

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИМЕНИ П.А.КОСТЫЧЕВА»**

С.Н. Борычев, Н.А. Суворова, Е.В. Лунин, С.Г. Малюгин

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ**  
**НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ**

Рекомендовано

УМК по транспортному строительству

УМО вузов РФ Минобрнауки России по образованию в области строительства

в качестве учебного пособия

для студентов высших учебных заведений, обучающихся

по направлению подготовки «Строительство»

Рязань 2015

УДК. 624-15

ISBN 978-59860-094-9.

Борычев С.Н., Суворова Н.А., Лунин Е.В., Малюгин С.Г. Основы проектирования сооружений на естественном основании: Учебное пособие / Рязань. ФГБОУ ВПО РГАТУ имени П.А. Костычева, 2015. Стр. 118

Рецензенты:

И.Б. Тришкин - доктор технических наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины» ФГБОУ ВПО РГАТУ имени П.А. Костычева

Л.Ф. Шашкина - начальник независимой аккредитованной лаборатории ООО «Центр исследования строительных конструкций и материалов»

В учебном пособии изложены основные положения проектирования сооружений в различных инженерно-геологических условиях, по предельным состояниям: выбор глубины заложения, определение расчетного сопротивления грунта основания, размеров подошвы фундаментов и расчет оснований по деформациям. Условие каждого раздела формулируется текстом с пояснениями, сопровождается приложениями из ГОСТов, СП, алгоритмами и блок-схемами которые содержат подробные указания о последовательности выполнения проектирования и отражают потребности будущего инженера при решении проблем профессиональной деятельности характеризуя образовательный результат. Реализован расчет в системе общестроительных расчетов «BASE». Особое внимание уделено междисциплинарным связям. Обращено внимание на важное профессиональное значение изучаемых вопросов.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Строительство», всех форм обучения.

© Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, 2015

© Борычев С.Н., Суворова Н.А.,  
Лунин Е.В., Малюгин С.Г. 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие направлено на обучение студентов методам расчета, проектирования сооружений на естественном основании, устройства фундаментов, которые являются наиболее ответственными конструктивными элементами сооружений в различных инженерно-геологических условиях.

Авторы ставили своей целью дать студентам рекомендации по работе над курсовым и дипломным проектированием в соответствии с методиками изложенными в существующих сводах Правил (СП), СНиПах, ГОСТах в виде алгоритмов деятельности. Методы расчета фундаментов, как и их конструкции постоянно совершенствуются. Эти изменения учитываются при подготовке инженеров-строителей. Одним из возможных путей формирования профессиональной компетентности является включение в образовательный процесс программных комплексов расчета конструкций на ЭВМ – системы общестроительных расчетов «BASE». В приложении учебного пособия приведены основные и необходимые выдержки из действующих нормативных документов по проектированию оснований и расчету фундаментов на естественном основании.

При проектировании оснований инженер разрабатывает имеющиеся на площадке строительства напластования грунтов, анализирует инженерно-геологические условия площадки строительства для принятия наиболее рациональных проектных решений.

Задача по проектированию сводится к выбору: несущего слоя грунта; глубины заложения фундамента и его конструкции; определению наиболее экономичных размеров и возможных деформаций грунтов основания при которых эксплуатация зданий и сооружений будет надежной и долговечной.

Изложенные в учебном пособии методики расчета и конструирования позволяют уверенно проектировать фундаменты мелкого заложения зданий и сооружений на естественном основании.

*К грунтам необходимо подходить  
с учетом их индивидуальных особенностей,  
но используя физические законы.*

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ**

### **1. Физические характеристики и классификация грунтов**

#### **1.1. Основные физические характеристики и классификация грунтов**

Проектирование фундаментов начинается с оценки строительных свойств грунтов, их физико-механических характеристик определяемых на основе полевых и лабораторных исследований и расчетов. Оценка физико-механических характеристик слоев грунта проводят по каждому слою, с целью возможности использования его в качестве естественного основания [8].

Для качественной оценки свойств грунтов производят предварительное разделение грунтов на пылевато-глинистые и песчаные.

К пылевато-глинистым относятся грунты, имеющие влажность на границе текучести  $W_L$  и на границе раскатывания  $W_P$ .

Число пластичности определяем по формуле

$$I_p = W_L - W_P, \quad (1.1)$$

где  $I_p$  – число пластичности, %;

$W_L$  – влажность на границе текучести, %;

$W_P$  – влажность на границе раскатывания, %.

Показатель текучести  $I_L$  пылевато-глинистых грунтов - это отношение разности влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: естественному  $W$  и на границе раскатывания  $W_P$ , к числу пластичности  $I_p$  определяют по формуле

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}, \quad (1.2)$$

где  $W$  – природная, естественная влажность, %.

Коэффициент пористости  $e$  определяется по формуле

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + W) - 1, \quad (1.3)$$

где  $\rho$  – плотность грунта естественного сложения, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_s$  – плотность твердых частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;

Коэффициент водонасыщения грунта определяется по формуле

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}. \quad (1.4)$$

где  $\rho_w$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup>;

Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды, определяют по формуле

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (1.5)$$

где  $\gamma_w$  – удельный вес воды, кН/м<sup>3</sup>;

$\gamma_s$  – удельный вес твердых частиц, кН/м<sup>3</sup>;

Удельный вес определяют по формуле

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (1.6)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Определение типа песчаного грунта производится по гранулометрическому составу зерен, по содержанию частиц различной крупности, плотности и влажности. Для этого последовательно, начиная с самой крупной фракции, суммируют процентные содержания частиц, каждый раз сравнивая полученную сумму с соответствующими величинами. Плотность песчаных грунтов определяется в зависимости от коэффициента пористости  $e$ .

Полученные физические характеристики сопоставляют с классификационными показателями (табл. 1.1-1.5, прил. 1).

После оценки свойств грунтов основания находят значение  $R_0$  – условного расчетного сопротивления грунта. На площадках с благоприятными инженерно – геологическими условиями при проектировании фундаментов сооружений III класса нормы допускают использовать табличные (справочные) значения расчетных сопротивлений основания  $R_0$  (табл. 1.6 - 1.7, прил. 1)

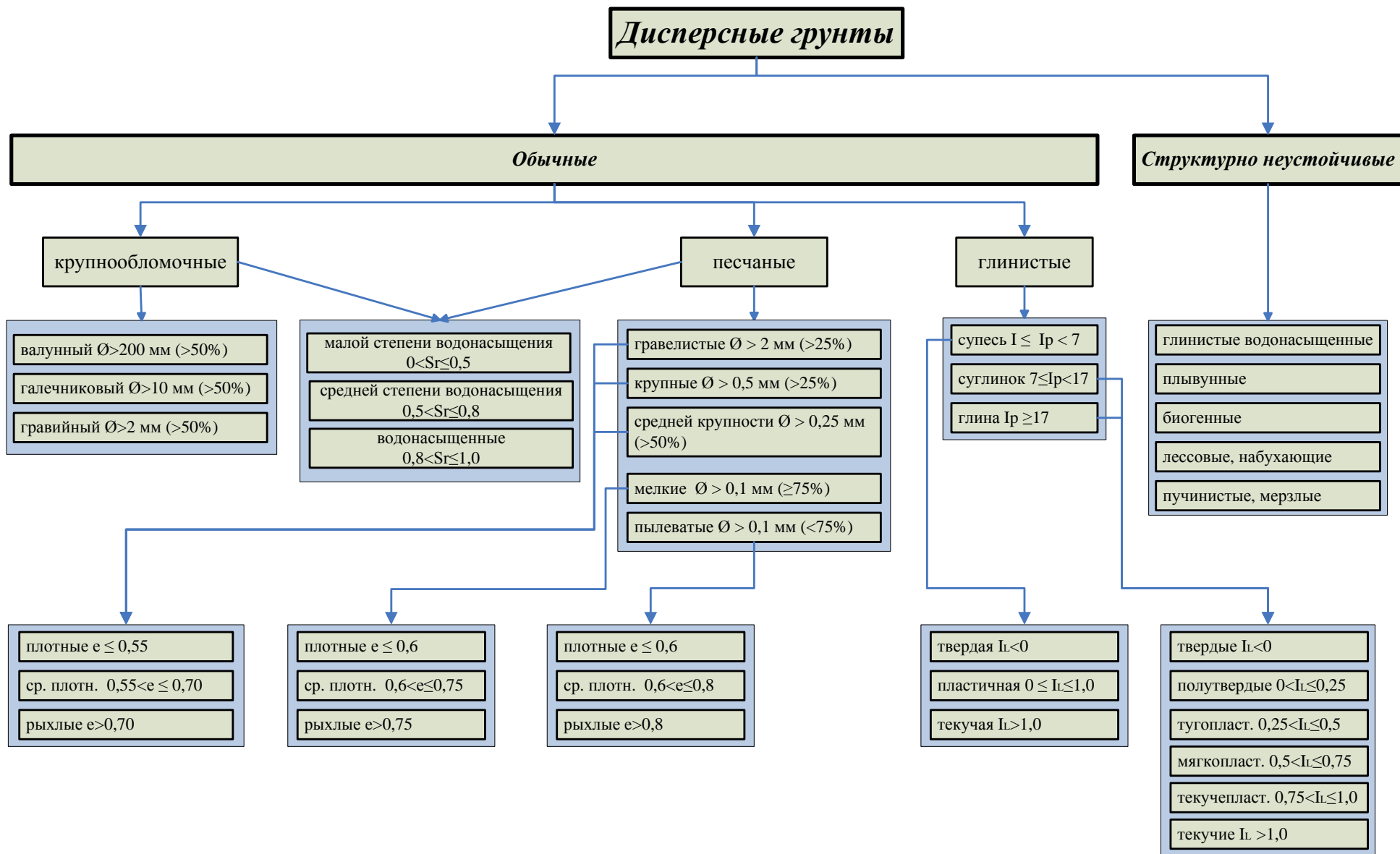
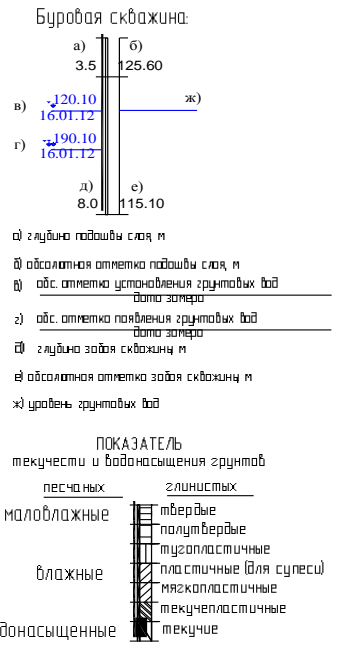
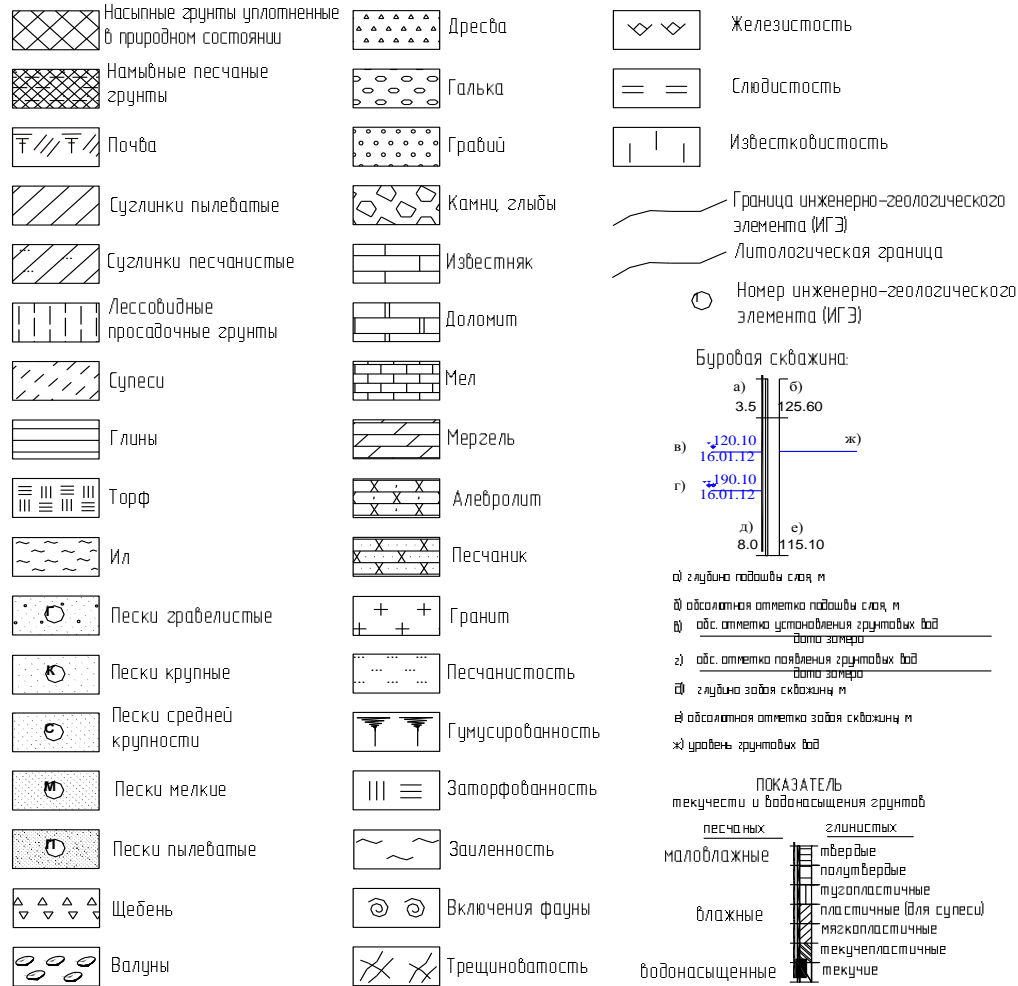


Рисунок 1.1– Классификационные показатели дисперсных грунтов

## Условные обозначения к инженерно-геологическим разрезам (ГОСТ 21.302-96)



| Возраст грунтов  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Система          | Отдел                   |
| Четвертичная (Q) | Современный (Q4)        |
|                  | Верхнечетвертичный (Q3) |
|                  | Среднечетвертичный (Q2) |
| Неогеновая (N)   | Верхнеогеновый (N2)     |
|                  | Нижнеогеновый (N1)      |
| Палеогеновая (P) | Верхнепалеогеновый (P3) |
|                  | Среднепалеогеновый (P2) |
|                  | Нижнепалеогеновый (P1)  |
| Меловая (K)      | Верхнемеловой (K2)      |
|                  | Нижнемеловой (K1)       |
| Юрская (J)       | Верхнеюрский (J3)       |
|                  | Среднеюрский (J2)       |
| Триасовая (T)    | Верхнетриасовый (T3)    |
|                  | Среднетриасовый (T2)    |
|                  | Нижнетриасовый (T1)     |
| Пермская (P)     | Верхнепермский (P2)     |
|                  | Нижнепермский (P1)      |

| Наименование четвертичных отложений и их индекс |      |
|---|------|
| Дельтавиальные                                  | - d  |
| Аллювиальные                                    | - a  |
| Аллювиально-флювиогляциальные                   | - af |
| Флювиогляциальные                               | - f  |
| Ледниковые                                      | - g  |
| Озерные   | - l  |
| Аллювиально-дельтавиальные                      | - ad |
| Балотные  | - h  |
| Биогенные                                       | - b  |
| Аллювиально-балотные                            | - ah |
| Озерно-ледниковые                               | - lg |
| Техногенные                                     | - t  |
| Проллювиально-дельтавиальные                    | - pd |

- Места отбора образцов и проб вад:
- - место отбора образца ненарушенной структуры (монолита)
  - ▲ - место отбора образца нарушенной структуры
  - - место отбора пробы грунтовой вады

Рисунок 1.2 – Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям по ГОСТ 21.302-2013

## **1.2. Алгоритм к блок-схеме по определению классификационных показателей грунтов**

1. Выбор исходных данных характеристик грунтов  $W_p$ ,  $W_L$ . Если да, то переход к п. 2, если нет, то к п. 6, 7, 8, 9.
2. Вычисление числа пластичности  $I_p$  по формуле (1.1).
3. Определение состояния пылевато-глинистых грунтов (таблица 1.1 приложение 1).
4. Вычисление показателя текучести  $I_L$  по формуле (1.2).
5. Определение разновидности по показателю текучести (таблица 1.2 приложение 1).
6. Вычисление гранулометрического состава и определение наименования песка (таблица 1.3 приложение 1).
7. Вычисление коэффициента пористости  $e$  по формуле (1.3).
8. Определение разновидности песчаных грунтов по плотности (таблица 1.4 приложение 1).
9. Вычисление коэффициента водонасыщения  $S_r$  формуле (1.4) и определение водонасыщения (таблица 1.5 приложение 1).
10. Вычисление расчетного сопротивления грунта основания  $R$ : для пылевато-глинистых грунтов используя метод интерполяции и таблицу 1.7 приложения 1; для песчаных - таблицу 1.6 приложения 1.



### Блок-схема к определению разновидностей грунтов

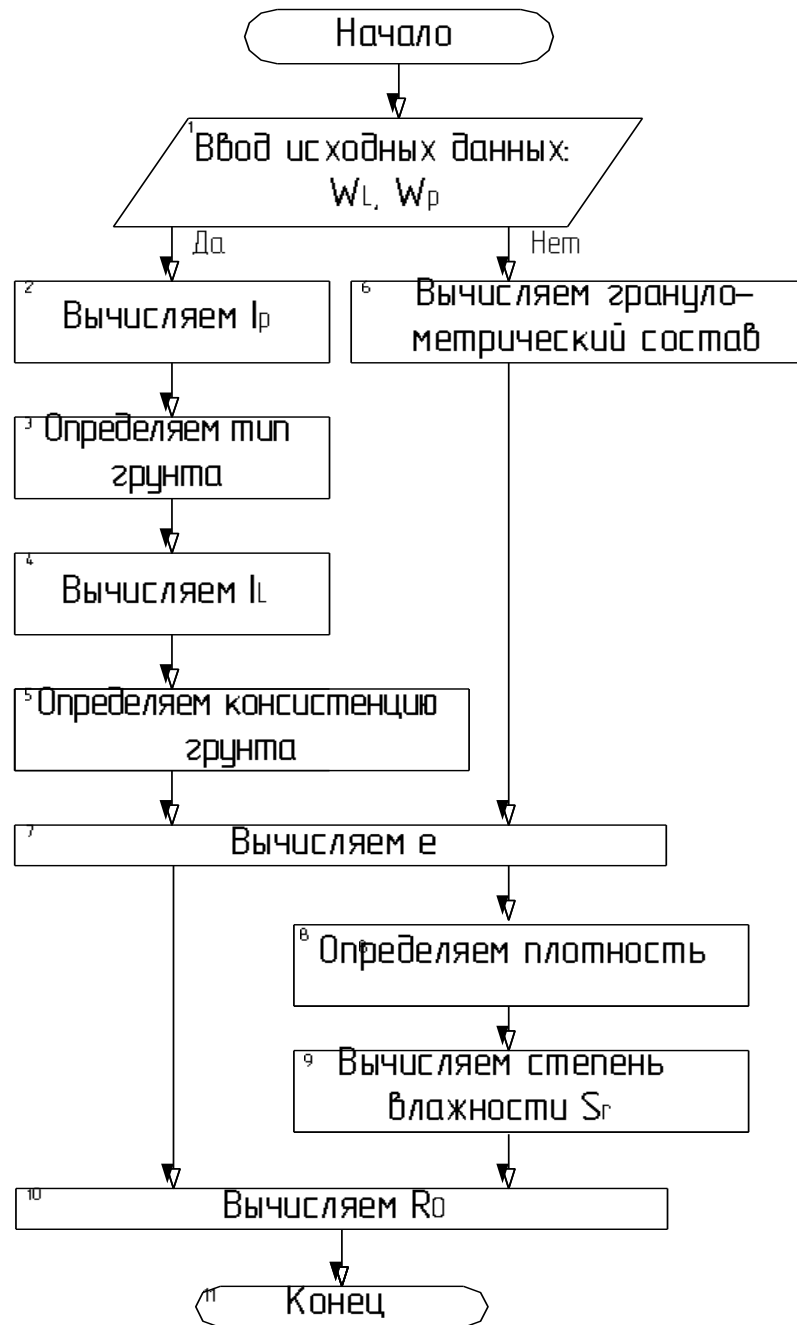


Рисунок 1.3 – Блок-схема к определению классификационных показателей грунтов

**Пример 1.1.** Оценить инженерно-геологические условия площадки строительства, данные о грунтах приведены в таблицах 1.1 - 1.6. Выполнить построение геологических колонок по скважинам № 2, 3 и разрезов по линии I-I и II-II.

