ИЭ-4	0	0	0	0,5	0,5	6	18	25	22	19	19	34	16	2,01	2,74	20	40	0,05

По коэффициенту пористости e :

В начале определяем плотность сухого грунта ρ_d по формуле (2.1)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{1,95}{1+0,12} = 1,74 \text{ г/см}^3.$$

Согласно формуле (2.2) коэффициент пористости составит:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,69}{1,73} - 1 = 0,54.$$

По табл. 2.2 устанавливаем, что пылеватый песок — плотный.

По коэффициенту водонасыщения S_r :

Согласно формуле (2.3)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,69 \cdot 0,12}{1 \cdot 0,54} = 0,60.$$

Следовательно, песок средней степени водонасыщения (влажный) (табл. 2.3).

3. Грунт находится выше уровня подземных вод, поэтому удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды не определяем (см. параграф 2.2.) [8].

4. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания R_0 для песчаных грунтов. По табл. 3.1. находим, что $R_0=200$ кПа.

5. Определяем модуль деформации грунта E по формуле (2.13)

$$E = \beta \frac{1+e}{m_0} = 0,74 \frac{1+0,54}{0,06} = 18,99 \text{ МПа.}$$

Вывод по ИГЭ-1: рассматриваемый грунт — песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания $R_0=200$ кПа и модулем деформации грунта $E = 18,99$ МПа. По предвари-

тельной оценке данный грунт может служить естественным основанием.

Инженерно-геологический элемент № 2 (ИГЭ-2)

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным табл. 3.4. Так как $W_L \neq 0$ и $W_P \neq 0$, грунт – глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности I_p и по показателю текучести I_L (см. параграф 2.3).

По числу пластичности I_p согласно формуле (2.4)

$$I_p = W_L - W_P = 0,18 - 0,12 = 0,06 \text{ (6 \%)},$$

следовательно, грунт – супесь (табл. 2.4).

По показателю текучести I_L , согласно формуле (2.5)

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_p} = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = -\frac{0,16 - 0,12}{0,06} = 0,67,$$

следовательно, супесь – пластичная (табл. 2.5).

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами. Для этого определяем следующие характеристики:

– плотность сухого грунта ρ_d по формуле (2.1)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{2,07}{1 + 0,16} = 1,78 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости e по формуле (2.2)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,67}{1,78} - 1 = 0,5;$$

– коэффициент водонасыщения S_r по формуле (2.3)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,67 \cdot 0,16}{1 \cdot 0,5} = 0,85.$$

Так как коэффициент водонасыщения $S_r > 0,8$, то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

– коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (2.12)

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} = \frac{0,18 \cdot 2,67}{1} = 0,48,$$

– коэффициент просадочности I_{ss} по формуле (2.11)

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e} = \frac{0,48 - 0,5}{1 + 0,5} = -0,013.$$

Так как коэффициент просадочности $I_{ss} = -0,013 < 0,3$, грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

4. Грунт находится выше уровня подземных вод, поэтому удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды не определяем [8].

5. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания R_0 для непросадочных глинистых грунтов. По табл. 3.2. находим, что $R_0 = 300$ кПа.

6. Определяем модуль деформации грунта E по формуле (2.13)

$$E = \beta \frac{1+e}{m_0} = 0,74 \frac{1+0,5}{0,1} = 11,1 \text{ МПа.}$$

Вывод по ИГЭ-2: рассматриваемый грунт — супесь пластичная непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания $R_0=300$ кПа и модулем деформации грунта $E = 11,1$ МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием.

Инженерно-геологический элемент № 3 (ИГЭ-3)

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным табл. 3.4. Так как $W_L \neq 0$ и $W_P \neq 0$, грунт — глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности I_p и по показателю текучести I_L (см. параграф 2.3).

По числу пластичности I_p согласно формуле (2.4)

$$I_p = W_L - W_P = 0,21 - 0,15 = 0,06 \text{ (6 \%)}.$$

Следовательно, грунт – супесь (табл. 2.4).

По показателю текучести I_L , согласно формуле (2.5)

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_P} = \frac{0,22 - 0,15}{0,06} = 1,16.$$

Следовательно, супесь – текучая (табл. 2.5).

