

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Воронежский государственный технический университет

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ГАЗОНЕФТЕХРАНИЛИЩ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных работ
по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
всех форм обучения*

Воронеж 2022

УДК 624.15:621.64(07)
ББК 38.58:39.77я7

Составители: А. И. Калинина, Е. О. Благовестная

Основания и фундаменты газонефтехранилищ: методические указания к выполнению лабораторных работ по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. И. Калинина, Е. О. Благовестная – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 26 с.

Изложены физико-механические свойства грунта, показан метод построение инженерно-геологического разреза. Подробно разобран расчет по основным параметрам проектирования оснований и фундаментов.

Предназначены для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_НГД_ЛР_ОиФГНХpdf.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 7 назв.

УДК 624.15:621.64(07)
ББК 38.58:39.77я7

*Рецензент – М. Н. Жерлыкина, канд. техн. наук, доцент
кафедры жилищно-коммунального хозяйства ВГТУ*

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Пример задания для лабораторных работ №1, №2, №3.....	5
Лабораторная работа № 1. Определение расстояний между скважинами в зависимости от объема газонефтехранилищ.....	6
Лабораторная работа № 2. Определение физико-механических свойств грунта	8
Лабораторная работа № 3. Построение инженерно-геологического разреза	12
Лабораторная работа № 4. Расчет оснований газонефтехранилищ по несущей способности.....	15
Лабораторная работа № 5. Определение глубины заложения фундаментов мелкого заложения.....	17
Лабораторная работа № 6. Расчет осадок основания резервуара.....	18
Библиографический список	22
Приложение 1.....	23
Приложение 2.....	24
Приложение 3.....	25

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основания и фундаменты газонефтехранилищ» предназначено для студентов специальности 21.03.01 «Нефтегазовое дело». Проектирование любых инженерных сооружений выполняется на основе материалов инженерных изысканий, которые включают геодезические, инженерно-геологические, гидрогеологические, экологические исследования территорий будущего строительства, т.е. инженерные изыскания являются комплексными, в них участвуют специалисты различных направлений.

При проектировании зданий и сооружений одним из сложных вопросов является решение задач, связанных с устройством оснований и фундаментов. Для получения наиболее экономичного решения при проектировании фундаментов задачу необходимо рассматривать комплексно, оценивая следующие вопросы:

- выбор конструкций фундаментов, удовлетворительно работающих при данных грунтовых условиях;
- возможные деформации грунтов основания сооружения;
- способ производства земляных работ и работ по возведению фундаментов.

Одновременно с изучением программного теоретического материала по дисциплине «Основания и фундаменты газонефтехранилищ» учебный план предусматривает лабораторные работы. Лабораторные работы являются одним из ответственных звеньев учебного процесса и имеют целью закрепить знания, полученные студентами за период изучения теоретического курса, а также должно способствовать умелому применению этих знаний при инженерном решении задач по дисциплине «Основания и фундаменты газонефтехранилищ». В процессе решения задач студент должен научиться пользоваться действующими строительными нормами и правилами, руководствами, справочными и литературными материалами.

При выполнении работы рекомендуется пользоваться литературой, приведенной в конце методических указаний.

Пример задания для выполнения лабораторных работ №1, №2, №3

1 вариант.

Город - Воронеж

1. **Скважина №1** на отм.+154.3м

1 слой: $h=0,7\text{м}$

Повенно-растительный слой

2 слой: $h=2,3\text{м}$

$\rho=2,0 \text{ г/см}^3$

$\rho_s=2,71 \text{ г/см}^3$

$W=19\%$, $W_l=31\%$, $W_p=17\%$.

3 слой: $h=10\text{м}$

$\rho=2,08 \text{ г/см}^3$

$\rho_s=2,72 \text{ г/см}^3$

$W=18\%$, $W_l=22\%$, $W_p=16\%$.

2. **Скважина №2** на отм.+153.6м

1 слой: $h=0,5\text{м}$

2слой: $h=2,8\text{м}$

3 слой: $h=10,2\text{м}$

3. **Скважина №3** на отм.+153.9м

1 слой: $h=0,6\text{м}$

2слой: $h=2,3\text{м}$

3 слой: $h=10,8\text{м}$

$V_{\text{рез.}}=10000\text{м}^3$

Сталь С245

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА ГАЗОЕФТЕХРАНИЛИЩ

1.1 Цель работы

Научиться определять расстояние между скважинами и их количество в зависимости от основных характеристик газонефтехранилищ.