За основу залегания грунтов взяты материалы результатов инженерно-геологических изысканий. Основные физико-механические свойства грунтов составлены на основе полевых и лабораторных исследований и представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные показатели грунтов

| № скважин | Процентное содержание фракций в мм. |      |       |          |           |           | Пределы пластичности %    |                          | Естественная влажность W % |
|-----------|-------------------------------------|------|-------|----------|-----------|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
|           | >2                                  | 2-1  | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0.25-0.10 | 0.10-0.05 | W <sub>L</sub><br>верхний | W <sub>p</sub><br>нижний |                            |
| 1         | Насыпной, растительный слой         |      |       |          |           |           |                           |                          |                            |
| 2         |                                     |      |       |          |           |           | 30.0                      | 17.0                     | 22.0                       |
| 3         |                                     |      |       |          |           |           | 25.0                      | 15.0                     | 19.0                       |
| 4         |                                     |      |       |          |           |           | 25.4                      | 18.7                     | 5.02                       |
| 5         | -                                   | 0.01 | 0.03  | 3.39     | 55.4      | 41.17     | -                         | -                        | 17.0                       |

Продолжение таблицы – 1.1

| № скважин | Плотность грунта г/см <sup>3</sup> |      |                | Удельное сцепление С кПа | Угол внутреннего трения φ° | Модуль деформации E МПа | Геологический индекс |       |
|-----------|------------------------------------|------|----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
|           | ρ <sub>s</sub>                     | ρ    | ρ <sub>d</sub> |                          |                            |                         |                      |       |
| 1         | Насыпной, растительный слой        |      |                |                          |                            |                         |                      | th IV |
| 2         | 2.68                               | 1.89 | 1.55           | 18                       | 19                         | 15                      | Pr II-III            |       |
| 3         | 2.71                               | 2.00 | 1.68           | 21                       | 22                         | 17                      | fgl II               |       |
| 4         | 2.70                               | 1.80 | 1.67           | 6                        | 25                         | 10                      | fgl II               |       |
| 5         | 2.66                               | 1.92 | 1.68           | 2                        | 26                         | 11                      | fgl II               |       |

Таблица 1.2 – Инженерно-геологическая колонка скважины 1, абсолютная отметка устья 137.26

| Стратиграфический индекс | Глубина залегания в м. |     | Мощность слоя в м. | Абс. отметка грунтовых вод |
|--------------------------|------------------------|-----|--------------------|----------------------------|
|                          | от                     | до  |                    |                            |
| th IV                    | 0.0                    | 0.7 | 0.7                |                            |
| Pr II-III                | 0.7                    | 2.3 | 1.6                |                            |
| fgl II                   | 2.3                    | 3.9 | 1.6                |                            |
| fgl II                   | 3.9                    | 4.3 | 0.4                | 132.05                     |
| fgl II                   | 4.3                    | 10  | 5.7                |                            |

Таблица 1.3 – Инженерно-геологическая колонка скважины 2, абсолютная отметка устья 137.16

| Стратиграфический индекс | Глубина залегания в м. |      | Мощность слоя в м. | Абс. отметка грунтовых вод |
|--------------------------|------------------------|------|--------------------|----------------------------|
|                          | от                     | до   |                    |                            |
| th IV                    | 0.0                    | 0.5  | 0.5                |                            |
| Pr II-III                | 0.5                    | 2.5  | 2                  |                            |
| fgl II                   | 2.5                    | 3.75 | 1.25               |                            |
| fgl II                   | 3.75                   | 4.35 | 0.6                | 132.26                     |
| fgl II                   | 4.35                   | 10   | 5.65               |                            |

Таблица 1.4 – Инженерно-геологическая колонка скважины 3, абсолютная отметка устья 136.39

| Стратиграфический индекс | Глубина залегания в м. |     | Мощность слоя в м. | Абс. отметка грунтовых вод |
|--------------------------|------------------------|-----|--------------------|----------------------------|
|                          | от                     | до  |                    |                            |
| th IV                    | 0.0                    | 0.7 | 0.7                |                            |
| Pr II-III                | 0.7                    | 2.2 | 1.5                |                            |
| fgl II                   | 2.2                    | 3.8 | 1.6                |                            |
| fgl II                   | 3.8                    | 4.2 | 0.4                | 131.59                     |
| fgl II                   | 4.2                    | 10  | 4.8                |                            |

Таблица .15 – Геологическая колонка скважины 4, абсолютная отметка устья 137.00

| Стратиграфический индекс | Глубина залегания в м. |     | Мощность слоя в м. | Абс. отметка грунтовых вод |
|--------------------------|------------------------|-----|--------------------|----------------------------|
|                          | от                     | до  |                    |                            |
| th IV                    | 0.0                    | 1.7 | 1.7                |                            |
| Pr II-III                | 1.7                    | 3.1 | 1.4                |                            |
| fgl II                   | 3.1                    | 4.6 | 1.5                |                            |
| fgl II                   | 4.6                    | 5.0 | 0.4                | 131.30                     |
| fgl II                   | 5.0                    | 10  | 5.0                |                            |

Таблица 1.6 – Инженерно-геологическая колонка скважины 5, абсолютная отметка устья 135,90

| Стратиграфический индекс | Глубина залегания в м. |     | Мощность слоя в м. | Абс. отметка грунтовых вод |
|--------------------------|------------------------|-----|--------------------|----------------------------|
|                          | от                     | до  |                    |                            |
| th IV                    | 0.0                    | 0.6 | 0.6                |                            |
| Pr II-III                | 0.6                    | 2.0 | 1.4                |                            |
| fgl II                   | 2.0                    | 3.5 | 1.5                |                            |
| fgl II                   | 3.5                    | 3.9 | 0.4                | 131.42                     |
| fgl II                   | 3.9                    | 10  | 6.1                |                            |

Для заданного варианта грунтовых условий производим классификационную оценку физико-механических характеристик слоев грунтов площадки строительства с целью использования их в качестве естественного основания.

Первый слой – насыпной, растительный – слежавшийся.

Рассмотрим второй слой.

По ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация», состояние грунтов определяем по числу пластичности  $I_p$  и показателю (индексу) текучести  $I_L$  по соответствующим формулам (3.1) и (3.2) [8]

$$I_p = (0,30 - 0,17) = 0,13 - \text{суглинок (табл.1.1, прил. 1).}$$

$$I_L = \frac{0,22 - 0,17}{0,3 - 0,17} = 0,385 - \text{тугопластичный (табл.1.2, прил. 1).}$$

Коэффициент пористости определяем по формуле (1.3)

$$e = \frac{2,68}{1,89} \cdot (1 + 0,22) - 1 = 0,73$$

После оценки свойств грунтов основания определяем значение условного расчетного сопротивления грунта  $R_0$  (табл.1.7, прил. 1).

Таблица 1.7 – Вычисление расчётного сопротивления второго слоя грунта

| e    | Значение $R_0$ , при показателе<br>текучности грунта, кПа |               |           |
|------|---|---------------|-----------|
|      | $I_L = 0$   | $I_L = 0,385$ | $I_L = 1$ |
| 0,7  | 250   |               | 180       |
| 0,73 | 245,01  | 216,9         | 172,01    |
| 1,0  | 200   |               | 100       |

С помощью интерполяции находим промежуточные значения  $R_0$ .

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1);$$

$$y_1 = 250 + \frac{200 - 250}{1,0 - 0,7} \cdot (0,73 - 0,7) = 245,01 \text{ кПа};$$

$$y_2 = 180 + \frac{100 - 180}{1,0 - 0,7} \cdot (0,73 - 0,7) = 172,01 \text{ кПа};$$

$$y = 245 + \frac{172,01 - 245,01}{1,0 - 0} \cdot (1,0 - 0,38) = 216,9 \text{ кПа}.$$

Второй слой – суглинок тугопластичный, с расчетным сопротивлением  $R_0 = 216,9$  кПа.

Рассмотрим третий слой.

$$I_p = (0,25 - 0,15) = 0,10 \text{ – суглинок (табл.1.1, прил. 1)}.$$

$$I_L = \frac{0,19 - 0,15}{0,25 - 0,15} = 0,4 \text{ – тугопластичный (табл.1.2, прил. 1)}.$$

$$e = \frac{2,71}{2,0} \cdot (1 + 0,19) - 1 = 0,612$$

Таблица 1.8 – Вычисление расчётного сопротивления третьего слоя грунта

| e     | Значение $R_0$ , при показателе<br>текучности грунта, кПа |             |           |
|-------|---|-------------|-----------|
|       | $I_L = 0$   | $I_L = 0,4$ | $I_L = 1$ |
| 0,5   | 300   |             | 250       |
| 0,612 | 271,9   | 247,4       | 210,64    |
| 0,7   | 250   |             | 180       |

Третий слой – суглинок тугопластичный, с расчетным сопротивлением  $R_0 = 247,4$  кПа.

Рассмотрим четвертый слой.

$$I_p = (0,254 - 0,187) = 0,067 - \text{супесь (табл.1.1, прил. 1).}$$

$$I_L = \frac{0,0502 - 0,187}{0,254 - 0,187} = -2,04 - \text{твердая (табл.1.2, прил. 1).}$$

$$e = \frac{2,7}{1,8} \cdot (1 + 0,0502) - 1 = 0,575$$

Таблица 1.9 – Вычисление расчётного сопротивления четвертого слоя грунта

| e     | Значение $R_0$ , при показателе<br>текучности грунта, кПа |
|-------|---|
|       | $I_L = 0$   |
| 0,5   | 300   |
| 0,575 | 281,18  |
| 0,7   | 250   |

Четвертый слой – супесь твердая, с расчетным сопротивлением  $R_0 = 281,18$  кПа.

Рассмотрим пятый слой.

Вычисление гранулометрического состава и определение наименования песка (табл. 1.3 прил. 1).

0,04 % – крупнее 0.5 мм

0,04+3,39= 3,43 % – крупнее 0.25 мм

3,43+55,4=58,83 % – крупнее 0.1 мм, т.о. песок пылеватый (табл.1.3, прил. 1).

$$e = \frac{2,66}{1,92} \cdot (1 + 0,17) - 1 = 0,621$$

Средней плотности (табл.1.4, прил. 1).

Коэффициент водонасыщения определяется по формуле (1.4)

$$S_{r5} = \frac{0,17 \cdot 2,66}{0,621 \cdot 1} = 0,73 - \text{влажный (табл.1.5, прил. 1).}$$

Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды вычисляют по формуле (1.5)

$$\gamma_{sb}^5 = \frac{26,6 - 10}{1 + 0,62} = 10,24 \text{ кН/м}^3$$

Пятый слой – песок пылеватый, средней плотности, с расчетным сопротивлением  $R_0 = 150$  кПа.

Вывод: грунты строительной площадки имеют слоистое напластование с выдержанным залеганием. Все грунты можно использовать в качестве естественного основания ( $E > 5$  МПа,  $R > 100$  кПа), кроме верхнего насыпного слоя.

Результаты расчета классификационных показателей сводим в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Расчетные классификационные показатели грунтов

| № пп | Число пластичности $I_p$ | Показатель текучести $I_L$ | Коэффициент пористости $e$ | Наименование грунта                         | Расчетное сопротивление $R_0$ , кПа |
|------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---|-------------------------------------|
| 1    |                          |                            |                            | Насыпной, растительный слой                 |                                     |
| 2    | 0,13                     | 0,385                      | 0,73                       | Суглинок тугопластичный                     | 216,9                               |
| 3    | 0,1                      | 0,4                        | 0,612                      | Суглинок тугопластичный                     | 247,4                               |
| 4    | 0,067                    | < 0                        | 0,575                      | Супесь твердая                              | 281,18                              |
| 5    | -                        | -                          | 0,621                      | Песок пылеватый, средней плотности, влажный | 150                                 |

Выполняем построение геологических колонок скважин №2, №3 и инженерно-геологических разрезов по линиям I–I и II–II.

Геолого-литологическая колонка скв. 2

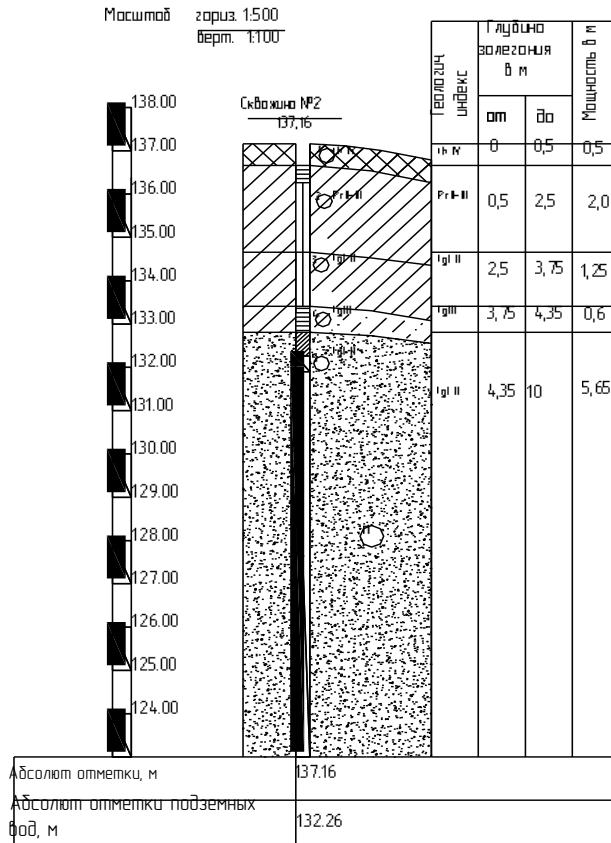


Рисунок 1.3 – Геологическая колонка скважины № 2

Геолого-литологическая колонка скв. 3

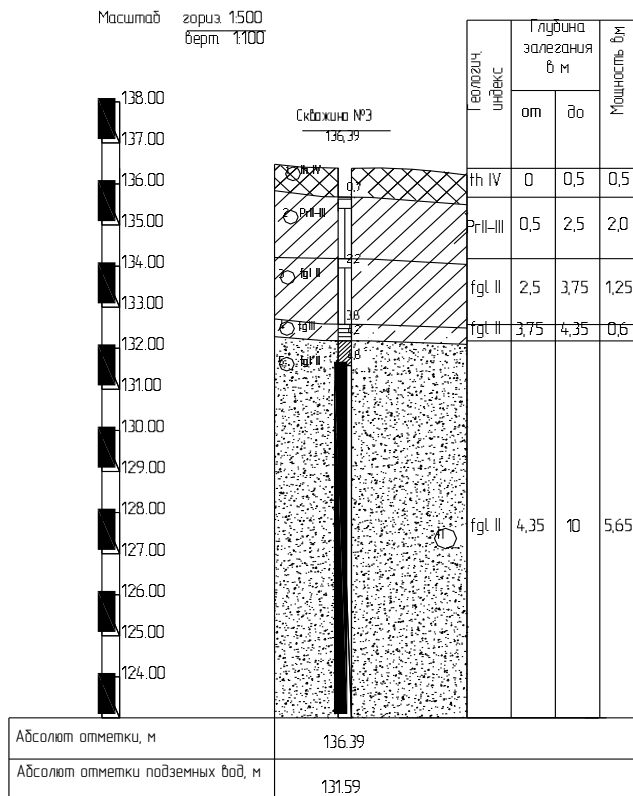


Рисунок 1.4 – Геологическая колонка скважины № 3



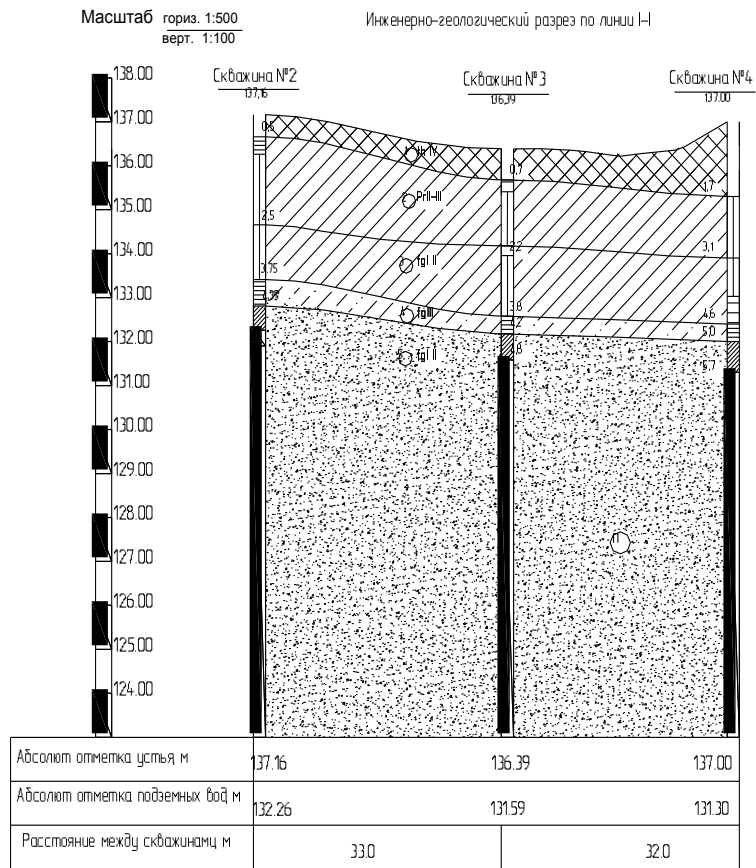


Рисунок 1.5 – Инженерно-геологический разрез по линии I-I

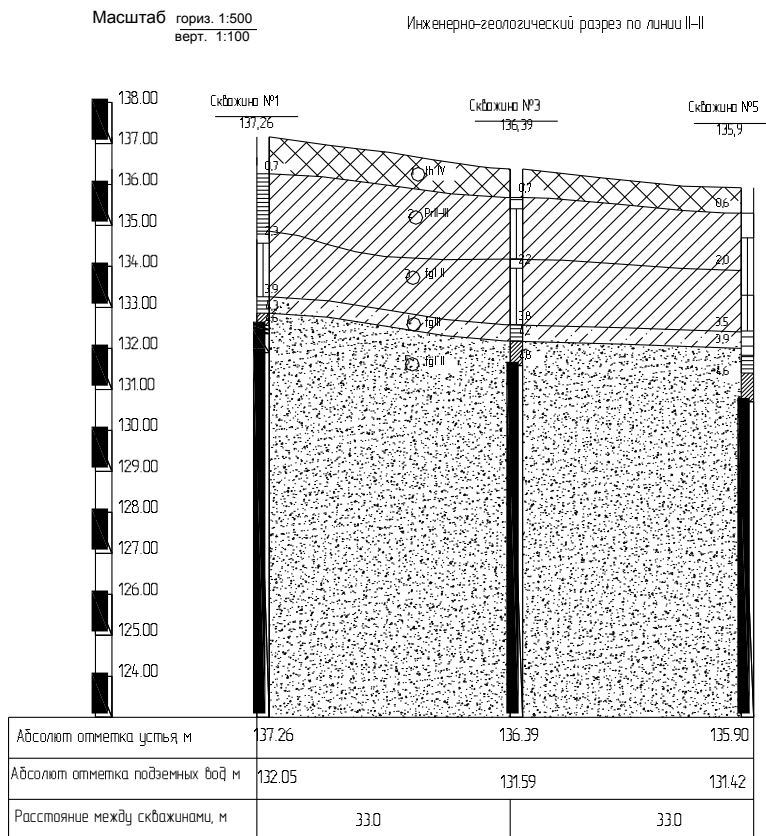


Рисунок 1.6 – Инженерно-геологический разрез по линии II-II

*... Победить природу  
можно только подчиняясь ей.*

*Философ Л. Сенека.*

## **2. Определение глубины заложения подошвы фундаментов**

Глубина заложения фундаментов должна назначаться с учетом рассмотрения следующих результатов: инженерно-геологических и гидрологических условий площадки строительства; глубины сезонного промерзания грунтов; назначения, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений; характера и величины нагрузок и воздействий на фундаменты; рельефа застраиваемой территории и способов производства работ; типа и глубины заложения фундаментов примыкающих сооружений и др.