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами. Для этого определяем следующие характеристики:

– плотность сухого грунта ρ_d по формуле (2.1)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{2,08}{1 + 0,21} = 1,72 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости e по формуле (2.2)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,72}{1,72} - 1 = 0,58;$$

– коэффициент водонасыщения S_r по формуле (2.3)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,72 \cdot 0,21}{1 \cdot 0,58} = 0,98.$$

Так как коэффициент водонасыщения $S_r > 0,8$, то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

– коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (2.12)

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} = \frac{0,22 \cdot 2,72}{1} = 0,59;$$

– коэффициент просадочности I_{ss} по формуле (2.11)

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e} = \frac{0,59 - 0,58}{1 + 0,58} = 0,006.$$

Так как коэффициент просадочности $I_{ss} = 0,006 < 0,3$, грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

4.1 находится ниже уровня подземных вод, поэтому определяем удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды по формуле (2.10)

$$\gamma_{sw} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{27,2 - 10}{1 + 0,58} = 10,89 \text{ кН/м}^3.$$

5. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания R_0 для непросадочных глинистых грунтов. По табл. 3.2. находим, что $R_0 = 260$ кПа.

6. Определяем модуль деформации грунта E по формуле (2.13)

$$E = \beta \frac{1 + e}{m_0} = 0,74 \frac{1 + 0,58}{0,08} = 14,62 \text{ МПа.}$$

Вывод по ИГЭ-3: рассматриваемый грунт — супесь текущая непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания $R_0 = 260$ кПа и модулем деформации грунта $E = 14,62$ МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием.

Инженерно-геологический элемент № 4 (ИГЭ-4)

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным табл. 3.4. Так как $W_L \neq 0$ и $W_P \neq 0$, грунт — глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности I_p и по показателю текучести I_L (см. параграф 2.3.).

По числу пластичности I_p согласно формуле (2.4)

$$I_p = W_L - W_P = 0,34 - 0,16 = 0,18 \text{ (18 \%)}.$$

Следовательно, грунт — глина (табл. 2.4).

По показателю текучести I_L , согласно формуле (2.5)

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_p} = \frac{0,19 - 0,16}{0,18} = 0,167.$$

Следовательно, глина — полутвердая (табл. 2.5).

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами. Для этого вначале определяем следующие характеристики:

– плотность сухого грунта ρ_d по формуле (2.1)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{2,01}{1+0,19} = 1,69 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости e по формуле (2.2)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,74}{1,69} - 1 = 0,62;$$

– коэффициент водонасыщения S_r , по формуле (2.3)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,74 \cdot 0,19}{1 \cdot 0,62} = 0,84.$$

Так как коэффициент водонасыщения $S_r > 0,8$, то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

– коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (2.12)

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} = \frac{0,34 \cdot 2,74}{1} = 0,93;$$

– коэффициент просадочности I_{ss} по формуле (2.11)

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e} = \frac{0,93 - 0,62}{1 + 0,62} = 0,19.$$

Так как коэффициент просадочности $I_{ss} = 0,19 < 0,3$, грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

4. Грунт находится ниже уровня подземных вод и является водоупором, поэтому удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды не определяем [8].

5. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания R_0 для непросадочных глинистых грунтов. По табл. 3.2. находим, что $R_0 = 446,6$ кПа.

6. Определяем модуль деформации грунта E по формуле (2.13)

$$E = \beta \frac{1+e}{m_0} = 0,4 \frac{1+0,62}{0,05} = 12,96 \text{ МПа.}$$

Вывод по ИГЭ-4: рассматриваемый грунт – глина полутвердая непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания $R_0=446,6$ кПа и модулем деформации грунта $E = 12,96$ МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием.

Полученные данные о характеристиках грунтов для ИГЭ-1 ... ИГЭ-4 сводим в табл. 3.5. В отличие от табл. 3.4, где приведены первичные данные, в табл. 3.5. входят характеристики грунта, установленные после обобщения результатов исследований. Используя исходные данные (геологические колонки скважин), вычерчиваем инженерно-геологический разрез площадки строительства (рис. 3.2, 3.3) с нанесением на него эпюр табличных значений расчетного сопротивления грунта оснований R_0 , кПа и модуля деформации грунта E , МПа для всех инженерно-геологических элементов (ИГЭ-1 ... ИГЭ-4).

Для построения инженерно-геологического разреза (на формате А4) выбирается масштаб. Рекомендуется принимать вертикальный масштаб Мв 1:500, горизонтальный масштаб Мг 1:250.