1.2 Краткие теоретические сведения

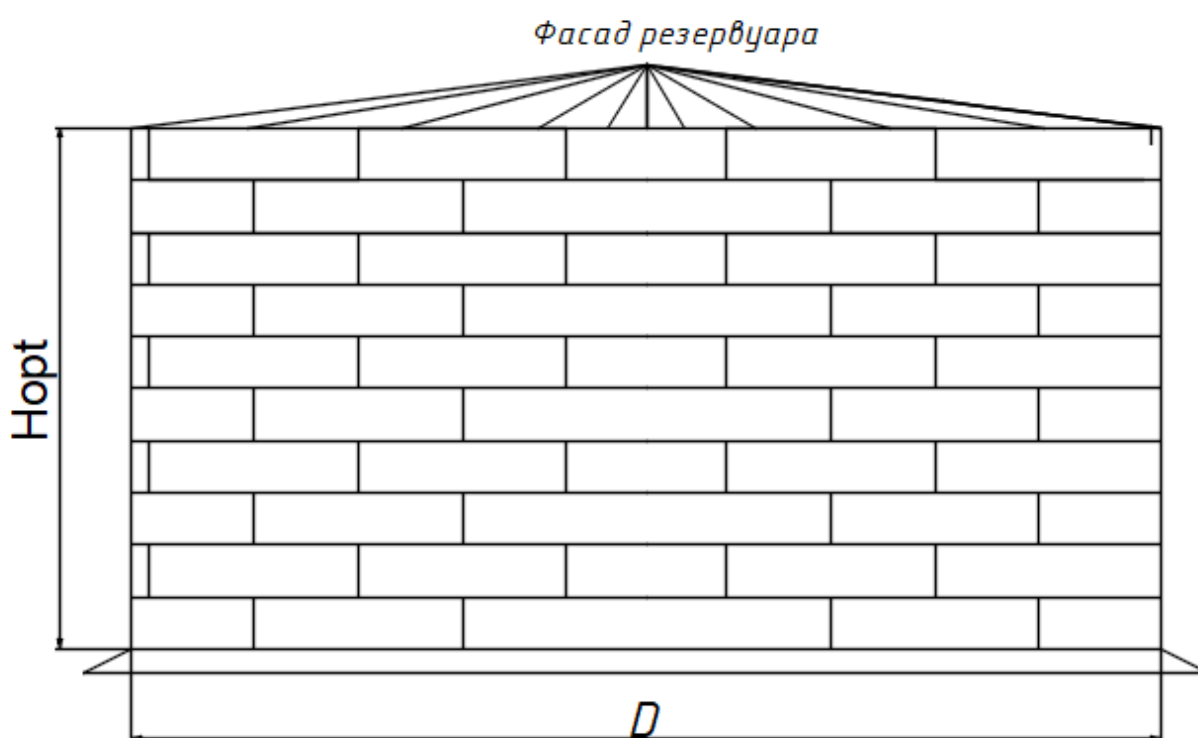


Рис.1. Фасад резервуара

Для определения расстояний между скважинами и их количество в зависимости от объема резервуаров, начинается с определения основных геометрических характеристик сооружения.

Оптимальная высота:

$$H_{opt} = \sqrt{\frac{\Delta R_{wy} \cdot \gamma_c}{\gamma_f \cdot \gamma_{ж}}}, \quad (1.1)$$

где $\gamma_{ж}$ - удельный вес хранимой жидкости, принимаем $\gamma_{ж} = 0,9 \text{ т/м}^3$;

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f = 0,8$;

γ_c - коэффициент условий работы, $\gamma_c = 1,1$;

Δ - сумма приводимых толщин, принимается по таблице 1.1

Таблица 1.1

$V_p, \text{м}^3$	4000	8000	10000	12000	16000
$\Delta, \text{см}$	1	1,2	1,3	1,4	1,5

где $R_{wy} = R_y \cdot \frac{\kappa H}{\text{м}^2}$ - расчетное сопротивление сварного стыкового шва принимается в зависимости от марки стали по СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

Площадь основания резервуара находится по формуле:

$$S_{\text{осн}} = \frac{V}{H}, \text{м}^2 \quad (1.2)$$

Радиус основания резервуара находится по формуле:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H}}, \text{м} \quad (1.3)$$

Диаметр основания резервуара находится по формуле:

$$D = 2 \cdot r, \text{м} \quad (1.4)$$

Длина окружности основания находится по формуле:

$$l = 2 \cdot \pi \cdot r, \text{м} \quad (1.5)$$

Расстояние между скважинами находится по формуле:

$$l_1 = \frac{l}{n-1}, \text{м} \quad (1.6)$$

где n - это количество скважин.

Если диаметр основания резервуара меньше 20 м, то бурить нужно 3 скважины.

Если диаметр основания резервуара больше 20 м, то бурить нужно 4 скважины.