Нормативную глубину сезонного промерзания грунта  $d_{fn}$  (для районов, где глубина промерзания не превышает 2,5 м.) допускается определять по формуле в соответствии с требованиями СП 22.13330.2011 [11]

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (2.1)$$

где  $M_t$  – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур воздуха в данном районе, принимаемых по табл. 5.1 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [12];

$d_0$  – величина, принимаемая равной для суглинков, глин 0,23; супесей, песков мелких и пылеватых 0,28; песков гравелистых, крупных и средней крупности 0,30; крупнообломочных грунтов 0,34.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле

$$d_f = k_h \cdot d_{fn}, \quad (2.2)$$

где  $d_{fn}$  – нормативная глубина промерзания, м;

$k_h$  – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимаемый для наружных фундаментов отапливаемых сооружений по таблице (табл. 2.1, прил. 2), а для наружных и внутренних фундаментов неотапливаемых сооружений  $k_h = 1,1$ , кроме районов с отрицательной среднегодовой температурой.

Нормы рекомендуют расчетную глубину заложения фундаментов наружных стен и колонн принимать в зависимости от положения уровня подземных вод и показателя текучести пылевато-глинистых грунтов, которые должны сохраняться в течение всего периода эксплуатации зданий (табл. 2.2, прил. 2).

**Пример 2.1.** Найти необходимую глубину заложения подошвы фундаментов наружных стен, общественного здания с полами, устраиваемыми на грунте. Район строительства г. Рязань. Грунтовые условия указаны в примере 1.1.

По СП 131.13330.2012 «Строительная Климатология» определяем безразмерный коэффициент для г. Рязани, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур воздуха за зиму [12]

$$M_t = 11 + 10 + 4,7 + 2,2 + 7 = 34,9;$$

Нормативную глубину сезонного промерзания грунта определяем по формуле (2.1), принимая для суглинков -  $d_0 = 0,23\text{м}$

$$d_{\text{н}} = 0,23 \cdot \sqrt{34,9} = 1,36\text{м}.$$

Коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения на глубину промерзания грунтов принимаем  $k_h = 0,5$  (табл. 2.1, прил. 2).

Расчётная глубина промерзания определяется по формуле (2.2)

$$d_f = 0,5 \cdot 1,36 = 0,68\text{м}.$$

Глубину заложения фундаментов назначаем 1,4м, с учетом глубины расположения уровня подземных вод (табл. 2.2, прил. 2).

### 3. Определение размеров подошвы фундаментов

#### 3.1. Определение расчетного сопротивления грунта основания по методике СП 22.13330.2011

Основания рассчитывают по двум группам предельных состояний с целью обеспечения совместной работы «основания – фундаменты – сооружения»:

– расчет по *первой* группе предельных состояний – по несущей способности ведется из условия

$$F \leq \frac{\gamma_c \cdot F_u}{\gamma_n} \quad (3.1)$$

где  $F$  – расчетная нагрузка на основание, кН;  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы;  $F_u$  – сила предельного сопротивления основания, кН;  $\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению сооружения.

– расчет по *второй* группе предельных состояний – по деформациям ведется из условия

$$S \leq S_u \quad (3.2)$$

где  $S$  – совместная деформация основания и сооружения;  $S_u$  – предельное значение совместной деформации основания и сооружения.

Расчет оснований по предельным состояниям – это выбор технического решения фундаментов, обеспечивающий невозможность достижения основанием предельных состояний, устанавливаемых по приложению Д, СП 22.133330.2011 [11].

Применяя теорию линейно деформируемой среды, где среднее давление под подошвой фундамента ограничивается развитием зон пластических деформаций под краями фундамента на глубину  $z$ , не превышающую  $0,25$  ширины подошвы фундамента, т.е.  $z \leq 0,25 \cdot b$ , Свод Правил [11] рекомендует, при проектировании фундаментов в открытых котлованах, обеспечивать условие ограничивающее среднее давление величиной расчетного сопротивления грунтов основания

$$p_{II} \leq R, \quad (3.3)$$

где  $p_{II}$  – среднее давление под подошвой фундамента, кПа;

$R$  – расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

Расчетное сопротивление грунта основания согласно СП 22.13330.2011 определяется по формуле [11]

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}), \quad (3.4)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы основания и сооружения, принимаемые по справочным таблицам (табл. 2.3, прил. 2);

$k$  – коэффициент: может быть равным  $k=1$ , если прочностные характеристики грунта,  $\varphi$  – угол внутреннего трения и  $c$  – удельное сцепление, определены опытным путем;  $k=1,1$  если характеристики приняты по справочным таблицам (табл. 3.1-3.3, прил. 3);

$M_{\gamma}, M_q, M_c$  – коэффициенты, принимаемые по таблице, в зависимости от  $\varphi$  – угла внутреннего трения слоя грунта, залегающего под подошвой фундамента (табл. 2.4 прил. 2);

$k_z$  – коэффициент, при  $b < 10$  м принимается  $k_z = 1$ , при  $b = 10$  м коэффициент рассчитывают  $k_z = z_0 / b + 0,2$  (при  $z_0 = 8$  м);

$b$  – ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma_{II}$  – осредненное расчетное значение удельного веса слоев грунтов, залегающих под подошвой фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м<sup>3</sup>;

$\gamma'_{II}$  – расчетное значение удельного веса слоя грунта, залегающего выше подошвы фундамента, то есть удельный вес грунта обратной засыпки, кН/м<sup>3</sup>. (может быть равным  $\gamma'_{II} = \gamma_{II} \cdot 0,95$ , где 0,95 коэффициент выражающий соотношение между удельными весами грунтов нарушенной и ненарушенной структуры);

$c_{II}$  – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа;

$d_b$  – глубина подвала, расстояние принимаемое от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают  $d_b = 2$  м);

$d_1$  – глубина заложения фундаментов бесподвальных зданий от уровня планировки, м, или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала определяемая по формуле

$$d_1 = h_s + h_{cf} \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{II}}, \quad (3.5)$$

где  $h_s$  – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

$h_{cf}$  – толщина конструкции пола подвала, м;

$\gamma_{cf}$  – расчетное значение удельного веса материала конструкции пола подвала, кН/м<sup>3</sup>.

### ***3.2. Определение размеров подошвы центрально нагруженных фундаментов***

Исходя из условия равновесия предварительную площадь подошвы центрально-нагруженного фундамента определяют по формуле

$$p_{II} = \frac{N_{0II} + N_{fII} + N_{sII}}{A} = \frac{N_{II}}{A}, \quad (3.6)$$

где  $N_{0II}$  – расчетная нагрузка по второй группе предельных состояний, приложенная к обрезу фундамента, кН;

$N_{fII}$  – расчетная нагрузка от веса фундамента, кН;

$N_{sII}$  – расчетная нагрузка от веса грунта и пола подвала, лежащих на уступах фундамента, кН;

$A$  – площадь подошвы фундамента, м<sup>2</sup>.

Суммарный вес фундамента и грунта на его уступах выразим через вес условного фундамента по формуле

$$N_{\text{III}} + N_{\text{SII}} = A \cdot d \cdot \gamma_{\text{мт}}, \quad (3.7)$$

где  $\gamma_{\text{мт}}$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунта и материала фундамента, принимается  $\gamma_{\text{мт}}=17$  кН/м<sup>3</sup> для подвальных зданий,  $\gamma_{\text{мт}}=20$  кН/м<sup>3</sup> для бесподвальных зданий [1, с. 69];

$d$  – глубина заложения фундамента, считая от планировочной отметки или пола здания по грунту, м;

Учитывая условие (3.7) получим уравнение

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{\text{мт}} \cdot d}, \quad (3.8)$$

где  $R_0$  – условное расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

После нахождения площади подошвы фундамента устанавливаются его размеры, ширина  $b$ :

1) в случае квадратной подошвы по формуле

$$b = \sqrt{A}, \quad (3.9)$$

2) в случае прямоугольной подошвы по формуле

$$b = \sqrt{A/\eta}, \quad (3.10)$$

где  $\eta = \frac{l}{b}$  – коэффициент отношения размеров фундамента большей стороны  $l$  к меньшей (ширине)  $b$ .

3) для ленточного (непрерывного) фундамента ширина численно равна площади подошвы, так как используемая расчетная нагрузка обычно приходится на  $l = 1$  м длины фундамента по формуле

$$b = A/l, \quad (3.11)$$

Найденные размеры подошвы фундамента округляются с учетом принятой модульности и унификации элементов конструкций (табл. 4.1- 4.3 прил. 4). Далее конструируют и рассчитывают фундамент на прочность.

По принятым размерам фундамента определяют его объем  $V_f$  и вес по формуле

$$N_{\text{III}} = V_f \cdot \gamma_b, \quad (3.12)$$

где  $\gamma_b$  – удельный вес материала, кН/м<sup>3</sup>, из которого будет изготовлен фундамент:

$\gamma_b > 25 \text{ кН/м}^3$  – особо тяжелые бетоны, применяемые для специальных защитных конструкций, изготавливают с применением особых видов заполнителей повышенной плотности (барит, магнетит, чугунный скрап...);

$\gamma_b = 22 \dots 25 \text{ кН/м}^3$  – тяжелый бетон, применяемый во всех несущих конструкциях, изготавливается на песке, гравии, щебне из тяжелых горных пород;

$\gamma_b = 18 \dots 22 \text{ кН/м}^3$  – облегченный, применяют преимущественно в несущих конструкциях.

Расчетный вес грунта над уступами фундамента находят из формулы

$$N_{\text{СИ}} = (A \cdot d - V_f) \cdot \gamma_{\text{II}}, \quad (3.13)$$

Вычисляем среднее давление по подошве фундамента

$$p_{\text{II}} = \frac{N_{\text{ОП}} + N_{\text{III}} + N_{\text{СИ}}}{b \cdot l}, \quad (3.14)$$

Затем проверяется условие (3.3).

### ***3.3. Алгоритм к блок-схеме по определению размеров центрально нагруженных фундаментов***

1. Выбор исходных данных и характеристик грунтов основания  $R_0, I_p, I_L, \gamma, \gamma_s, c, \varphi$ .
2. Ввод исходных данных о действующей нагрузке  $N_{\text{ОП}}$ , характеристиках здания  $L/H$ , наличии или отсутствии подвала  $\gamma_{\text{мт}}$  (3.7).
3. Назначение глубины заложения фундамента  $d_f$  по формуле (2.1, 2.2).
4. Вычисление в первом приближении площади подошвы фундамента  $A_0$  по формуле (3.8).



5. Вычисление в первом приближении ширины подошвы фундамента  $b_0$  по формулам (3.9 – 3.11).

6. Определение коэффициентов  $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}$  (табл. 2.3 прил. 2),  $M_\gamma, M_q, M_c$  (табл. 2.4 прил. 2), а также назначения коэффициентов  $k, k_z$  и глубины подвала  $d_b$ .

7. Вычисление глубины заложения фундаментов  $d_l$  по формуле (3.5) и определение расчетного значения удельного веса слоя грунта, залегающего под подошвой  $\gamma_{II}$  и выше подошвы фундамента  $\gamma'_{II}$ .

8. Определение предварительного расчетного сопротивления грунта основания  $R_l$  согласно формуле (3.4).

9. Вычисление площади подошвы фундамента  $A_l$  по формуле (3.8).

10. Вычисление по формулам (3.9 – 3.11) и назначение размеров фундамента  $b$  и  $l$  с учетом принятой модульности и унификации элементов конструкции (табл. 4.1 – 4.3, прил. 4).

11. Определение окончательного расчетного сопротивления грунта основания  $R$  согласно формуле (3.4).

12. Определение расчетной нагрузки от веса фундамента  $N_{fl}$ , расчетной нагрузки от веса грунта, лежащего на уступах фундамента  $N_{sn}$ , и пола подвала по формулам (3.12 и 3.13).

13. Вычисление среднего давления по подошве фундамента  $p_{II}$  (3.14).

14. Проверка условия (3.3). Если условие выполняется, то переход к п.16; если нет, то переход к п.15 и п.11.

15. Увеличиваем размеры подошвы фундамента  $b$  и  $l$ , повторяя расчет с п. 11.

16. Проверка слабого слоя. Если слабый слой присутствует, то переход к п.17, если нет, то к п.19.

17. Вычисляем  $\sigma_{zp}, \sigma_{zg}$  по формуле (3.27).

18. Проверка условия  $\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z$ . Если условие выполняется, то переход к п.19; если нет, то переход к п.15 и п.11.

19. Конец расчета.

**Блок-схема к определению размеров центрально  
нагруженных фундаментов**

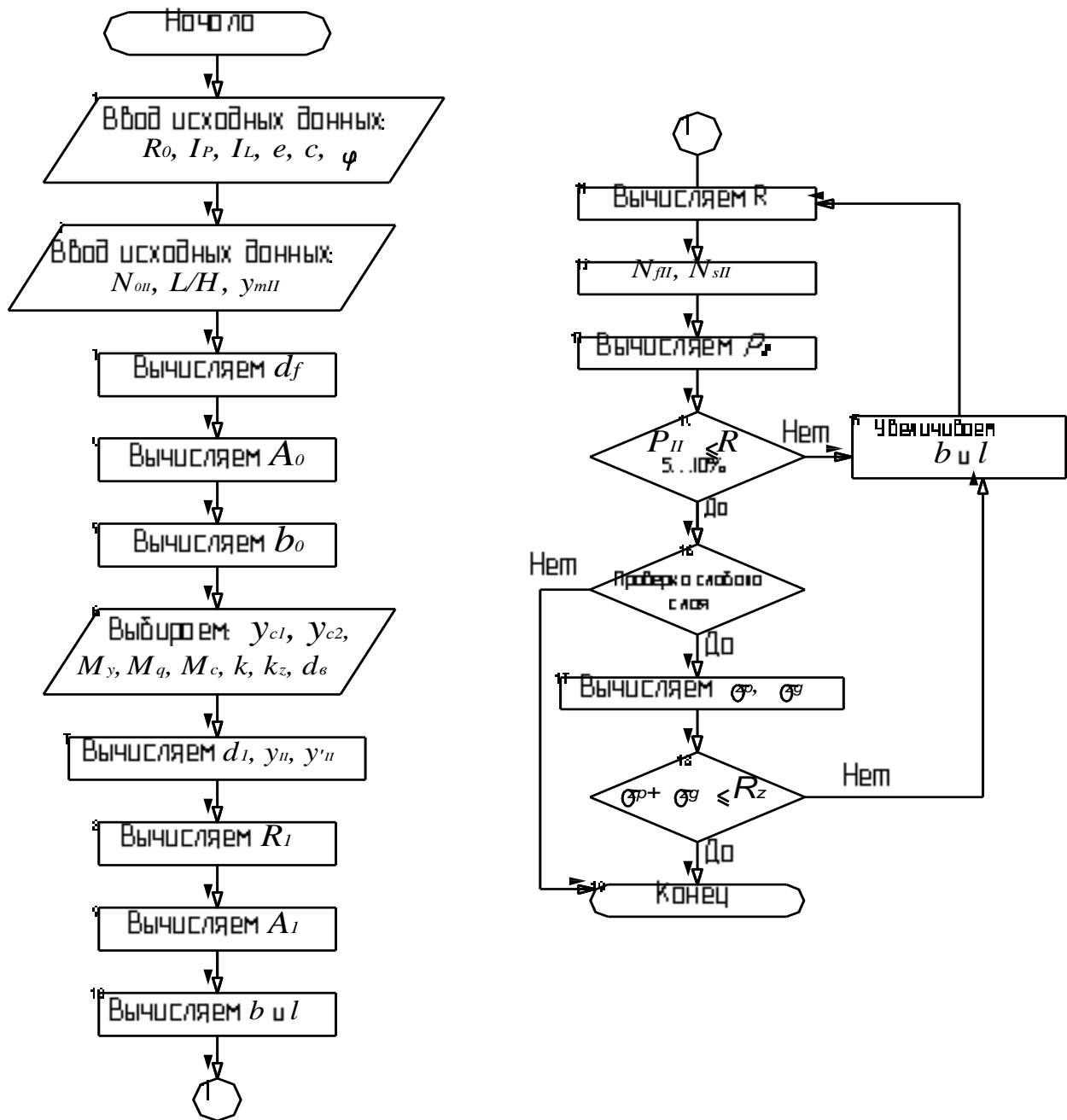


Рисунок 3.1 – Блок-схема по определению размеров  
центрально нагруженных фундаментов

### 3.4. Определение размеров подошвы внецентренно нагруженных фундаментов

Для внецентренно нагруженных, жестких фундаментов, при больших эксцентриситетах –  $e > 0,03b$ , увеличивают площадь подошвы фундамента на 20-30% и кроме условия  $p_{II} \leq R$ , должны проверяться следующие условия

$$P_{max} \leq 1,2R, \quad (3.15)$$

$$P_{min} > 0, \quad (3.16)$$

где  $P_{max}$ ,  $P_{min}$ , – крайевые давления подошвы внецентренно нагруженного фундамента.

Условие (3.16) обеспечивает исключение отрыва подошвы фундамента от грунта.

При относительном эксцентриситете  $e/l \leq 1/6$ , крайевые давления определяют по формуле

$$P = N/A + \gamma_{mt} d + M/W + M/W, \quad (3.17)$$

где  $M$  – момент от равнодействующей всех нагрузок, действующих по подошве фундамента, найденных с учетом заглубления фундамента в грунте и перераспределяющего влияния верхних конструкций или без этого учета, кН·м;

$W$  – момент сопротивления площади подошвы фундамента, м<sup>3</sup>;

Применительно к прямоугольной площади подошвы внецентренно нагруженных фундаментов крайевые давления можно определять по формулам

$$P_{max} = \frac{N_{II}}{A} \cdot \left(1 + \frac{6e_x}{l} + \frac{6e_y}{b}\right), \quad (3.18)$$

$$P_{min} = \frac{N_{II}}{A} \cdot \left(1 - \frac{6e_x}{l} - \frac{6e_y}{b}\right), \quad (3.19)$$

где  $e$  – эксцентриситеты равнодействующей относительно центра тяжести площади подошвы фундамента, м, определяется по формулам

$$e_x = \frac{M_{xII}}{N_{II}}, \quad (3.20)$$

$$e_y = \frac{M_{yII}}{N_{II}}. \quad (3.21)$$

В случае, когда момент действует только относительно одной главной оси инерции, что бывает достаточно часто, формулы (3.17 – 3.18) примут вид:

$$p_{\max} = \frac{N_{II}}{l \cdot b} \cdot \left(1 + \frac{6e}{l}\right), \quad (3.22)$$

$$p_{\min} = \frac{N_{II}}{l \cdot b} \cdot \left(1 - \frac{6e}{l}\right), \quad (3.23)$$

$$e = \frac{M_{II}}{N_{II}}. \quad (3.24)$$

### ***3.5. Алгоритм к блок-схеме по определению размеров внецентренно нагруженных фундаментов***

1. Выбор исходных данных и характеристик грунтов основания  $R_0, I_p, I_L, \gamma, \gamma_s, c, \varphi$ .
2. Ввод исходных данных о действующей нагрузке  $N_{0II}$ , характеристиках здания  $L/H$ , наличии или отсутствии подвала  $\gamma_m$  (3.7).
3. Назначение глубины заложения фундамента  $d_f$  по формуле (2.1, 2.2).
4. Вычисление в первом приближении площади подошвы фундамента  $A_0$  по формуле (3.8).
5. Вычисление в первом приближении ширины подошвы фундамента  $b_0$  по формуле (3.9 – 3.11).
6. Определение коэффициентов  $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}$  (табл. 2.3, прил. 2),  $M_\gamma, M_q, M_c$  (табл. 2.4, прил. 2), а также назначения коэффициентов  $k, k_z$  и глубины подвала  $d_b$ .
7. Вычисление глубины заложения фундаментов  $d_I$  по формуле (3.5) и расчетного значения удельного веса слоя грунта, залегающего под подошвой  $\gamma_{II}$  и выше подошвы фундамента  $\gamma'_{II}$ .
8. Определение предварительного расчетного сопротивления грунта основания  $R_I$  согласно формуле (3.4).
9. Вычисление площади подошвы фундамента  $A_I$  по формуле (3.8).
10. Увеличение площади подошвы на 20 %.