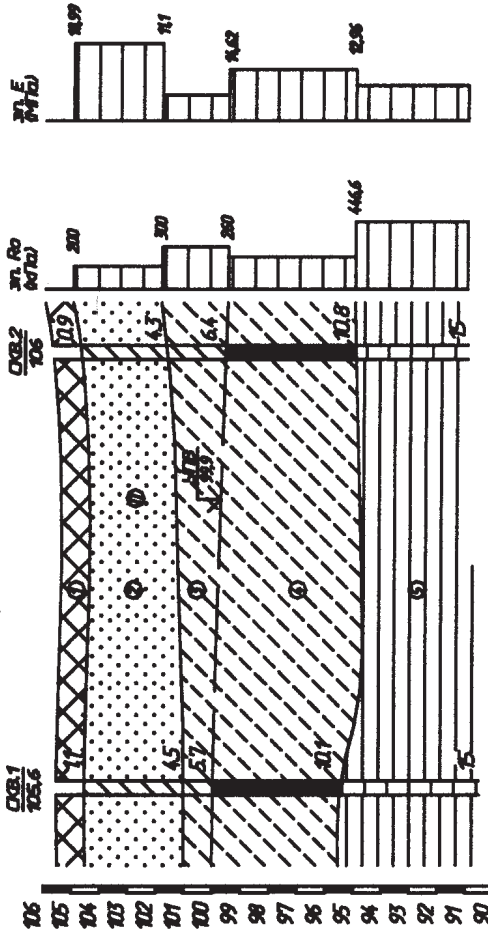
Таблица 3.5.

**Физико-механические характеристики и показатели грунтов,
установленные после обобщения первичных данных**

№ п/п	Наименование грунта	Толщина слоя, м	Плотность грунта, ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта, ρ_s , г/см ³	Плотность сухого грунта, ρ_d , г/см ³	Коэффициент пористости e , д. е.	Естественная влажность W , %	Коэффициент водонасыщения S_r	Число пластичности I_p , %	Показатель текучести I_L , д. е.	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Удельное сжатие грунта S_v , кПа	Модуль деформации E , МПа	Tabl. значение расчетного сопротивления грунта, R_0 , кПа	Удельный вес грунта во взвешенном состоянии, γ_{sw} , кН/м ³
1	Насыпной грунт:	0,9– 1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	ИГЭ-1. Песок пылеватый, плотный, влажный	3,4	1,95	2,69	1,74	0,54	12	0,6	–	–	37	7	18,8	200	–
3	ИГЭ-2. Супесь пластичная непросадочная, ненабухающая	1,2– 2,1	2,07	2,67	1,78	0,5	16	0,85	6	0,67	27	17	11,1	300	–
4	ИГЭ-3. Супесь текучая непро- садочная, ненабухающая	4,4– 4,5	2,08	2,72	1,72	0,58	21	0,98	6	1,16	26	15	14,62	260	10,89
5	ИГЭ-4. Глина полутвердая, непросадочная, ненабухающая	4,2– 4,8	2,01	2,74	1,69	0,62	19	0,84	18	0,167	20	40	12,96	446,6	–

Инженерно-геологический разрез площадки строительства

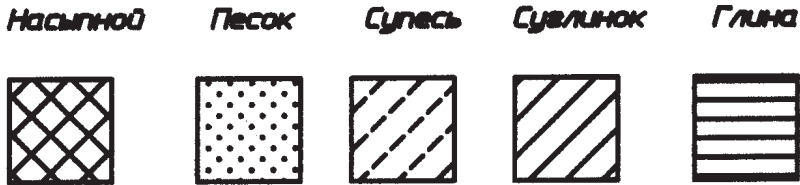
Мв 1:500, Мг 1:250



Расстояние между скважинами, м	23
Абсолютная отметка в устье скважины	105,6
Абсолютная отметка в забое скважины	90,6
	106
	91