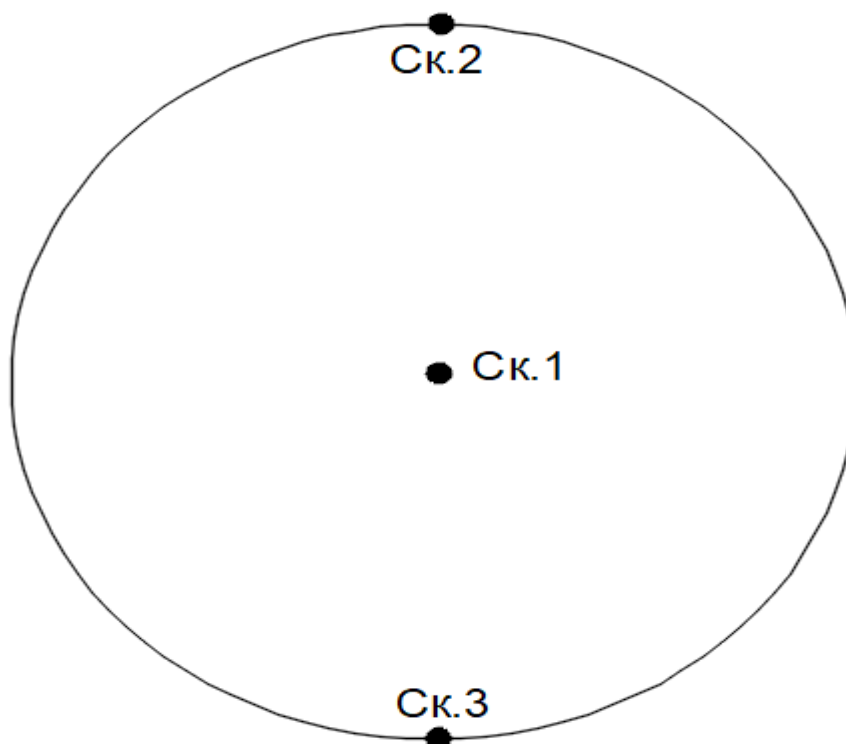


Рис. 2. Пример расположения скважин ($n=3$)

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА

1.1 Цель работы

- Определить расчётным путем физические и механические характеристики грунта строительной площадки;
- Выделить в основании инженерно-геологические элементы с их подробным наименованием в соответствии с ГОСТ 25100-2020;

1.2 Краткие теоретические сведения

Основание – это толща грунта, которая находится непосредственно под сооружением и воспринимает нагрузки от сооружения.

Фундамент – это подземная часть здания или сооружения, служащая для восприятия нагрузки от вышележащих конструкций и передачи её на грунт основания.

Грунтовые основания подразделяются на:

- Естественные, которые способны выдержать передаваемые нагрузки в условиях природного залегания;
- Искусственно-улучшенные грунты – это те грунты, которые в их природном залегании не обладают достаточными прочностными характеристиками и должны быть преобразованы, прежде чем воспринимать нагрузки.

Грунтами называют горные породы, слагающие верхние слои земной коры. Грунты подразделяются на две большие группы:

1. Скальные
2. Нескальные

В большинстве случаев все грунты состоят из 3-х компонентов: твёрдых частиц, воды и газа.

Выделенный из грунта образец можно разделить на 3 части:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \text{ (вода, тв. ч., газ соотв.)} \quad (2.1)$$

Общую массу складывают из массы воды и твердых частиц, т.к. газ не оказывает существенного влияния.

Основными характеристиками физического состояния грунта будут являться:

1. Плотность грунта, ρ [г/м³, кг/м³, т/м³]
2. Плотность твёрдых частиц, ρ_s [г/м³, кг/м³, т/м³]
3. Влажность в естественном состоянии (природная массовая влажность), W [д.е, %]

Плотность грунта в естественном состоянии находится по формуле:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2 + V_3}, \quad (2.2)$$

Плотность твёрдых частиц находится по формуле:

$$\rho_s = \frac{m_2}{V_2}, \quad (2.3)$$

Природная влажность (масса воды к массе твердых частиц) находится по формуле:

$$W = \frac{m_1}{m_2}, \quad (2.4)$$

Вычисляемые характеристики грунта:

Плотность скелета грунта находится как отношение массы твёрдых частиц грунта к объёму образца в естественном состоянии:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}; \rho_d = \frac{m_2}{V_1+V_2+V_3}, \quad W - \text{в д.е.} \quad (2.5)$$

Удельный вес:

$$\lambda = \rho \cdot g, \quad [\text{Н/м}^3, \text{кН/м}^3], \quad (2.6)$$

g – ускорение свободного падения;

Коэффициент пористости грунта

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (2.7)$$

Коэффициент пористости показывает отношение объема пор грунта к объёму твердых частиц.