11. Вычисление по формулам (3.9 – 3.11) и назначение размеров фундамента  $b$  и  $l$  с учетом принятой модульности и унификации элементов конструкции (табл. 4.1– 4.3, прил. 4).

12. Определение окончательного расчетного сопротивления грунта основания  $R$  согласно формуле (3.4).

13. Определение расчетной нагрузки от веса фундамента  $N_{фл}$ , расчетной нагрузки от веса грунта, лежащего на уступах фундамента  $N_{su}$ , и пола подвала по формулам (3.12 и 3.13).

14. Вычисление среднего давления по подошве фундамента  $p_{II}$  (3.14).

15. Проверка условия (3.3). Если условие выполняется, то переход к п.17; если нет, то переход к п.16.

16. Увеличиваем размеры фундамента  $b$  и  $l$  и переход к п. 12.

17. Вычисляем  $e$  по формуле (3.24).

18. Проверка условия  $e \leq 0,03b$ . Если условие выполняется, то расчет фундамента как центрально нагруженного по п. 27; если нет, то переход к п. 19.

19. Определение максимального и минимального краевых напряжений  $R_{max}$ ,  $R_{min}$  по формулам (3.22, 3.23).

20. Проверка условия (3.15). Если условие выполняется, то переход к п. 21; если нет, то переход к п.16 и п.12.

21. Проверка условия (3.16). Если условие выполняется, то переход к п. 22; если нет, то переход к п.16 и п.12.

22. Проверка условия (3.15). Если условие выполняется, то переход к п. 24; если нет, то переход к п. 23.

23. Уменьшаем размеры фундамента  $b$  и  $l$ , переход к п. 12.

24. Проверка слабого слоя. Если слабый слой присутствует, то переход к п.25, если нет, то к п. 27.

25. Определение  $\sigma_{zp}, \sigma_{zg}$  по формуле (3.27).

26. Проверка условия  $\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z$  (3.27). Если условие выполняется, то переход к п.27; если нет, то переход к п.16 и п.12.

27. Конец расчета.

Блок-схема к определению размеров внецентренно нагруженных фундаментов

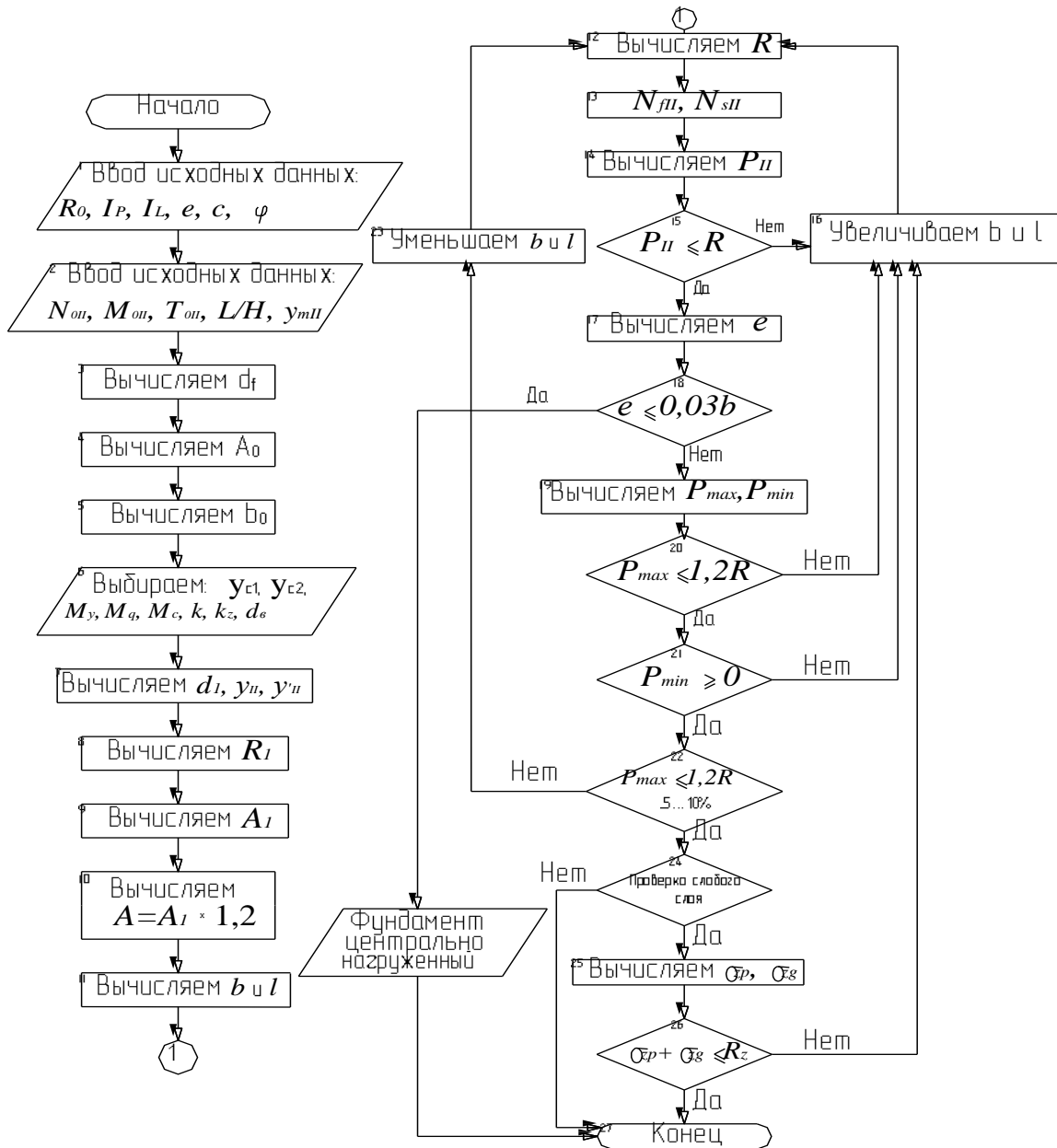


Рисунок 3.2 – Блок-схема по определению размеров внецентренно нагруженных фундаментов

### 3.6. Учет наличия подвала

При наличии подвала, фундаменты наружных стен воспринимают давление от обратной засыпки грунта и расположенной на её поверхности нагрузки. Тогда момент в плоскости подошвы фундамента приблизительно будет определяться по формуле [1, с. 79-81]

$$M_{II} = M_0'' + p_3 L^2 / 15 - N_s'' \cdot e_1 + N_{s \text{ пола}}'' \cdot e_2, \quad (3.25)$$

где  $L$ ,  $P_3$ , указаны на рисунке 3.3.

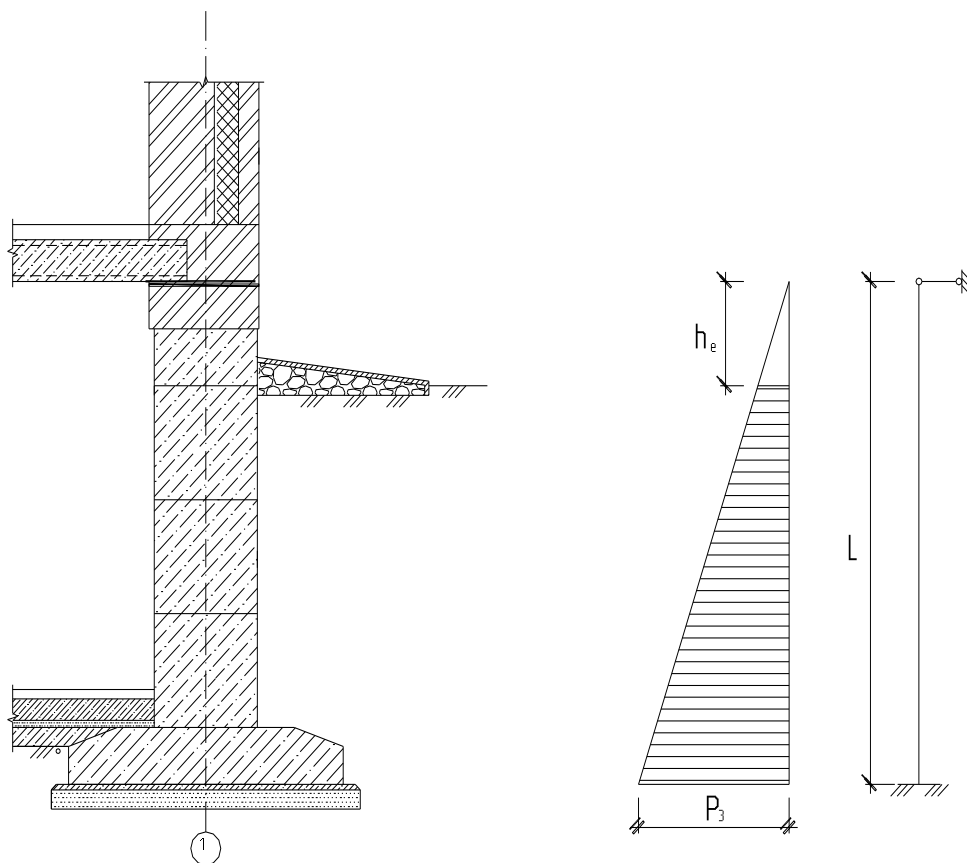


Рисунок 3.3 – Расчетная схема ленточного фундамента при наличии подвала

$P_3$  – интенсивность горизонтального давления грунта на стену подвала, на отметке подошвы фундамента, кПа, которая может быть определена по формуле

$$p_3 = \gamma_{II}^* \cdot L \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ + \frac{\psi}{2}), \quad (3.26)$$

где  $\psi$  – среднее значение угла сдвига, зависящее от  $\varphi$  и  $c$  грунта обратной засыпки:

- а) для водонасыщенного или влажного грунта при  $e < 4$ , а так же маловлажного при значениях  $e < 0,9$  принимают  $\psi$  равным  $40-45^\circ$ ;
- б) для водонасыщенного грунта при  $0,4 \leq e \leq 0,6$ , а так же влажного при значениях  $e \geq 0,4$  принимают  $\psi$  равным  $30-35^\circ$ ;
- в) для водонасыщенного грунта при  $e \geq 0,6$ , принимают  $\psi$  равным  $20-25^\circ$  [1].

### 3.7. Учет подстилающего слабого слоя грунта

При наличии в пределах сжимаемой толщи основания на глубине  $z$  от подошвы фундамента слоя грунта меньшей прочности, чем прочность грунта вышележащих слоев, размеры фундамента должны назначаться такими, чтобы для суммарного напряжения  $\sigma_z$  обеспечивалось условие

$$\sigma_z = (\sigma_{zp} - \sigma_{zy}) + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (3.27)$$

где  $\sigma_{zp}$ ,  $\sigma_{zy}$  и  $\sigma_{zg}$  – вертикальные напряжения в грунте на глубине  $z$  от подошвы фундамента, кПа;

$R_z$  – расчетное сопротивление грунта пониженной прочности, кПа, на глубине  $z$ , вычисленное по формуле (3.4) для условного фундамента шириной  $b_2$ , м, равной

$$b_2 = \sqrt{A_2 + a^2} - a, \quad (3.28)$$

где  $A_2 = N / \sigma_{zp}$ ;  $a = (l - b) / 2$ ,

здесь  $N$  – вертикальная нагрузка на основание от фундамента;

$l$  и  $b$  – соответственно длина и ширина фундамента.



### 3.8. Конструирование фундаментов

После проверки условий  $p_{II} \leq R$ ,  $P_{max} \leq 1,2R$  и  $P_{min} > 0$  выполняют конструирование фундамента, то есть форма и размеры его элементов по высоте.

Фундамент ленточный ФЛ - фундаментные подушки предназначены для изготовления основания ленточного фундамента под блоки стен, стены подвалов (рис. 3.4). Фактические размеры по длине фундаментной подушки меньше номинальной на 20 мм. Размеры по ширине и высоте равны номинальным. Высота плит ФЛ составляет: 300 мм при ширине от 600 до 1600 мм; 500 мм при ширине от 2000 до 4400 мм.

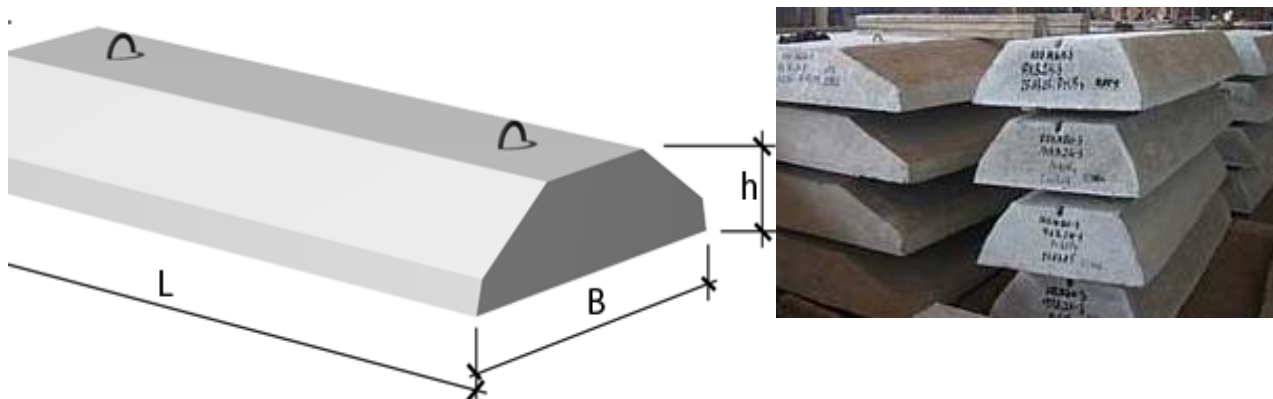


Рисунок 3.4 – Фундаментные подушки (ФЛ)

Например, маркировка ФЛ 32-12-1 расшифровывается следующим образом: ФЛ – фундамент ленточный; 32-12 – округленные до дм длина и ширина плиты; 1 – тип допустимой несущей нагрузки на плиту ленточного фундамента со стороны вышележащих фундаментных блоков и стен (табл. 4.3, прил.4). Типы несущей нагрузки (1, 2, 3, 4) на ленточный фундамент определяются давлением от вышележащих фундаментных блоков ФБС и стен (табл. 4.2, прил.4).

Блок фундаментный сплошной – ФБС (рис. 3.5) применяется для возведения фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений. В торцах изделия предусмотрены вырезы (для лучшего скрепления изделий друг с другом), которые при монтаже заполняются бетоном. Согласно ГОСТ 13579-78\* марка бетона для ФБС должна быть В12,5 М150 (табл. 4.4, прил. 4).

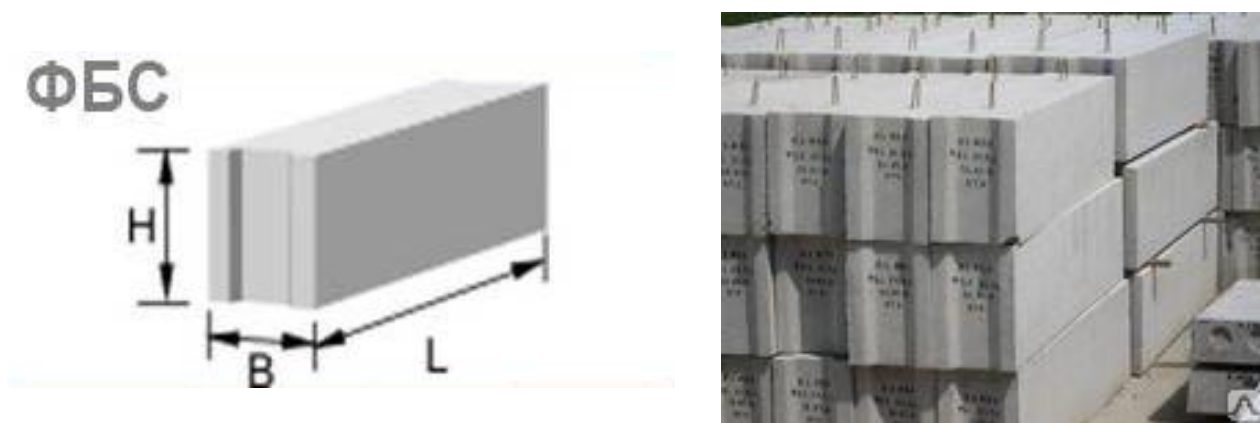


Рисунок 3.5 – Блок фундаментный сплошной

Например, маркировка ФБС 12-4-6 расшифровывается следующим образом: ФБС– фундаментный блок сплошной (стеновой); 12- 4 округленные до дм длина и ширина блока; 6 округленная до дм высота блока.

Для колонн принимается отдельный фундамент, состоящий из подколоники и плитной ступенчатой части, прямоугольной в плане (рис. 3.6).

В зависимости от общей высоты фундамента может быть одна, две или три ступени. Высоту ступеней принимают в пределах 0,3...0,6м, но не более 0,9м [1, 2, 6], кратной 0,15м. Ширина ступеней принимается кратной 0,1м.

Предельный угол распределения давления в плане (угол жесткости) принимается для бетонных фундаментов  $\alpha=35^{\circ}$ , а для железобетонных –  $\alpha=45^{\circ}$ . Окончательные размеры фундамента принимаются после выполнения расчетов по предельным состояниям.

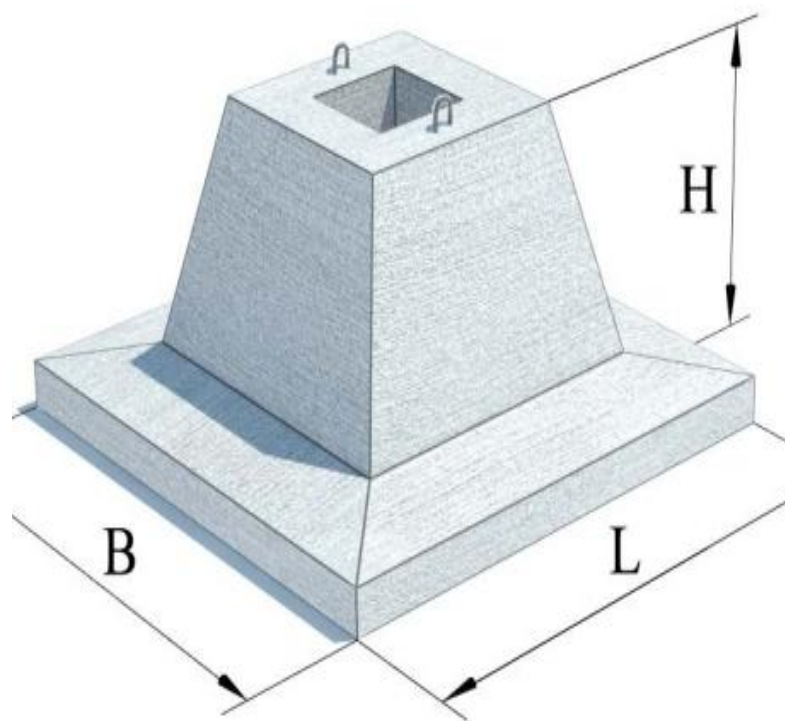


Рисунок 3.6 – Отдельно стоящие фундаменты под железобетонные колонны

### Пример 3.1.

Определить необходимые размеры подошвы отдельно стоящего фундамента под колонну 0,4x0,4м, к обрезу фундамента приложена нагрузка  $N_0^H = 470\text{кН}$ . Длина здания  $L=45\text{ м}$ , высота здания  $H=30\text{ м}$ , подвала нет. Грунтовые условия указаны *в примере 1.1*.