Рис. 3.2. Инженерно-геологический разрез площадки строительства

Виды грунтов



Состояние грунтов по консистенции

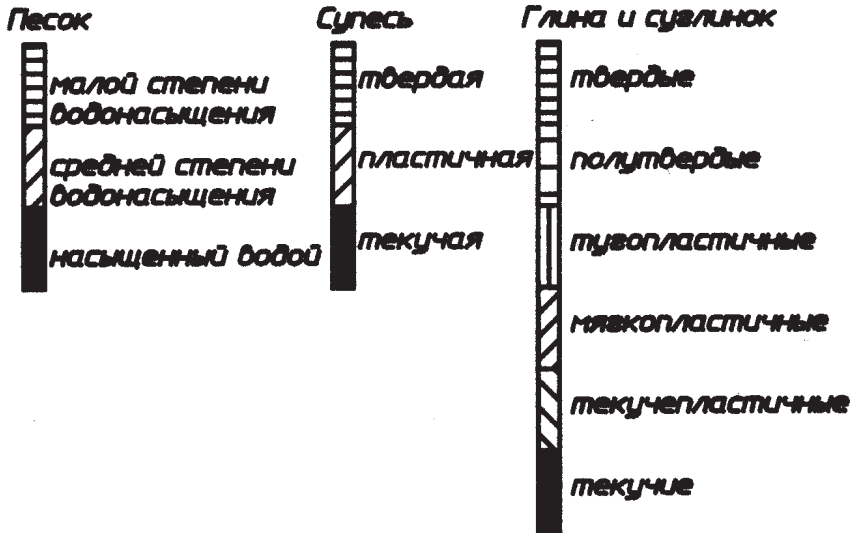


Рис. 3.3. Условные обозначения к инженерно-геологическому разрезу

Общая оценка грунтовых условий площадки строительства. По инженерно-геологическому разрезу площадка имеет спокойный рельеф с абсолютными отметками 105,6—106 м. Грунты имеют слоистое напластование с согласным залеганием пластов. По предварительной оценке все они могут служить естественным основанием для фундаментов зданий (сооружений).

Для рассматриваемого жилого здания при устройстве фундаментов мелкого заложения несущим слоем может быть песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения (ИГЭ-1), который залегает до глубины 4,5 м от поверхности земли.

При использовании свайных фундаментов в качестве несущего слоя рекомендуется использовать глину полутвердую (ИГЭ-4). В этом случае свая будет работать по схеме свая висячая.

При инженерно-геологических изысканиях были установлены подземные воды. Они залегают на отметках 99,6—99,9 м (глубина залегания 5,7—6,4 м от поверхности земли) и не будут существенным образом влиять на устройство и работу оснований и фундаментов здания.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Механика грунтов. Ч.1. Основы геотехники в строительстве: учебник / Под. ред Б.И. Далматова. – М.: Изд-во АСВ; Спб.: СПбГА–СУ, 2000. – 204 с.
2. ГОСТ 25100–95. Грунты. Классификация. – М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1997. – 32 с.
3. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик. – М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1985.–26 с.
4. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1980. –26 с.
5. СНиП 2.02.01–83*. Основания зданий и сооружений / Минземстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. –48 с.
6. СНиП 2.02.03–85. Свайные фундаменты. – М., 1986. –48 с.
7. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебное пособие/ С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский [и др.]; под ред. С.Б. Ухова. – М.: Высшая школа, 2007. – 566 с.
8. Механика грунтов (краткий курс) / Н.А. Цытович. – М.: ВШ, 1983. – 288 с.

Дополнительная

9. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01–83) / НИИОСП им. Герсеванова . – М.: Стройиздат, 1986. – 415 с.
10. Основания и фундаменты. Ч. 2. Основы геотехники: учебник / Под. ред. Б.И. Далматова. – М.: Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2002. – 392 с.
11. Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник проектировщика / Под ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
12. Проектирование оснований и фундаментов: учеб. пособие / В.А. Веселов. – М.: Стройиздат, 1990. – 304 с.
13. Механика грунтов: учеб. пособие / А.А. Бартоломей. – М.: АСВ, 2003. –238 с.
14. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): учеб. пособие / М.В. Малышев, Г.Г. Болдырев. – М.: АСВ, – 2004. –328 с.
15. Оценка грунтовых условий площадки строительства: методические указания / А.И. Полищук, А.И. Чернова. – Томск, ТГАСУ, 2001. – 35 с.
16. Основы инженерной геологии и механики грунтов: учебное пособие / В.Е. Ольховатенко, Н.С. Рязанов. – Томск, ТГАСУ, 2005. – 312 с.
17. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений: учебное пособие / А.В. Пилягин. – М.: АСВ, 2005 г. – 248 с.