Отношение объема пор к объёму всего образца называют пористостью:

$$n = \frac{V_1+V_3}{V_1+V_2+V_3}, \quad (2.8)$$

Коэффициент водонасыщенности – это отношение естественной влажности грунта к влажности, соответствующей полному заполнению пор водой:

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}; \quad (2.9)$$

ρ_w – плотность воды (1 г/см³).

Грунты могут состоять из смеси глинистых, пылеватых и песчаных частиц и в зависимости от содержания глинистых частиц грунты можно подразделить на пески и пылевато-глинистые грунты.

Если рассматривать образцы пылевато-глинистых грунтов, то можно заметить, что в зависимости от степени увлажнения образца будут меняться и свойства.

Число пластичности – это разность между влажностью на границе текучести W_L и влажностью на границе раскатывания W_p .

W_L – это такая влажность, при которой грунт обладает свойствами вязкой жидкости.

W_p – это такая влажность грунта, при которой он начинает проявлять себя как твердое тело.

Показатель текучести (показатель состояния глинистых грунтов):

$$Y_L = \frac{W - W_p}{Y_p}, ; \quad (2.10)$$

Число пластичности найдем по формуле:

$$Y_p = W_L - W_p ; \quad (2.11)$$

Механические характеристики

Под действием нагрузки в грунтах возникают нормальные и касательные напряжения, что приводит к деформациям. Деформация грунтов называется осадкой.

Механические свойства грунтов показывают способность грунта сопротивляться этим деформациям.

К механическим характеристикам относят:

- Удельное сопротивление грунта;
- Модуль деформации грунтов, E ;
- Угол внутреннего трения грунтов φ_n .

Модуль деформации показывает сжимаемость грунта.

Кроме того, к механическим характеристикам грунта можно отнести коэффициент фильтрации.

На грунты влияет количество воды в порах и её состояние.

На основании вычисленных физических и механических характеристик грунт выделяется в отдельный инженерно-геологический элемент, которому присваивается номер и полное наименование.

Результаты расчетов занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№	Номенклатурное наименование грунта	Плотность	Плотность тв. частиц	Плотность скелета	Влажность, %			Коэффициент пористости, e	Число пластичности	Показатель текучести	Коэффициент водонасыщенности
					W	W_L	W_p				

Лабораторная работа № 3

ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

1.1 Цель работы

Познакомиться с основными требованиями построения инженерно-геологического разреза и научиться строить его по основным характеристикам основания.

1.2 Краткие теоретические сведения

Инженерно-геологический разрез — графическая модель вертикального сечения исследуемой территории, отображающая ее пространственные структуры и свойства — компоненты инженерно-геологических условий. В отличие от геологического или гидрогеологического разреза инженерно-геологический разрез должен отображать следующие компоненты: геологическое строение, тектоническое строение и трещиноватость пород, геоморфологическую структуру, гидрогеологическое строение, проявления экзогенных геологических процессов. Разрезы разделяются по масштабам. По результатам детальной инженерно-геологической разведки разрезы составляют по расчетным сечениям, осям и контурам сооружения с учетом наиболее полного освещения инженерно-геологических условий строительства объекта.

На инженерно-геологических разрезах при помощи условных обозначений должны быть показаны:

- геологические выработки (шурфы и скважины), их номера, отметки устья;
- инженерно-геологические слои (элементы);
- характер их залегания;
- возраст грунтов;
- установившийся уровень грунтовых вод;
- прогнозируемый уровень грунтовых вод;
- места взятия проб грунта и воды;

Условные обозначения помещаются на свободном месте первого листа разрезов. На остальных листах делается ссылка на эти условные обозначения.

Инженерно-геологические разрезы, как правило, строятся только на основании проходки горных выработок и бурения скважин. Расположение разрезов на топографическом плане принимается с учетом наиболее полного освещения инженерно-геологических условий строительства объекта (по оси проектируемого здания или сооружения, при сложной конфигурации - по отдельным блокам, по сетке).

Разрезы строятся в направлении с юго-запада, запада, северо-запада на северо-восток, восток, юго-восток. Разрезы меридионального направления

берут начало на юге. Угол поворота линии разреза на топографическом плане не должен превышать 90° . Линиям разрезов присваиваются номера, обозначенные римскими цифрами по концам линий. Каждый разрез должен иметь типовой заголовок. Слева разрез ограничивается линейным вертикальным масштабом (шкалой абсолютных отметок). За величину основания линейного масштаба принимается 1 см. Снизу разрезы следует ограничивать горизонтально расположенной колонкой с высотой каждой строки 1 см.

На колонке слева от разреза даются наименования строк: «Вид и номер выработки», «Отметки устья, м», «Расстояние между выработками, м».

Масштаб разрезов по горизонтали должен соответствовать масштабу топографической основы, по вертикали же - отличаться не более чем в 10 раз. Наиболее распространенный вертикальный масштаб 1:100, реже 1:50 или 1:200. Глубина освещения инженерно-геологических условий разрезами должна соответствовать глубине пройденных выработок (но быть не менее мощности активной зоны основания сооружения).