В качестве основания для фундаментов мелкого заложения наиболее благоприятным является второй слой – суглинок тугопластичный с  $I_L = 0,385$  и  $R_0 = 216,9\text{кПа}$ .

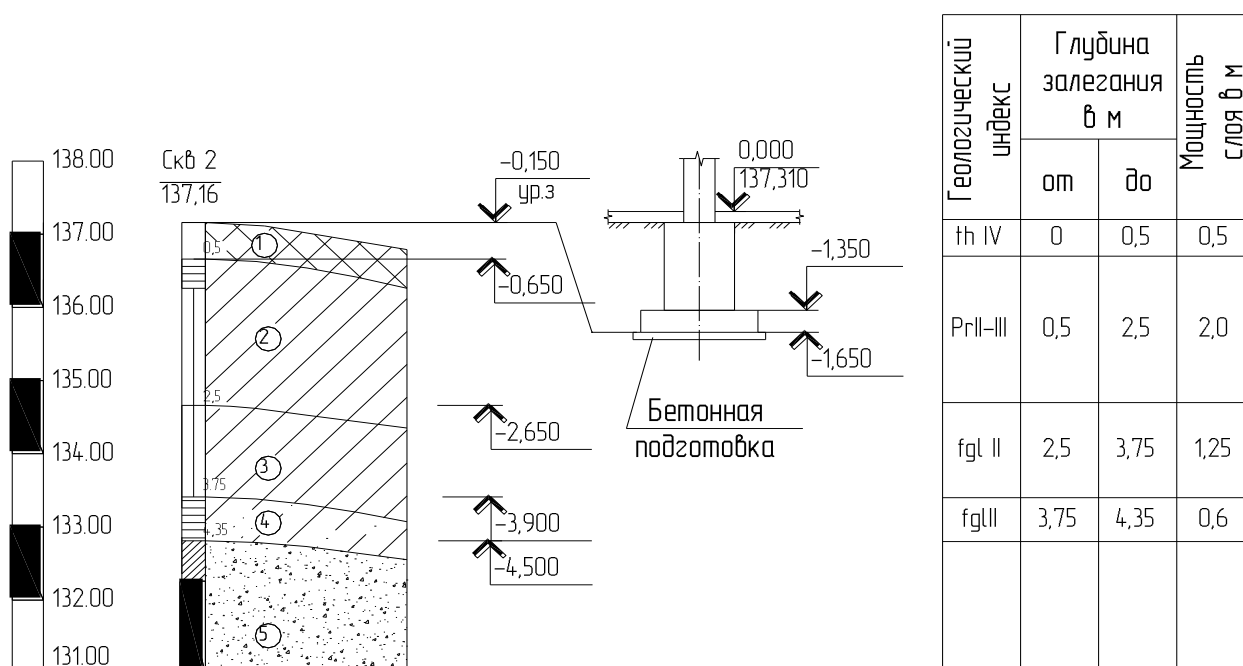


Рисунок 3.7 – Расчетная схема к примеру 3.1

В первом приближении находим предварительную площадь подошвы фундамента по формуле (3.8)

$$A_0 = \frac{N_{0H}}{R_0 - \gamma_{\text{мт}} \cdot d} = \frac{470}{216,9 - 20 \cdot 1,5} = 2,51\text{м}^2,$$

откуда предварительная ширина подошвы по формуле (3.9)

$$b_0 = \sqrt{A_0} = \sqrt{2,51} \approx 1,59\text{м}.$$

Найдем расчетное сопротивление грунтов основания по формуле (3.4)

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы,  $\gamma_{c1} = 1,2$ ,  $\gamma_{c2} = 1,1$  по формуле (табл. 2.3, прил. 2) при отношении  $\frac{L}{H} = 1,5$ ;

$k$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. прочностные характеристики грунта определены опытным путем;

Коэффициенты  $M_\gamma = 0,47$ ,  $M_q = 2,89$ ,  $M_c = 5,48$  принимаются в зависимости от угла внутреннего трения  $\varphi = 19^\circ$  (табл. 2.4, прил. 2);

$k_z$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. в нашем случае  $b < 10\text{м}$ ;

Определяем осредненный удельный вес грунтов залегающих под подошвой фундамента с учетом взвешивающего действия воды пятого слоя

$$\gamma_{II} = \frac{18,9 \cdot 1,0 + 20 \cdot 1,25 + 18 \cdot 0,6 + 10,24 \cdot 0,5}{1 + 1,25 + 0,6 + 0,5} = 17,86 \text{ кН/м}^3$$

Удельный вес грунта, залегающего выше подошвы фундамента, где 0,95 – коэффициент нарушенной структуры грунта

$$\gamma'_{II} = 18,9 \cdot 0,95 = 17,95 \text{ кН/м}^3$$

$d_1$  – глубина заложения фундамента,  $d_1 = d = 1,5\text{м}$ .

$d_b$  – глубина подвала, при отсутствии принимаемая  $d_b = 0$ ;

$c_{II} = 18$  кПа, удельное сцепление грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента.

При этих данных по формуле (3.4) находим расчетное сопротивление грунта

$$R_1 = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,47 \cdot 1 \cdot 1,59 \cdot 17,86 + 2,89 \cdot 1,5 \cdot 17,95 + 5,48 \cdot 18] = 250,5 \text{ кПа}.$$

При новом расчетном сопротивлении грунтов основания уточняем площадь подошвы фундамента по формуле (3.8)

$$A_1 = \frac{N_{oII}}{R_1 - \gamma_{mт} \cdot d} = \frac{470}{250,51 - 20 \cdot 1,5} = 2,13 \text{ м}^2$$

Тогда по формуле (3.9)

$$b = \sqrt{A_1} = \sqrt{2,13} \approx 1,46 \text{ м},$$

$$\ell = \frac{A_1}{b} = \frac{2,13}{1,46} \approx 1,46 \text{ м}.$$

Подбираем монолитный железобетонный фундамент (табл. 4.1, прил.4) под сборные колонны: ФА 1 – 6, объем  $V_f = 1,43\text{м}^3$ , со сторонами  $1 \times b = 1,5\text{м} \times 1,5\text{м}$ .

Для  $b=1,5\text{м}$  определим  $R$  по формуле (3.4)

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,47 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 17,86 + 2,89 \cdot 1,5 \cdot 17,95 + 5,48 \cdot 18] = 249,56\text{кПа}.$$

Находим вес фундамента согласно принятым размерам по формуле (3.12)

$$N_f^{\text{II}} = V_f \cdot \gamma_b = 1,43 \cdot 25 = 35,75\text{кН}.$$

$\gamma_b = 25\text{кН}/\text{м}^3$  - удельный вес железобетона.

Определяем расчетный вес грунта над уступами фундамента по формуле (3.13)

$$N_s^{\text{II}} = (b \cdot 1 \cdot d - V_f) \cdot \gamma'_{\text{II}} = (1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,5 - 1,43) \cdot 17,95 = 34,92\text{кН}.$$

Нагрузка в плоскости подошвы

$$N = (N_0^{\text{II}} + N_f^{\text{II}} + N_s^{\text{II}}) = 470 + 35,75 + 34,92 = 540,67\text{кН},$$

Найдем среднее давление по подошве фундамента и сравним его с расчетным сопротивлением грунта основания по формуле (3.14)

$$p_{\text{II}} = \frac{540,67}{1,5 \cdot 1,5} = 240,3\text{кПа} < R = 249,56\text{кПа}.$$

Определяем разницу между значениями  $p_{\text{II}}$  и  $R$  :

$$\frac{249,56 - 240,3}{249,56} \cdot 100\% = 3,71\% < 5\%, \text{ следовательно, размеры подошвы подо-}$$

браны правильно, окончательно принимаем фундамент ФА 1 – 6 одноступенчатый высотой  $H = 1,5\text{м}$  с размерами подошвы в плане  $1 \times b = 1,5\text{м} \times 1,5\text{м}$ .

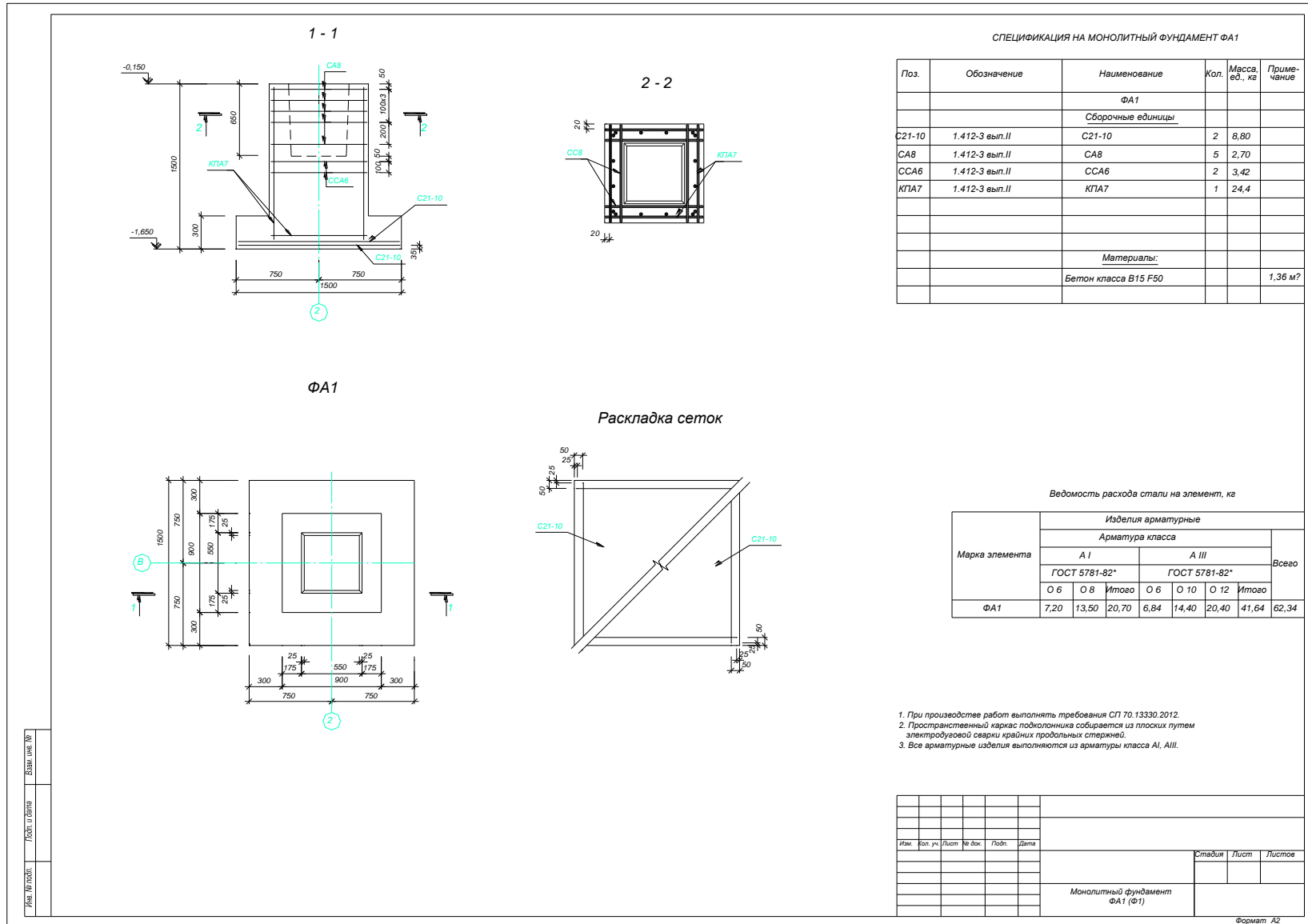


Рисунок 3.8 – Результаты проектирования отдельного фундамента (к примеру 3.1)

### Пример 3.2.

Определить необходимые размеры подошвы отдельно стоящего фундамента под колонну 0,4x0,4м при условии, что к обрезу фундамента приложена нагрузка  $N_0^H = 1600\text{кН}$  и момент  $M_0^H = 150\text{кН}\cdot\text{м}$  действующий в одном направлении. Здание с подвалом, отметка пола подвала минус 3.300. Длина здания  $L=45\text{ м}$ , высота здания  $H=30\text{ м}$ . Грунтовые условия указаны *в примере 1.1*.

Учитывая наличие подвала в здании в качестве основания для отдельного фундамента мелкого заложения, наиболее благоприятным является третий слой грунта – суглинок тугопластичный с  $I_L = 0,4$  и расчетным сопротивлением основания  $R_0 = 247,4\text{кПа}$ .

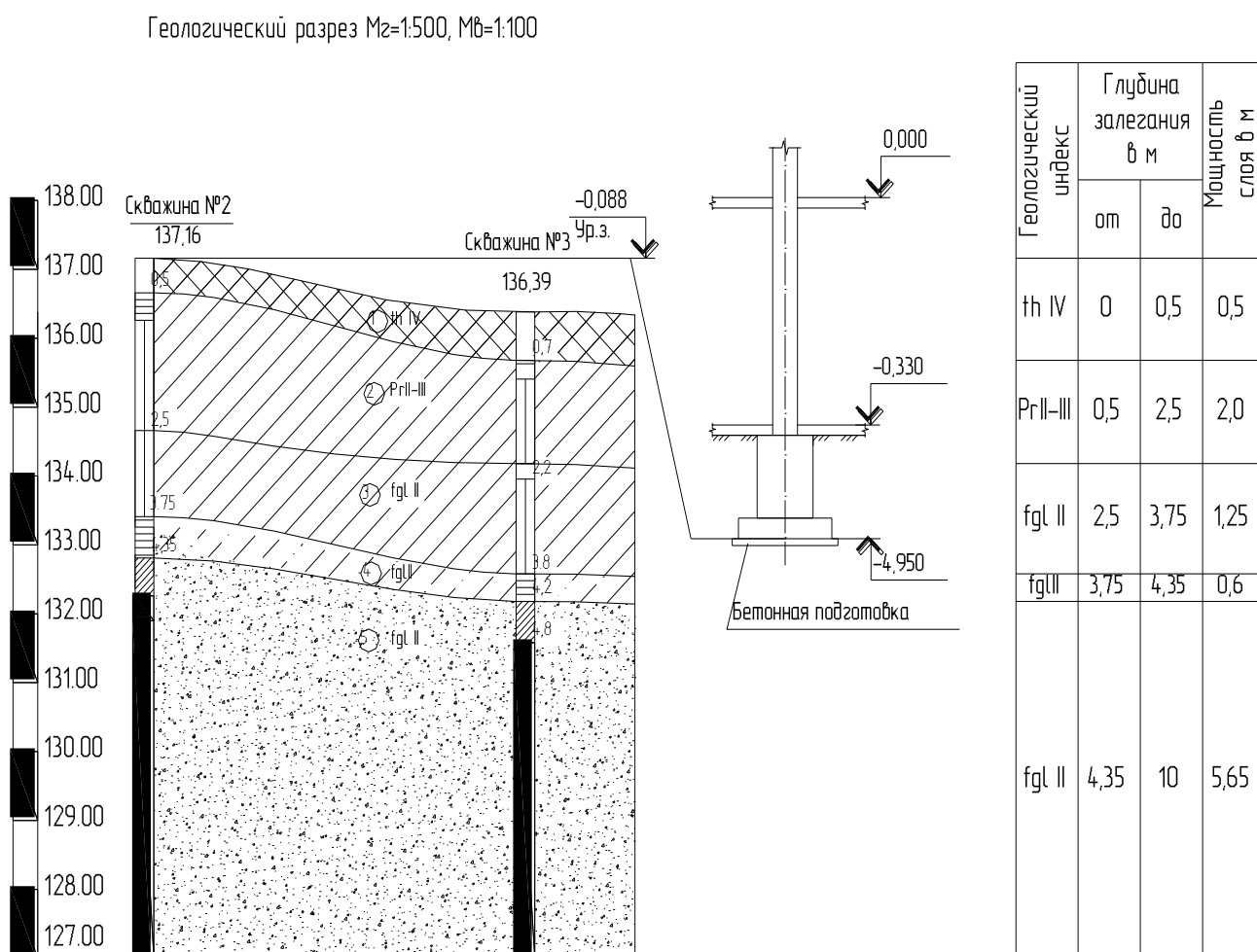


Рисунок 3.9 - Расчетная схема к примеру 3.2



В первом приближении рассчитываем фундамент как центрально нагруженный по формуле (3.8)

$$A_0 = \frac{1600}{247,4 - 17 \cdot 1,65} = 7,29 \text{ м}^2,$$

откуда предварительная ширина подошвы по формуле (3.9)

$$b_0 = \sqrt{A_0} = \sqrt{7,29} \approx 2,7 \text{ м}.$$

Найдем расчетное сопротивление грунтов основания по формуле (3.4)

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы (табл. 2.3, прил. 2),  $\gamma_{c1} = 1,2$ ,

$\gamma_{c2} = 1,1$  при отношении  $\frac{L}{H} = 1,5$ ;

$k$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. прочностные характеристики грунта определены опытным путем;

Коэффициенты  $M_\gamma = 0,61$ ,  $M_q = 3,44$ ,  $M_c = 6,04$  принимаются в зависимости от угла внутреннего трения  $\varphi = 22^\circ$  (табл.2.4, прил. 2);

$k_z$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. в нашем случае  $b < 10 \text{ м}$ ;

Определяем осредненный удельный вес грунтов залегающих под подошвой фундамента с учетом взвешивающего действия воды пятого слоя

$$\gamma_{II} = \frac{20 \cdot 0,5 + 18 \cdot 0,4 + 10,24 \cdot 0,5}{0,5 + 0,4 + 0,5} = 15,94 \text{ кН/м}^3$$

Пазухи котлована засыпать песком средней крупности с послойным уплотнением (толщиной по 200 мм) при влажности 12-13%, т.е. удельный вес грунта, залегающего выше подошвы фундамента -  $\gamma'_{II} = 16 \text{ кН/м}^3$

$d_1$  – приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала определяется по формуле (3.5),

где  $h_s = 1,5 \text{ м}$  толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала;  $h_{cf} = 0,2 \text{ м}$  толщина конструкции пола подвала;  $\gamma_{cf} = 20 \text{ кН/м}^3$ , расчетное значение удельного веса материала конструкции пола подвала.

$$d_1 = 1,5 + 0,2 \frac{20}{16} = 1,75 \text{ м}$$

$d_b = 2 \text{ м}$ , т.к. глубина подвала свыше 2м.

$c_{II} = 21 \text{кПа}$ , удельное сцепление грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента.

При этих данных по формуле (3.4) находим расчетное сопротивление грунта

$$R_1 = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,61 \cdot 1 \cdot 2,7 \cdot 15,94 + 3,44 \cdot 1,75 \cdot 16 + (3,44 - 1) \cdot 2 \cdot 16 + 6,04 \cdot 21] = 432,3 \text{кПа}$$

При новом расчетном сопротивлении грунтов основания  $R_1$ , уточняем площадь подошвы фундамента

$$A_1 = \frac{1600}{432,31 - 17 \cdot 1,65} = 3,96 \text{м}^2$$

Учитывая, что на фундамент действует момент увеличиваем  $A_1$  на 20%, тогда  $A = A_1 \cdot 1,2 = 4,75 \text{м}^2$ , по формуле (3.10)

$$b = \sqrt{\frac{A}{1,4}} = \sqrt{\frac{4,75}{1,4}} = 1,84 \text{м}, \quad \ell = \frac{A}{b} = \frac{4,75}{1,84} = 2,58 \text{м}.$$

Подбираем монолитный железобетонный фундамент (табл. 4.1, прил. 4) под сборные колонны: ФА 31-36:

- первая подошвенная ступень – 2,4 x 1,8 x 0,3;

- вторая подошвенная ступень – 1,8 x 1,8 x 0,3;

Объем  $V_f = 2,78 \text{м}^3$ ,

Для  $b=1,8 \text{м}$  определим  $R$  по формуле (3.4)

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,61 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 15,94 + 3,44 \cdot 1,75 \cdot 16 + (3,44 - 1) \cdot 2 \cdot 16 + 6,04 \cdot 21] = 420,74 \text{кПа}.$$

Находим вес фундамента согласно принятым размерам по формуле (3.12)

$$N_f^{II} = V_f \cdot \gamma_b = 2,78 \cdot 25 = 69,5 \text{кН}.$$

$\gamma_b = 25 \text{кН/м}^3$  – удельный вес железобетона.