Построение геологического разреза начинается с вычерчивания топографического профиля по соответствующей линии (оси). Затем на этот профиль наносят вертикальные линии, изображающие шурфы и буровые скважины. Небольшими горизонтальными штрихами показывают границы распространения тех или иных инженерно-геологических слоев (элементов по вертикали). Затем штрихи, изображающие границы одинаковых грунтов в соседних геологических выработках, соединяют плавными линиями, т. е. производят графическую интерполяцию данных, полученных в отдельных точках (шурфах и скважинах). Если слой, обнаруженный в одной выработке, отсутствует в соседней выработке, то на разрезе изображается его постепенное выклинивание к середине расстояния между скважинами. У вертикальных линий, изображающих скважины и шурфы, указываются отметки и глубины залегания по вертикали различных слоев.

Инженерно-геологические слои (элементы) выделяются в соответствии с ГОСТ 21.302-2013 «Система проектной документации для строительства» с учетом их возраста, происхождения, текстурно-структурных особенностей или физического состояния и номенклатурного вида. При этом используются следующие показатели свойств грунтов: для крупнообломочных - зерновой (гранулометрический) состав и дополнительно общая влажность и влажность заполнителя (для крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем); для песчаных - зерновой состав, коэффициент пористости и дополнительно влажность для пылеватых песков; для глинистых грунтов - характеристики пластичности (пределы и число пластичности), коэффициент пористости и влажности

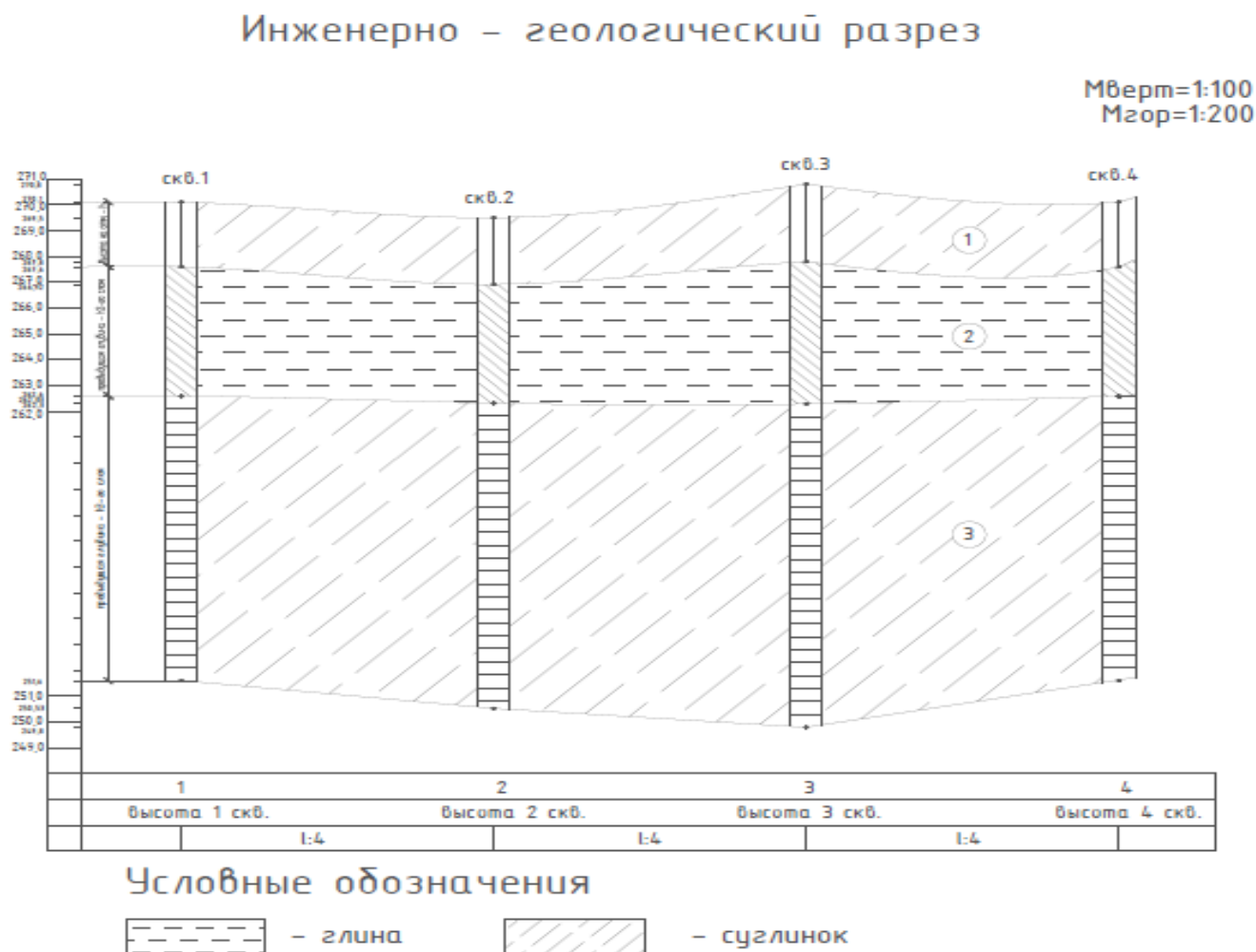


Рис. 3. Пример инженерно-геологического разреза

Лабораторная работа № 4

РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ ГАЗОНЕФТЕХРАНИЛИЩ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

1.1 Цель работы

Научиться рассчитывать основания по первой группе предельных состояний а также делать выводы о возможности использования грунта в естественном состоянии в качестве основания.

1.2 Краткие теоретические сведения

Расчет основания резервуара по несущей способности в соответствии со СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» производится по формуле:

$$F \leq \gamma_c \frac{N_u}{\gamma_n} \quad (4.1)$$

F - расчетная нагрузка от резервуара на основание, кН.

N_u - сила предельного сопротивления основания.

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения для резервуаров $V > 10000 \text{ м}^3$ $\gamma_n = 1,2$, $V < 10000 \text{ м}^3$ $\gamma_n = 1,15$.

γ_c - коэффициент условий работы, который принимается для песков (кроме пылеватых) =1, для пылеватых и пылевато-глинистых грунтов =0,9.

Расчетная нагрузка на основания будет складываться из нагрузки от веса резервуара и жидкости, нагрузка от жидкости, избыточного давления и вакуума:

$$F = G_{рез} + G_{ст} + G_{кр} + G_{жид} + S + \rho_{вак} + \rho_{изб} , \quad (4.2)$$

$$G_{ст} = L \cdot H \cdot t_{ст} \cdot \gamma_{ст} , \quad (4.3)$$

где, $\gamma_{ст} = \rho_{ст} \cdot g$ – удельный вес стали, $t_{ст} = 10 \text{ мм} = 0,1 \text{ см}$ - толщина стали, L - длина развертки, H - оптимальная высота.

$$G_{кр} = g_{кр} \cdot S_{кр} \quad (4.4)$$

$g_{кр} = 0,45 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ - вес кровли.

$$S_{кр} = \pi r^2. \quad (4.5)$$

$$G_{\text{жид}} = V_{\text{ж}} * \gamma_{\text{ж}} \quad (4.6)$$

$V_{\text{ж}}$ -объем резервуара.

$\gamma_{\text{ж}}$ - удельный вес жидкости = $8,829 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$

Снеговая нагрузка S определяется в зависимости от климатического района по СНиП «Нагрузка и воздействия».

$$S = S_g * \mu \quad (4.7)$$

$$\mu = 1$$

S_g - выбираем в зависимости от климатического условия.

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления N_u :

$$N_u = b \cdot l \cdot (N_y * \varepsilon_y * b' * \gamma_1 + N_q * \varepsilon_q * \gamma_1' * d + N_c * \varepsilon_c * C_1) \quad (4.8)$$

$b \cdot l$ - ширина и длина фундамента (м).

N_y, N_q, N_c - -коэффициенты несущей способности, определяемые по таблице в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта φ_1 и угла наклона к вертикали δ равнодействующей внешней нагрузки.

γ_1, γ_1' - расчетные значения удельного веса грунтов ($\frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$)

C_1 - расчетное значение удельного сцепления грунта (кПа) .

ε - коэффициент формы фундамента.

d - глубина заложения фундамента (м).

$$N_u = \pi r^2 * N_c * \varepsilon_c * C_1 \quad (4.9)$$

$$b \cdot l = \pi r^2 \quad (4.10)$$

$$N_q * \varepsilon_q * \gamma_1' * d = 0 \quad (4.11)$$

$$N_c = 5,14 \text{ кН.}$$

$$\varepsilon_c = 1 + \frac{0.11}{\eta} \quad (4.12)$$

$$\eta = \frac{l}{b} = 1 \quad (4.13)$$

$$C_1 = 15 \text{ кПа.}$$

Если неравенство выполняется, то грунт подходит в качестве основания в естественном состоянии.

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

1.1 Цель работы

Познакомиться с понятием глубины сезонного промерзания и научиться определять ее в зависимости от условий строительства. Определить глубину заложения ФМЗ в зависимости от глубины сезонного промерзания.