Определяем расчетный вес грунта над уступами фундамента по формуле (3.13)

$$N_s^{II} = (b \cdot l \cdot d - V_f) \cdot \gamma'_II = (1,8 \cdot 2,4 \cdot 1,5 - 2,78) \cdot 16 = 59,2 \text{кН}.$$

Нагрузка в плоскости подошвы фундамента

$$N = (N_0^{II} + N_f^{II} + N_s^{II}) = 1600 + 69,5 + 59,2 = 1730 \text{кН},$$

Найдем среднее давление по подошве фундамента и сравним его с расчетным сопротивлением грунта основания по формуле (3.14)

$$p_{II} = \frac{1730}{1,8 \cdot 2,4} = 400,16 \text{ кПа} < R = 420,74 \text{ кПа} \text{ т.е. условие проверки выполняется.}$$

Определяем разницу между значениями  $p_{II}$  и  $R$  :

$$\frac{420,74 - 400,16}{420,74} \cdot 100\% = 4,89\% < 5\% ,$$

Тогда эксцентриситет по формуле (3.24)

$$e = \frac{150}{1730} = 0,09 \text{ м.}$$

По формуле (3.22) найдем  $p_{\max}$

$$p_{\max} = \frac{1730}{2,4 \cdot 1,8} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,09}{2,4}\right) = 486,97 \text{ кПа} < 1,2R = 504,89 ,$$

По формуле (3.23) найдем  $p_{\min}$

$$p_{\min} = \frac{1730}{2,4 \cdot 1,8} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,09}{2,4}\right) = 313,36 \text{ кПа} > 0 ,$$

Определяем разницу между значениями  $p_{\max}$  и  $1,2R$

$$\frac{504,89 - 489,97}{504,89} \cdot 100\% = 3,55\% < 5\% ,$$

Следовательно, размеры подошвы подобраны правильно.

Окончательно принимаем фундамент ФА 31-36, высотой  $H = 1,5 \text{ м}$  с размерами подошвы фундамента в плане  $l \times b = 2,4 \text{ м} \times 1,8 \text{ м}$ .

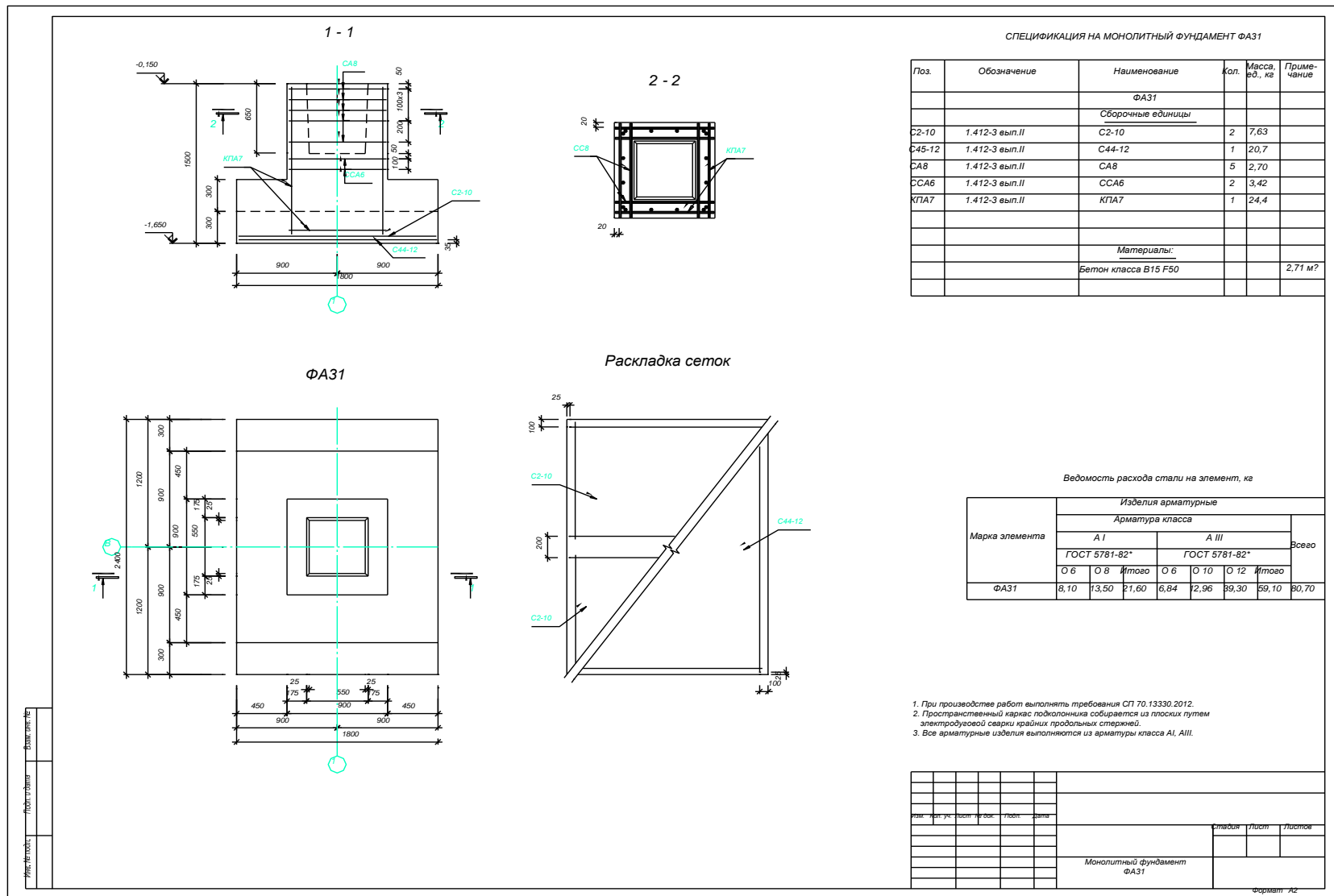


Рисунок 3.10 – Результаты проектирования отдельного фундамента (к примеру 3.2)

### Пример 3.3.

Определить необходимые размеры подошвы ленточного фундамента при условии, что к обрезу фундамента приложена нагрузка  $N_0^H = 270 \text{ кН}$  и момент, действующий в одном направлении  $M_0^H = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$ . Здание с подвалом, отметка пола подвала минус 2,450. Длина здания  $L=45 \text{ м}$ , высота здания  $H=30 \text{ м}$ . Грунтовые условия указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Грунтовые условия к примеру 3.3

| № | Наименование грунта   | Пределы пластичности, % |                       | Прир. влажность % | Плотность грунта г/см <sup>3</sup> |                                  | Удельное сцепление сп, кПа | Угол внутр. трения φ° | Кэфф. Фильтр. см/сут | Степень сжимаем. по, МПа <sup>-1</sup> | Отметка подошвы слоя, м |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|--|-------------------------|
|   |   | W <sub>L</sub> Верхний  | W <sub>p</sub> Нижний |                   | W                                  | γ <sub>s</sub> кН/м <sup>3</sup> |                            |                       |                      |  |                         |
| 1 | Почвенно-растительный слой средней плотности, влажный                         |                         |                       |                   |                                    | 15,5                             |                            |                       |                      |  | -0,4                    |
| 2 | Суглинки с частыми прослоями песка с гравием, мягкопластичные                 | 26,7                    | 15,6                  | 21,7              | 27,1                               | 19,6                             | 26                         | 12                    | 0,01                 | 0,12                                   | -0,8                    |
| 3 | Суглинки с частыми прослоями песка с гравием, тугопластичные                  | 28,7                    | 17,4                  | 21,1              | 27,1                               | 19,9                             | 34                         | 14                    | 0,01                 | 0,10                                   | -3,5                    |
| 4 | Пески средней крупности с гравием и галькой                                   | -                       | -                     | 18,5              | 26,5                               | 19,4                             | 0                          | 34                    | 16,0                 | 0,03                                   | -4,5<br>WL:-6,15        |
| 5 | Глины с прослоями песка и гнездами песка, с гравием и галькой, тугопластичные | 31,8                    | 13,3                  | 18,5              | 27,2                               | 20,8                             | 53                         | 17                    | 0,001                | 0,14                                   | -10,55                  |

продолжение таблицы 3.1

| № п/п | Число Пластичности | Показатель текучести I <sub>L</sub> | Кэфф. пористости e | Степень влажн. S <sub>r</sub> | Модуль деформ. E <sub>s</sub> МПа | Наименование грунта  | Расчетное сопротивление R <sub>o</sub> , кПа |
|-------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| 1     |                    |                                     |                    |                               |                                   | Почвенно-растительный слой средней плотности, влажный                          |  |
| 2     | 0,111              | 0,55                                | 0,67               | -                             | 12                                | Суглинки с частыми прослоями песка с гравием, мягкопластичные                  | 250,54                                       |
| 3     | 0,113              | 0,33                                | 0,65               | -                             | 19                                | Суглинки с частыми прослоями песка с гравием, тугопластичные                   | 241  |
| 4     | -                  | -                                   | 0,63               | 0,81                          | 31                                | Пески средней крупности с гравием и галькой, средней плотности, водонасыщенные | 400,00                                       |
| 5     | 0,185              | 0,28                                | 0,55               | -                             | 25                                | Глины с прослоями песка и гнездами песка, с гравием и галькой, тугопластичные  | 534,00                                       |

В первом приближении рассчитываем фундамент как центрально нагруженный по формуле (3.8)

$$A_0 = \frac{270}{241 - 17 \cdot 2,1} = 1,32 \text{ м}^2,$$

Так как фундамент ленточный, предварительная ширина подошвы по формуле (3.11)

$$b_0 = A_0 = 1,32 \text{ м.}$$

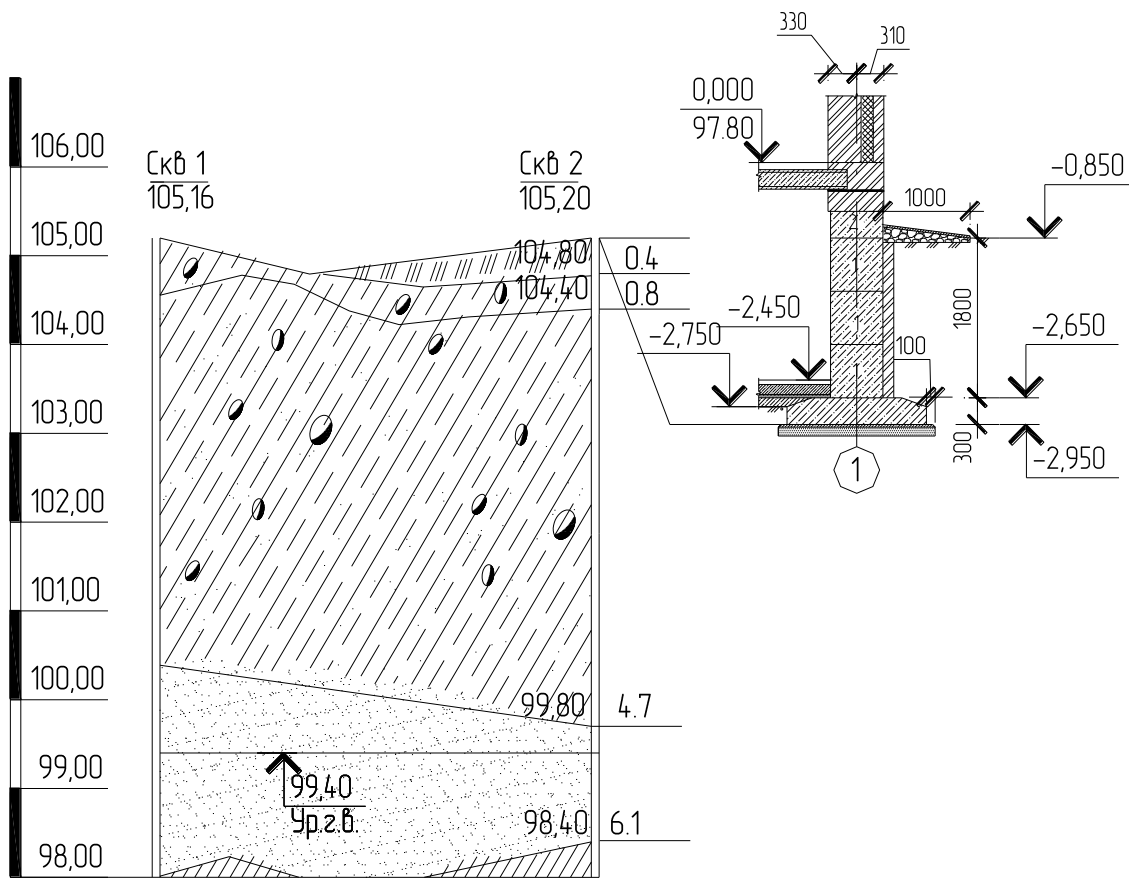


Рисунок 3.11 – Расчетная схема к примеру 3.3

Найдем расчетное сопротивление грунтов основания по формуле (3.4),

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы,  $\gamma_{c1} = 1,2$ ,  $\gamma_{c2} = 1,1$  при отноше-

нии  $\frac{L}{H} = 1,5$  (табл. 2.3, прил. 2);

$k$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. прочностные характеристики грунта определены опытным путем;

Коэффициенты  $M_\gamma = 0,29$ ,  $M_q = 2,17$ ,  $M_c = 4,69$  принимаются в зависимости от угла внутреннего трения  $\varphi = 14^\circ$  (табл. 2.4, прил. 2);

$k_z$  – коэффициент, принимаемый равным 1, т.к. в нашем случае  $b < 10 \text{ м}$ ;

Определяем осредненный удельный вес грунтов залегающих под подошвой фундамента с учетом взвешивающего действия воды четвертого слоя

$$\gamma_{II} = \frac{19,9 \cdot 1,4 + 10,24 \cdot 1,3 + 20,0 \cdot 0,5}{1,4 + 1,3 + 0,5} = 16,12 \text{ кН/м}^3$$

Пазухи котлована засыпать песком средней крупности с послойным уплотнением (толщиной по 200 мм) при влажности 12-13%, т.е. удельный вес грунта, залегающего выше подошвы фундамента -  $\gamma'_{II} = 16 \text{ кН/м}^3$

$d_1$  – приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала определяется по формуле (3.5),  $h_s = 0,2 \text{ м}$  толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала;  $h_{cf} = 0,2 \text{ м}$  толщина конструкции пола подвала;  $\gamma_{cf} = 22 \text{ кН/м}^3$ , расчетное значение удельного веса материала конструкции пола подвала.

$$d_1 = 0,2 + 0,2 \frac{24}{16} = 0,5 \text{ м}$$

$d_b = 0 \text{ м}$ , т.к. глубина подвала, считая от уровня планировки меньше 2м.

$c_{II} = 34 \text{ кПа}$ , удельное сцепление грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента.

При этих данных по формуле (3.4) находим расчетное сопротивление грунта

$$R_1 = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,29 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 16,12 + 2,17 \cdot 0,5 \cdot 16 + (2,17 - 1) \cdot 0 \cdot 16 + 4,69 \cdot 34] = 241,52 \text{ кПа}.$$

При новом расчетном сопротивлении грунтов основания уточняем площадь подошвы фундамента (3.8)

$$A_1 = \frac{270}{241,52 - 17 \cdot 2,1} = 1,31 \text{ м}^2$$

Учитывая, что на фундамент действует момент увеличиваем  $A_1$  на 20%, тогда  $A = A_1 \cdot 1,2 = 1,57 \text{ м}^2$ , принимаем  $b = \overset{\Delta}{A} = 1,6 \text{ м}$ .

Согласно номенклатуре типовых монолитных железобетонных плит ленточных фундаментов под стены принимаем (табл. 4.3, прил. 4): **ФЛ16-12-2**:  $b = 1600 \text{ мм}$ ;  $\ell = 1180 \text{ мм}$ ;  $h = 300 \text{ мм}$ ;  $V_f = 0,486 \text{ м}^3$ ,  $m = 1,21 \text{ т}$ .

Согласно номенклатуре стеновых сплошных бетонных блоков принимаем (табл. 4.4, прил. 4):

3 шт. **ФБС12-6-6-Т**:  $b = 600 \text{ мм}$ ;  $\ell = 1180 \text{ мм}$ ;  $h = 580 \text{ мм}$ ;  $V_f = 0,96 \text{ м}^3$ ,  $m = 0,398$

т.

1 шт. **ФБС12-6-3-Т**:  $b = 600$  мм;  $\ell = 1180$  мм;  $h = 280$  мм;  $V_f = 0,191\text{ м}^3$ ,  $m = 0,46$

т.

Для  $b=1,6\text{ м}$  определим  $R$  по формуле (3.4)

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1} \cdot [0,29 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 16,12 + 2,17 \cdot 0,5 \cdot 16 + (2,17 - 1) \cdot 0 \cdot 16 + 4,69 \cdot 34] = 243,27 \text{ кПа}.$$

Находим вес фундамента согласно принятым размерам и вес защитной стенки из керамического кирпича на 1 м длины (3.12)

$$N_f^{\text{II}} = \frac{10 \cdot (1,21 + 0,46 + 3 \cdot 0,96)}{1,2} + 0,12 \cdot 1,8 \cdot 18 = 41,8 \text{ кН}.$$

Определяем расчетный вес пола со стороны подвала над уступом фундамента:

$$N_{\text{s пола}}^{\text{II}} = V_{\text{пола}} \cdot \gamma_{\text{бетона}} = (0,2 \cdot 0,5 \cdot 1) \cdot 24 = 2,4$$

Определяем расчетный вес грунта над уступом фундамента:

$$N_s^{\text{II}} = \frac{(1,2 \cdot 2,1 \cdot 1,6 - 3 \cdot 0,398 - 0,191 - 0,486) \cdot 16,0}{1,2 \cdot 2} = 14,41 \text{ кН}$$

Нагрузка в плоскости подошвы фундамента

$$N = (N_0^{\text{II}} + N_f^{\text{II}} + N_s^{\text{II}} + N_{\text{s пола}}^{\text{II}}) = 270 + 41,8 + 2,4 + 14,41 = 328,61 \text{ кН},$$

Найдем среднее давление по подошве фундамента и сравним его с расчетным сопротивлением грунта основания по формуле (3.14)

$$p_{\text{II}} = \frac{328,61}{1,6 \cdot 1} = 205,38 \text{ кПа} < R = 243,27 \text{ кПа}$$

т.е. условие проверки выполняется.

Находим момент в плоскости подошвы с учетом давления на подпорную стенку по формуле (3.25), приложенного к поверхности грунта по формуле (3.26)

$$p_3 = 16 \cdot 2,65 \cdot \text{tg}^2 \cdot (45^\circ - 30/2) = 14,13 \text{ кПа}.$$

$$M_{\text{II}} = 30 + (14,13 \cdot 2,65^2 / 15) - 14,41 \cdot 0,061 + 24 \cdot 0,55 = 28,71 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Определяем разницу между значениями  $p_{\text{II}}$  и  $R$  :

Тогда эксцентриситет по формуле (3.21)

$$e = \frac{28,71}{328,61} = 0,09 \text{ м}.$$



По формуле (3.22) найдем  $p_{\max}$

$$p_{\max} = \frac{328,61}{1 \cdot 1,6} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,09}{1,6}\right) = 275,69 \text{ кПа} < 1,2R = 291,93 ,$$

По формуле (3.23) найдем  $p_{\min}$

$$p_{\min} = \frac{328,61}{1 \cdot 1,6} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,09}{1,6}\right) = 135,07 \text{ кПа} > 0 ,$$

Определяем разницу между значениями  $p_{\max}$  и  $1.2R$

$$\frac{291,93}{275,69} \cdot 100\% = 5.56\% ,$$

Следовательно, размеры подошвы ленточного фундамента подобраны правильно.

Если условия проверок не выполняются, то необходимо увеличить размер подошвы фундамента. Сначала увеличить длину фундамента. Затем вычислить среднее и крайевые давления под подошвой фундамента. Выполнить проверки (3.3, 3.15, 3.16).

Если проверки вновь не выполняются, то увеличиваем ширину фундамента, вычисляем площадь подошвы и пересчитываем расчетное сопротивление грунта. Проверяем условия проверок (3.3, 3.15, 3.16).

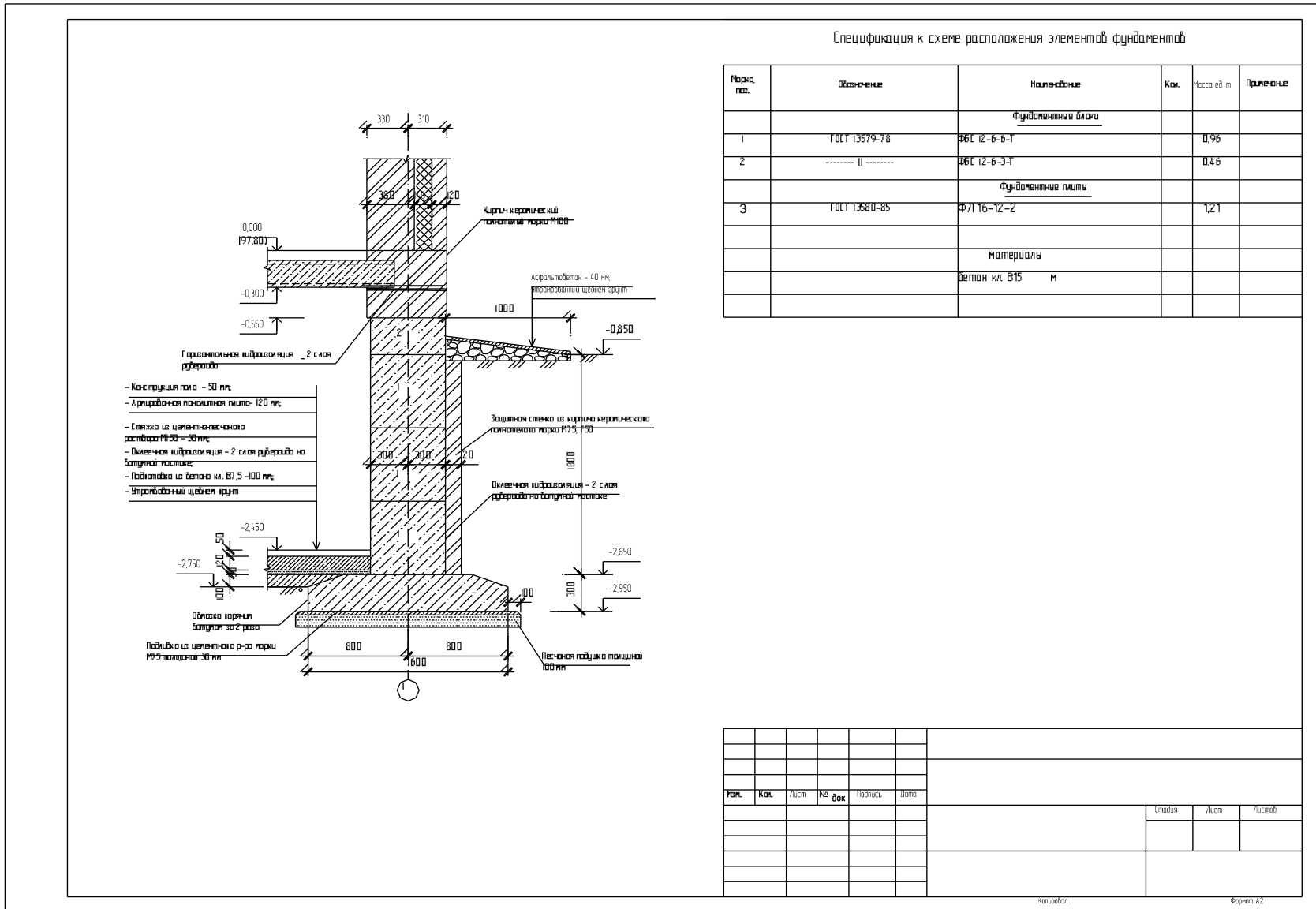


Рисунок 3.12 – Результаты проектирования ленточного фундамента (к примеру 3.3)

## 4. Расчет оснований по деформациям

### 4.1. Расчет осадок методом послойного суммирования

Расчет оснований по деформациям выполняют согласно условия  $S \leq S_u$ , ограничивающего относительные или абсолютные перемещения согласно СП 22.13330.2011 [11]. Вертикальные напряжения в основании определяются как для линейно-деформируемого полупространства от действия местной равномерно распределенной нагрузки.

Определение осадки выполняется для центральной оси фундамента под его подошвой в следующей последовательности:

- изображаются контуры проектируемого фундамента и напластования грунтов по скважине в М1:100;
- слева от вертикальной оси строится эпюра вертикальных природных напряжений от собственного веса грунта с учетом взвешивающего действия воды и водоупора по формуле

$$\sigma_{zg,i} = \sum_{i=1}^n \gamma_i z_i \quad (4.1)$$

где  $\sigma_{zg,i}$  – природное напряжение от собственного веса грунта, считая от уровня планировки;

$\gamma_i$  – удельный вес слоев природного грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$z_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м;

$n$  – число слоев грунта.

Отдельные слои рекомендуется принимать мощностью  $m$  по формуле

$$z_i \leq 0,4 \cdot b, \quad (4.2)$$

Для фундаментов больших размеров (ширина подошвы фундамента  $b > 4m$ ) мощность отдельного слоя целесообразно принимать

$$z_i \leq 0,2 \cdot b, \quad (4.3)$$

Справа от вертикальной оси фундамента строится эпюра дополнительных напряжений  $\sigma_{zpi}$ . Значения  $\sigma_{zpi}$ , для прямоугольных, круглых и ленточных фундаментах на глубине  $z$  от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через центр подошвы, определяют по формуле

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot P_0, \quad (4.4)$$

где  $\sigma_{zp,i}$  – среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения (вертикальное напряжение) от внешней нагрузки в  $i$ -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, кПа;

$\alpha_i$  – коэффициент, принимаемый по таблице 2.5 приложения 2 и зависящий от фиксированных параметров  $\eta = \frac{l}{b}$  и относительной глубины  $\xi$ , определяемой по формуле

$$\xi = \frac{2 \cdot z}{b}, \quad (4.5)$$

Дополнительное среднее давление  $P_0$ , распределенное по подошве фундамента (при  $z = 0$ ), следует определять по формуле

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg0} = P_{II} - \gamma'_{II} \cdot d, \quad (4.6)$$

Величина  $\sigma_{zp,i}$  с глубиной убывает, поэтому при расчете ограничиваются такой сжимаемой толщей, при которой напряжение  $\sigma_{zp,i}$  не превышает 20% природного напряжения (деформации грунтов на этой глубине пренебрежимо малы), т.е.

$$\sigma_{zp,i} \leq 0,2\sigma_{zg,i}, \quad (4.7)$$

Также справа от вертикальной оси строится эпюра  $0,2\sigma_{zg,i}$  (или  $0,1\sigma_{zg,i}$ ), которая накладывается на эпюру  $\sigma_{zp,i}$  и устанавливается точка их пересечения.

Если ниже границы сжимаемой толщи расположены сильно сжимаемые грунты ( $E \leq 5 \text{ МПа}$ ), то активную мощность сжимаемого слоя следует определять из условия  $\sigma_{zp,i} \leq 0,1\sigma_{zg,i}$  с дальнейшим построением эпюры  $0,1\sigma_{zg,i}$ .

Осадка основания фундамента определяется как сумма осадок отдельных слоев грунта  $n$ , на которые разбита сжимаемая толща  $H_c$  методом послойного суммирования по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i}h_i}{E_{e,i}}, \quad (4.8)$$

где  $\beta$  – безразмерный коэффициент зависящий от бокового расширения грунта  $\nu$ , равный 0,8, т.к. при расчете не учитываются горизонтальные напряжения, действующие в массиве грунта от нагрузки на фундамент, жесткость фундамента и горизонтальные напряжения в основании уменьшают осадку центра подошвы фундамента;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, см, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента;

$E_i$  – модуль деформации  $i$ -го слоя грунта по ветви первичного нагружения, кПа;

$\sigma_{zy,i}$  – среднее значение вертикального напряжения в  $i$ -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, от собственного веса, выбранного при отрывке котлована грунта, кПа;

$E_{e,i}$  – модуль деформации  $i$ -го слоя грунта по ветви вторичного нагружения, кПа;

$n$  – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Если выполняется условие  $P_{II} \leq \sigma_{zg,0}$ , то осадку основания фундамента можно определять по формуле [9]

$$s = \beta \sum_{i=1}^n (\sigma_{zp,i} \cdot h_i / E_{ei}), \quad (4.9)$$

$$s = \sum_{i=1}^n (z_i \cdot m_{vi} \cdot \sigma_{zpi}), \quad (4.10)$$

где  $m_{vi}$  – коэффициент относительной сжимаемости  $i$ -го слоя, МПа<sup>-1</sup>;

$$m_{vi} = \frac{m_0}{1 + e}; \quad (4.11)$$

где  $z_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м;

$m_0$  – коэффициент сжимаемости, МПа<sup>-1</sup>.

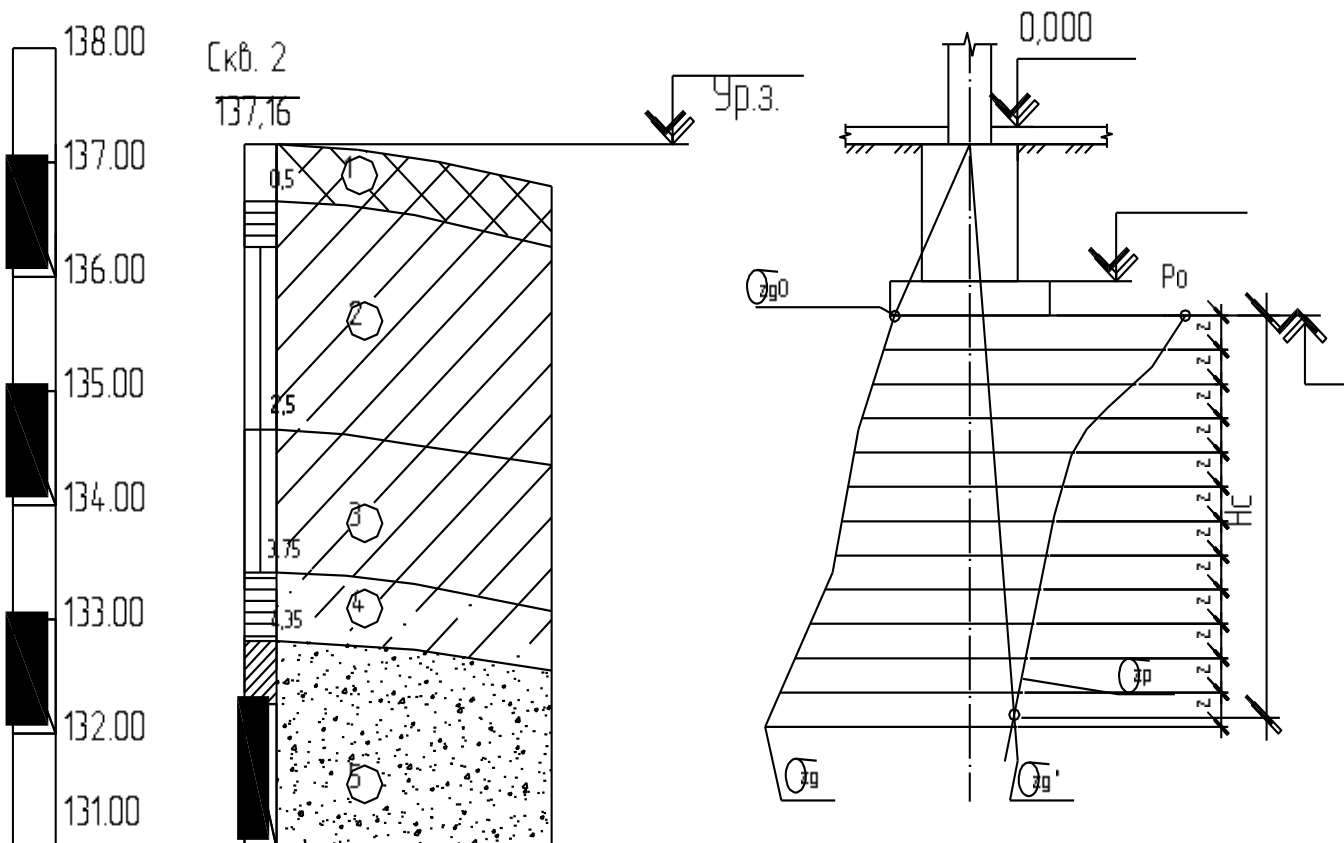


Рисунок 4.1 – Литологическая колонка и расчетная схема к определению осадки методом послойного суммирования

#### 4.2. Алгоритм к блок-схеме по определению осадки фундамента методом послойного суммирования

1. Ввод исходных данных  $N_{II}, b, l, d, E, \gamma, \gamma_{sb}$ .
2. Вычисляем среднее давление по подошве фундамента  $p_{II}$  (3.14).
3. Вычисление природного напряжения на уровне подошвы фундамента  $\sigma_{zg0}$  по формуле (4.6).
4. Вычисление дополнительного среднего давления  $P_0$ , распределенного по подошве фундамента (при  $z = 0$ ) по формуле (4.6).
5. Определение мощности отдельного слоя грунта  $z_i$  по формуле (4.5).

6. Вычисление вертикальных природных напряжений от собственного веса грунта  $\sigma_{zgi}$  по формуле (4.1), построение эпюры.
7. Вычисление параметров  $\eta$  и  $\xi$  по формуле (4.5).
8. Выбор коэффициента  $\alpha$  по табл. 2.5 прил.2.
9. Вычисление напряжений  $\sigma_{zpi}$  на разных глубинах под центром площади загрузки по формуле (4.4) и построение эпюры по расчетным значениям.
10. Проверка условия  $E \leq 5 \text{ МПа}$ . Если условие выполняется, то переход к п.11; если нет, то переход к п.12.
11. Определение активной мощности сжимаемого слоя из условия  $\sigma_{zpi} \leq 0,1\sigma_{zgi}$  и переход к п.13.
12. Определение активной мощности сжимаемого слоя из условия  $\sigma_{zpi} \leq 0,2\sigma_{zgi}$ .
13. Вычисление осадки фундамента  $S$  по формуле (4.9 либо 4.10).
14. Проверка условия  $S \leq S_u$ . Если условие выполняется, то переход к п.16; если нет, то переход к п.15.
15. Увеличиваем размеры фундамента  $b$  и  $l$  и переход к п. 2.
16. Конец расчета.

Блок-схема к определению осадки фундамента  
методом послойного суммирования

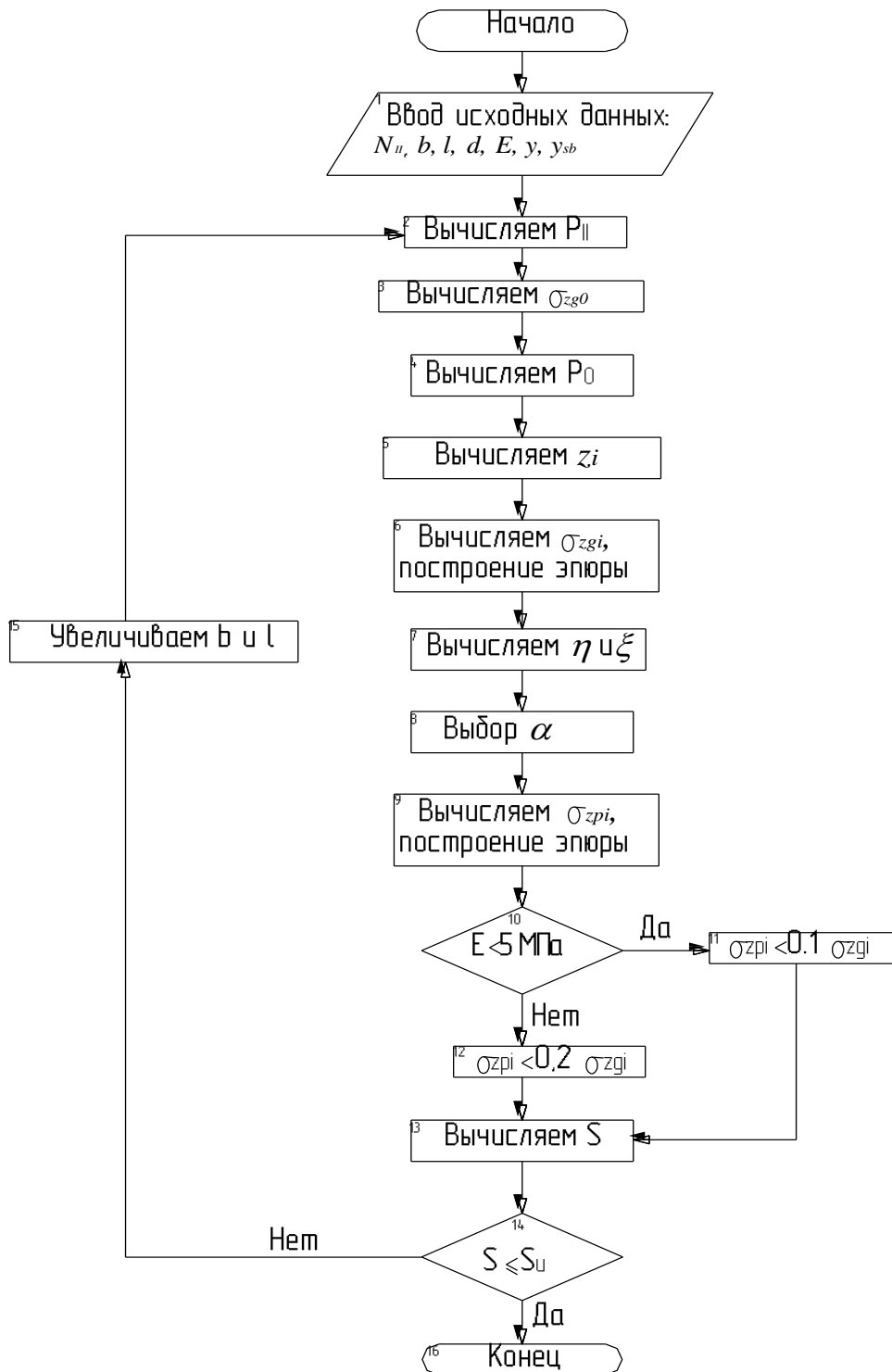


Рисунок 4.2 – Блок-схема определения осадки фундамента  
методом послойного суммирования



### 4.3. Расчет осадок фундаментов методом эквивалентного слоя Н.А. Цытовича

Метод эквивалентного слоя основан на решении теории линейно-деформируемых тел и учитывает ограниченное боковое расширение грунтов; все составляющие нормальных напряжений в сжатой зоне грунта под фундаментом [6].

Осадка фундамента при слоистом напластовании по методу Н.А. Цытовича вычисляется по формуле

$$S = h_e m_{vt} P_0, \quad (4.12)$$

где  $h_e$  – мощность эквивалентного слоя, обуславливающая осадку фундамента заданных размеров и формы в плане, определяемая из выражения

$$h_e = A_\omega b, \quad (4.13)$$

где  $A_\omega$  – коэффициент эквивалентного слоя, учитывающий жесткость и форму подошвы фундамента (принимается по табл. 2.6, прил. 2),

$b$  – ширина подошвы фундамента, м.