1.2 Краткие теоретические сведения

Глубина заложения фундамента должна приниматься в соответствии с рекомендациями СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». Она назначается с учетом следующих условий:

1. Конструктивные особенности проектируемого сооружения, нагрузок и воздействий, действующих на него.
2. Глубина заложения фундаментов примыкающих сооружений и глубина прокладки коммуникаций.
3. Существующий и проектируемый рельефы местности.
4. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки.
5. Глубина сезонного промерзания грунта.

Нормативную глубину промерзания грунта d_{fn} принимают равной средней из ежегодных максимальных глубин сезонного промерзания грунтов по итогам наблюдений за период не менее 10 лет.

На открытой, освобожденной от снега площадке, где уровень подземных вод находится ниже, чем глубина промерзания. Если нет данных наблюдений, то глубина сезонного промерзания определяется на основании теплотехнического расчета (для районов с глубиной промерзания $d_{fn} < 2,5$ м).

$$d_{fn} = d_0 \cdot \sqrt{M_t} \quad (5.1)$$

где d_0 – величина, принимая для суглинков и глин -0,23 м; для супесей, песков мелких и пылеватых -0,28 м; для песков гравелистых, крупных и средней крупности -0,3 м., M_t – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных t_0 -р за зиму для данного климатического района, определяемого по СНиП «Строительная климатология и геофизика». Расчетную глубину сезонного промерзания определяют по формуле:

$$d_f = K_h \cdot d_{fn} \quad (5.2)$$

где K_h - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения. Для наружных и внутренних районов неотапливаемых сооружений принимается 1,1, а для наружных режимов отапливаемых сооружений – по табл. СНиП «Основание зданий и сооружений».

Глубина заложения наружных режимов неотапливаемых сооружений назначается по табл. СНиП в зависимости от глубины сезонного промерзания и уровня подземных вод.

В соответствии с табл.53 СНиП «Основания зданий и сооружений» глубина заложения фундамента не зависит от d_f .

Лабораторная работа № 6

РАСЧЕТ ОСАДОК ОСНОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРА

1.1 Цель работы

Научиться определять осадку основания резервуара, а так же осуществлять проверку основания по II группе предельного состояния.

1.2 Краткие теоретические сведения

1. Осадка основания s с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства определяется методом послойного суммирования по формуле:

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} \quad (6.1)$$

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zp,i}$ - среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента (см. СП 22.13330.2016)

h_i и E_i - соответственно толщина и модуль деформации i -го слоя грунта;

$$E = 22 \text{ МПа} \quad (6.2)$$

n - число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

2. Дополнительные вертикальные напряжения на глубине z от подошвы фундамента:

σ_{zp} - по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента,

$\sigma_{zp,c}$ - по вертикали, проходящей через угловую точку прямоугольного фундамента, определяются по формулам:

-под стенкой резервуара:

$$\sigma_{zp} = \alpha_1 p_0, \quad (6.3)$$

-под центром резервуара:

$$\sigma_{zp,c} = \alpha p_0, \quad (6.4)$$

где α и α_1 - коэффициент, принимаемый по таблице 6.1 в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины;

p - среднее давление под подошвой фундамента.

Таблица 6.1

z/R	α	α_1	z/R	α	α_1
0	1,000	0,500	1,2	0,547	0,300
0,2	0,993	0,468	1,5	0,424	0,256
0,4	0,949	0,434	2	0,285	0,196
0,6	0,864	0,400	2,5	0,200	0,151
0,8	0,756	0,366	3	0,146	0,118
1	0,647	0,323			

Давление на уровне опирания находится по формуле (распишем для 11 слоев):

$$\begin{aligned}
z_1 &= h_1 = 0,2 \cdot R \\
z_2 &= h_1 + h_2 = 0,224 \cdot R \\
z_3 &= h_1 + h_2 + h_3 = 0,4 \cdot R \\
z_4 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0,6 \cdot R \\
z_5 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 0,623 \cdot R \\
z_6 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 = 0,8 \cdot R \\
z_7 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 = 1 \cdot R \\
z_8 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 = 1,2 \cdot R \\
z_9 &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 = 1,4 \cdot R \\
z_{10} &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 + h_{10} = 1,6 \cdot R \\
z_{11} &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 + h_{10} + h_{11} = 1,8 \cdot R
\end{aligned} \tag{6.5}$$

Найдем среднее для каждого напряжения:

$$\sigma_{zpi,c,cp} = (\sigma_{zp,ci-1} + \sigma_{zp,ci}) / 2 \tag{6.6}$$

3.Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z определяется по формуле:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \tag{6.7}$$

где γ_i и h_i –удельный вес [кН/м³](берем из 2 л.р.) и толщина i-го слоя грунта[м] (берем из 2л.р.и смотрим в какой слой попадает);

$$\sigma_{zg0} = 0, \tag{6.8}$$

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \cdot h_1, \tag{6.9}$$

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + (\gamma_2 \cdot h_2) \tag{6.10}$$

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + (\gamma_3 \cdot h_3) \tag{6.11}$$

И т.д. для $\sigma_{zg4} - \sigma_{zgl1}$

Теперь рассчитаем осадку основания по формуле 6.1.

4.Совместная деформация основания и резервуара характеризуется:

1. Абсолютной осадкой основания резервуара под центром S_e и по периметру S_p ;
2. Средним креном резервуара i_m ;
3. Относительным прогибом или выгибом f_c/D ;
4. Неравномерностью осадки резервуара по контуру ΔS_p ;

Максимальная абсолютная осадка днища резервуара не должна превышать 200 мм.

$$S < S_{cl}, \quad (6.12)$$

где $S_{cl}=200$ мм

Средняя осадка по контуру при гидравлических испытаниях не должна превышать 100 мм, а при эксплуатации 150 мм.

Относительный крен резервуара - i_m определяется по формуле:

$$i_m = (S_c - S_{p,m}) / D, \quad (6.13)$$

Общий прогиб центра днища- f_c определяется по формуле:

$$f_c = S_c - S_{p,m}, \quad (6.14)$$

S_c - среднее значение осадки под днищем;

$S_{p,m}$ - среднее значение осадки по контуру.

По условию должно выполняться неравенство:

$$0,003r > f_c, \text{ но не больше } 100 \text{ мм}; \quad (6.15)$$

Не равномерная осадка по контуру определяется по ф-ле:

$$\Delta S_p = S_{pi} - ((S_{pi-1} + S_{pi+1}) / 2). \quad (6.16)$$

Неравномерные осадки наружного контура резервуара не должны превышать допустимые значения, указанные в СНиП «Несущие и ограждающие конструкции».

Находим среднее σ_{zpi} , затем по формуле находим S_{pm} , подставляем все в формулу и проверяем.

Если условие не выполняется, то грунт не выдерживает нагрузку от резервуара, то для искусственного усиления устраивают песчаную подушку под днищем и ж/б кольцо под стенкой резервуара.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова", 2017– 44 с.
2. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация / М.: Стандартиформ, 2020.
3. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» / М.: Стандартиформ, 2017.
4. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям/ М.: Стандартиформ, 2020.
5. Основания и фундаменты: Методические указания / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов ; сост.: Р. А. Мангушев, А. В. Ершов. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. - 90 с.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/30010.html>
6. Савельев, А. В. Основания и фундаменты сооружений : учебное пособие / А. В. Савельев ; А.В. Савельев. - Москва : Альтаир|МГАВТ, 2014. - 119 с.
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=4296423>.
7. Мангушев, Р. А. Основания и фундаменты. Решение практических задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. А. Мангушев, Р. А. Усманов ; Мангушев Р. А., Усманов Р. А., - 2-е изд., стер. - : Лань, 2018. - 172 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-2733-8.
URL: <https://e.lanbook.com/book/98242>

Приложение 1

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности, I_p , %	Содержание песчаных частиц (2- 0,05 мм), % по массе
Супесь:		
- песчаная	$1 \leq I_p \leq 7$	≥ 50
- пылеватая	$1 \leq I_p \leq 7$	< 50
Суглинок:		
- легкий песчанистый	$7 < I_p \leq 12$	≥ 40
- легкий пылеватый	$7 < I_p \leq 12$	< 40
- тяжелый песчанистый	$12 < I_p \leq 17$	≥ 40
- тяжелый пылеватый	$12 < I_p \leq 17$	< 40
Глина:		
- легкая песчанистая	$17 < I_p \leq 27$	≥ 40
- легкая пылеватая	$17 < I_p \leq 27$	< 40
- тяжелая	$I_p > 27$	Не регламентируется

Приложение 2

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 \leq I_p \leq 17$
Глина	$I_p \leq 17$ $I_p \leq 17$
Примечание- Илы подразделяют по значениям числа пластичности, указанным в таблице, на супесчаные, суглинистые и глинистые.	

Приложение 3

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести $I_L, д.е.$
Супесь: - твердая - пластичная - текучая	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 1,00$ $I_L \leq 1,00$
Суглинки и глины: - твердые - полутвердые - тугопластичные - мягкопластичные - текучепластичные - текучие	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 \leq I_L \leq 0,50$ $0,50 \leq I_L \leq 0,75$ $0,75 \leq I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ГАЗОНЕФТЕХРАНИЛИЩ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных работ
по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
всех форм обучения*

Составители:

Калинина Алина Игоревна
Благовестная Екатерина Олеговна

В авторской редакции

Подписано к изданию 20.06.2022.

Уч.-изд. л. 1,3

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84