В расчетной схеме сжимаемую толщину грунта, определяющую осадку фундамента, принимают равной двум мощностям эквивалентного слоя по формуле

$$H = 2h_e. \quad (4.14)$$

Величину среднего коэффициента относительной сжимаемости определяют из условия, что полная осадка грунтов в пределах сжимаемой толщи  $H$  равна сумме осадок входящих в нее слоев

$$m_{vm} = \sum_1^H \frac{h_i m_{vi} z_i}{2h_e^2}, \quad (4.15)$$

где  $m_{vi}$  – коэффициент относительной сжимаемости  $i$  – го слоя грунта, определяется по формуле (4.11).

$h_i$  – мощность  $i$  - го слоя грунта;

$z_i$  – расстояние от нижней точки эквивалентной эпюры до середины  $i$ -го слоя, м.

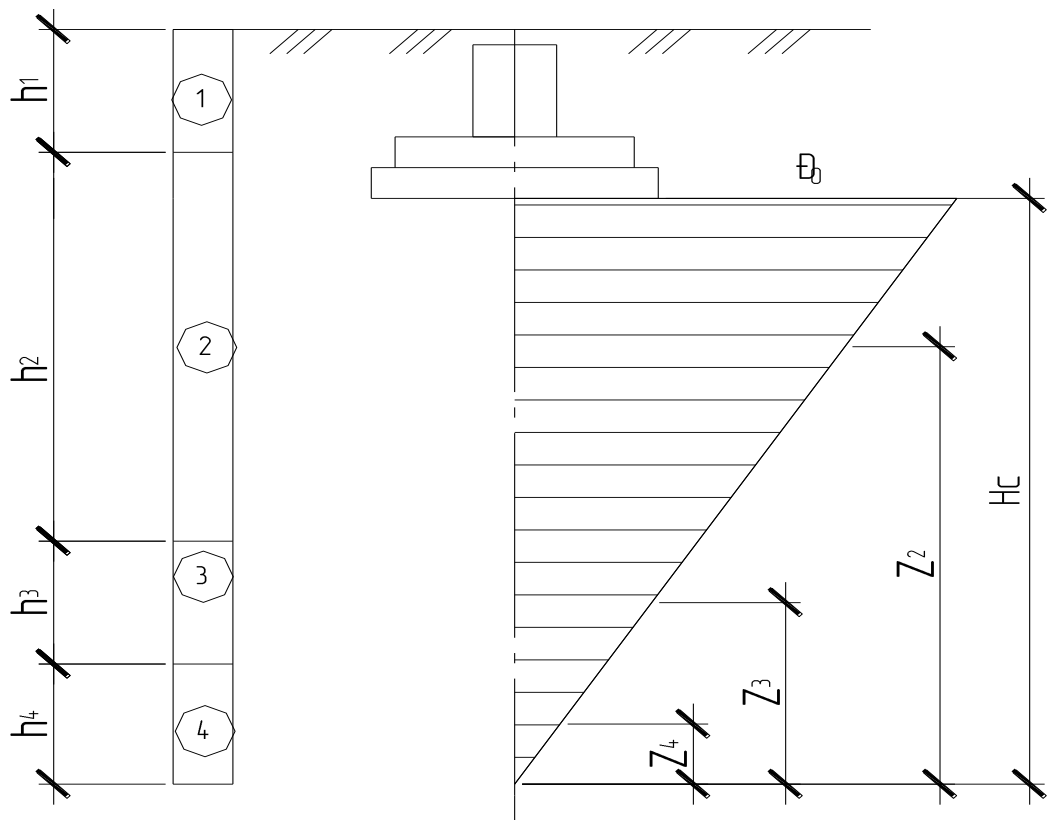


Рисунок 4.3 – Расчетная схема к определению осадки методом эквивалентного слоя для слоистого напластования

#### 4.4. Алгоритм к блок-схеме по определению осадки фундамента

##### методом эквивалентного слоя Н. А. Цытовича

1. Ввод исходных данных  $N_{II}, b, l, h, m_0$ .
2. Вычисляем среднее давление по подошве фундамента  $p_{II}$  по формуле (3.14)
3. Вычисление дополнительного среднего давления  $P_0$ , распределенного по подошве фундамента (при  $z = 0$ ) по формуле (4.6).
4. Назначаем коэффициент Пуассона грунта  $\nu$  (табл. 2.6, прил. 2).
5. Вычисление параметров  $\eta$  по формуле (4.5).
6. Вычисление коэффициента эквивалентного слоя  $A_\omega$ , учитывающего жесткость и форму подошвы фундамента (табл. 2.6, прил. 2).
7. Вычисление мощности эквивалентного слоя  $h_e$ , обуславливающей осадку фундамента заданных размеров и формы в плане, по формуле (4.13).
8. Вычисление мощности сжимаемой толщи грунта  $H$  по формуле (4.14) и построение эпюры.
9. Определение мощности отдельного слоя грунта  $h_i$  и расстояния  $z_i$  от нижней точки эквивалентной эпюры до середины  $i$ -го слоя.
10. Вычисление коэффициента относительной сжимаемости  $i$  – го слоя грунта  $m_{vm}$  по формуле (4.11).
11. Вычисление величины среднего коэффициента относительной сжимаемости  $m_v$  по формуле (35).
12. Вычисление осадки фундамента  $S$  по формуле (4.12).
13. Проверка условия  $S \leq S_u$ . Если условие выполняется, то переход к п.15; если нет, то переход к п.14.
14. Увеличиваем размеры фундамента  $b$  и  $l$  и переход к п.2.
15. Конец расчета.

Блок-схема к определению осадки фундамента методом эквивалентного слоя Н.А.Цытовича

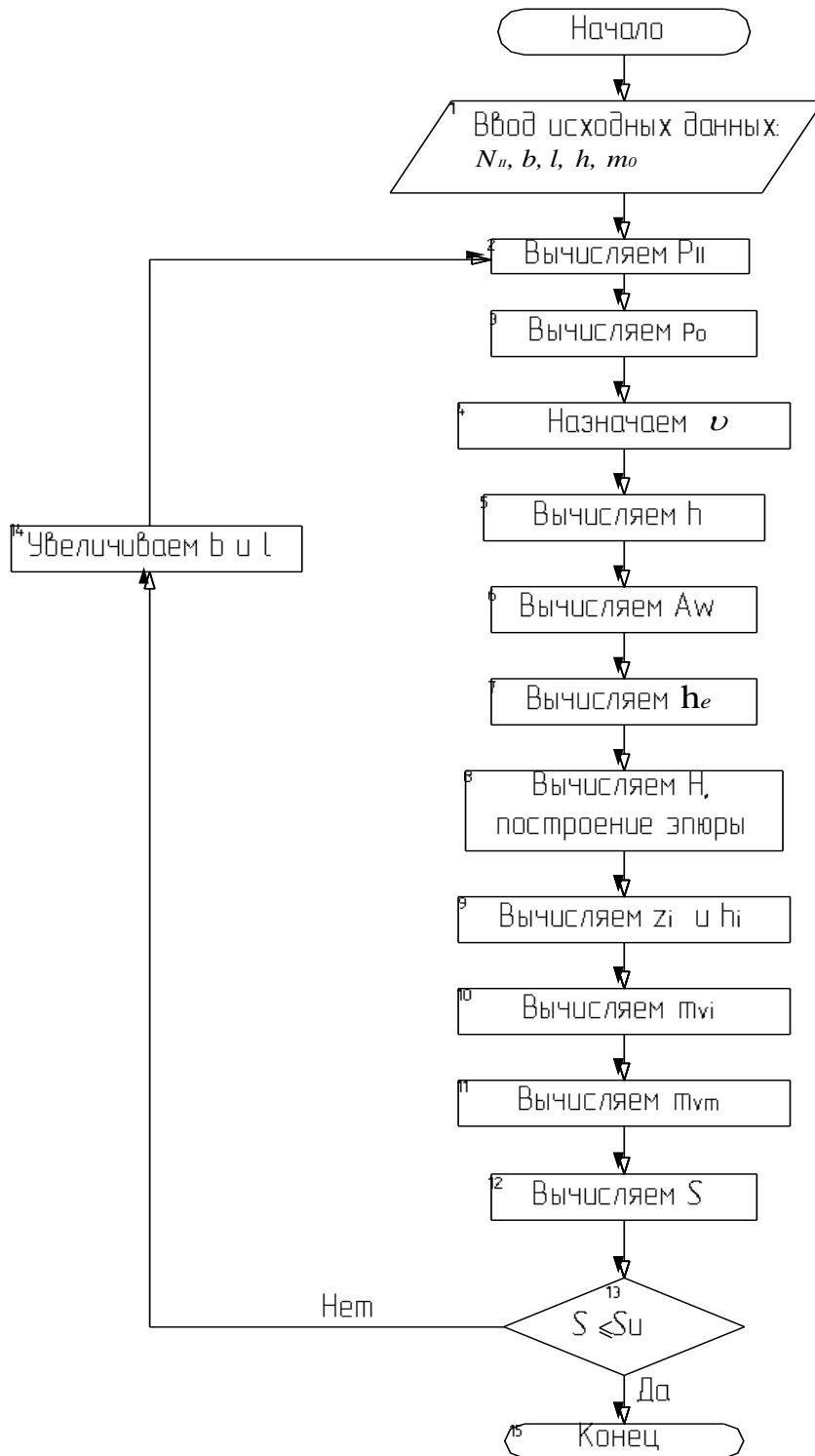


Рисунок 4.4 – Блок-схема по определению осадки фундамента методом эквивалентного слоя Н. А. Цытовича

#### 4.5. Прогноз фильтрационной консолидации водонасыщенных оснований фундаментов

Учет фильтрационной консолидации важен для маловодопроницаемых водонасыщенных грунтов, так как в отдельных случаях осадки сооружений протекают десятилетия и даже столетия.

Задаемся степенью консолидации основания

$$U = \frac{S_n}{S_t}, \quad (4.16)$$

где  $S_n$  – полная величина осадки, полученная по методу послойного суммирования или по методу эквивалентного слоя;

$S_t$  – осадка фундамента за любой промежуток времени.

Зная заданные величины  $U$  (от 0 до 10), определяем значение  $N$  (табл. 3.7 прил.3).

Зная для каждого значения  $N$  и соответствующего  $U$ , определяем время  $T$  по формуле

$$T = \frac{4H^2}{3,14^2 c_v} N = TN, \quad (4.17)$$

где  $H$  – мощность сжимаемого слоя грунта (высота треугольной эпюры), м;  
 $c_v$  – коэффициент консолидации, который определяется по формуле

$$c_v = \frac{k_f}{m_{vm} \cdot \gamma_w}, \quad (4.18)$$

где  $m_{vm}$  – средний коэффициент относительной сжимаемости грунтов в пределах всей толщи, определяемый по формуле (4,15);

$\gamma_w$  – удельный вес воды;

$k_f$  – коэффициент фильтрации, принимаемый по таблице 3.8, приложения 3.

Расчет осадки в стадии фильтрационной консолидации ведется в табличной форме. Учитывая, что водопроницаемость грунтов с глубиной уменьшается, расчет ведем по схеме с направлением фильтрации вверх.

Средний коэффициент фильтрации, обладающий усредненными характеристиками, принимают для всей сжимаемой толщи слоистого напластования.

$$K_{\phi} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{K_{\phi_i}}} \quad (4.19)$$

### Пример 4.1

Выполнить расчет осадки фундамента методом послойного суммирования, используя исходные данные *примера 3.1*.

Определяем природное  $\sigma_{zg,0}$  от поверхности грунта и дополнительное  $p_0$  напряжения в основании под подошвой фундамента

$$\sigma_{zg,0} = \gamma'_{II} \cdot d = 17,95 \cdot 1,5 = 26,93 \text{кПа},$$

$$p_0 = p_{II} - \sigma_{zg,0} = 240,3 - 26,93 = 213,37 \text{кПа}.$$

При значении параметра  $\eta = \frac{\ell}{b} = \frac{1,5}{1,5} = 1$  определяем коэффициент  $\alpha$  (табл. 2.5,

прил. 2). Определяем мощность отдельного слоя  $z = \frac{\zeta \cdot b}{2} = \frac{0,4 \cdot 1,5}{2} = 0,3 \text{м}$

Основание разбиваем на элементарные слои 0,3 м. Все вычисления проведем в табличной форме. Последовательность определения природных и дополнительных напряжений на границах выделенных элементарных слоев по 0,3 м представлена в таблице 4.1.

Полученные значения ординат эпюр наносим на геологический разрез (рис. 4.4). В точке пересечения эпюры дополнительных напряжений со вспомогательной эпюрой находим границу сжимаемой толщи –  $H_c = 3,6 \text{м}$ .

Полная осадка фундамента определяется по формуле (4.9)

$$S = \frac{0,8 \cdot 0,3}{15000} \cdot \left( \frac{213,37 + 95,8}{2} + 204,84 + 170,7 + 129,3 \right) +$$

$$+ \frac{0,8 \cdot 0,3}{17000} \cdot \left( \frac{95,8 + 34,14}{2} + 71,69 + 54,84 + 42,89 \right) + \frac{0,8 \cdot 0,3}{10000} \cdot \left( \frac{34,14 + 23,04}{2} + 27,95 \right) +$$

$$\frac{0,8 \cdot 0,3}{11000} \cdot \left( \frac{23,04 + 16,43}{2} + 19,42 \right) = 0,02 \text{м}$$

Проверяем условие  $S \leq S_u$  [9]. В соответствии с данными (табл. 3.5, прил.

3) предельное значение осадки для проектируемого сооружения составит

10 см. т.е.  $S = 2 \text{см} < S_u = 10 \text{см}$  – условие удовлетворяется.

Таблица 4.1 – Последовательность определения значений ординат природных и дополнительных напряжений к примеру 4.1

| №  | Абсолютная<br>отметка<br>отдельного<br>слоя | z<br>м | $\xi=2z/b$ | $\alpha$ | $\sigma_{zg}$ ,<br>кПа                       | $\sigma_{zg \cdot 0.2}$<br>кПа | $\sigma_{zp}$<br>кПа |
|----|---|--------|------------|----------|--|--------------------------------|----------------------|
| 1  | 1,65  | 0      | 0          | 1        | 26,93  | 5,39                           | 213,37               |
| 2  | 1,95  | 0,3    | 0,4        | 0,960    | $26,93+0,3 \cdot 18,9=32,60$                 | 6,52                           | 204,84               |
| 3  | 2,25  | 0,6    | 0,8        | 0,800    | $32,60+0,3 \cdot 18,9=38,27$                 | 7,65                           | 170,70               |
| 4  | 2,55  | 0,9    | 1,2        | 0,606    | $38,27+0,3 \cdot 18,9=43,94$                 | 8,79                           | 129,30               |
| 5  | 2,85  | 1,2    | 1,6        | 0,449    | $43,94+(0,1 \cdot 18,9+0,2 \cdot 20)=49,83$  | 9,97                           | 95,80                |
| 6  | 3,15  | 1,5    | 2          | 0,336    | $49,83+0,3 \cdot 20=55,83$                   | 11,17                          | 71,69                |
| 7  | 3,45  | 1,8    | 2,4        | 0,257    | $55,83+0,3 \cdot 20=61,83$                   | 12,37                          | 54,84                |
| 8  | 3,75  | 2,1    | 2,8        | 0,201    | $61,83+0,3 \cdot 20=67,83$                   | 13,57                          | 42,89                |
| 9  | 4,05  | 2,4    | 3,2        | 0,16     | $67,83+0,15 \cdot 20+0,15 \cdot 18=73,53$    | 14,71                          | 34,14                |
| 10 | 4,35  | 2,7    | 3,6        | 0,131    | $73,53+0,3 \cdot 18=78,93$                   | 15,79                          | 27,95                |
| 11 | 4,65  | 3      | 4          | 0,108    | $78,93+0,15 \cdot 18+0,15 \cdot 10,24=83,17$ | 16,63                          | 23,04                |
| 12 | 4,95  | 3,3    | 4,4        | 0,091    | $83,17+0,3 \cdot 10,24=86,24$                | 17,25                          | 19,42                |
| 13 | 5,25  | 3,6    | 4,8        | 0,077    | $86,24+0,3 \cdot 10,24=89,31$                | 17,86                          | 16,43                |

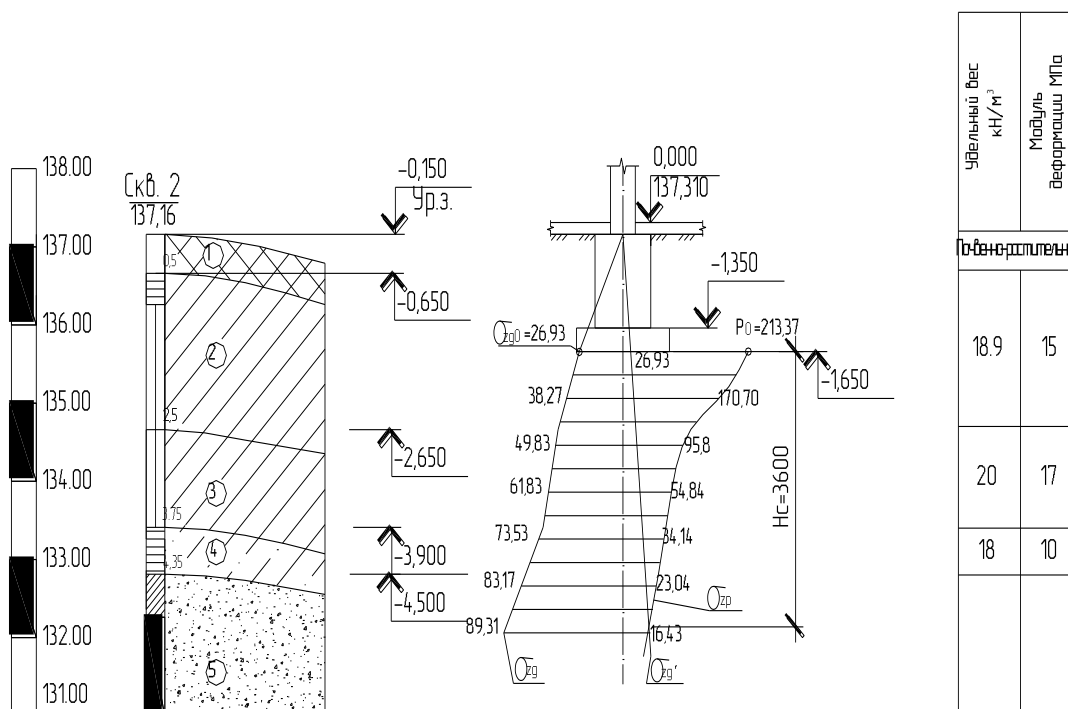


Рисунок 4.5 – К примеру 4.1 – эпюры природных и дополнительных напряжений

## Пример 4.2

Выполнить расчет осадки фундамента методом послойного суммирования, используя исходные данные **примера 3.2**.

Определяем природное  $\sigma_{zg,0}$  от поверхности грунта и дополнительное  $p_0$  напряжения в основании под подошвой фундамента

$$\sigma_{zg,0} = \gamma'_{II} \cdot d = 16 \cdot 1,5 = 24 \text{ кПа},$$

$$p_0 = p_{II} - \sigma_{zg,0} = 400,16 - 24 = 376,16 \text{ кПа}.$$

При значении параметра  $\eta = \frac{\ell}{b} = \frac{2,4}{1,8} = 1,33 \approx 1,4$  определяем коэффициент  $\alpha$  (табл. 2.5 прил. 2).

$$\text{Определяем мощность отдельного слоя } z = \frac{\zeta \cdot b}{2} = \frac{0,4 \cdot 1,8}{2} = 0,36 \text{ м}$$

Основание разбиваем на элементарные слои 0,36м. Последовательность вычисления природных и дополнительных напряжений на границах выделенных элементарных слоев по 0,36м проведем в табличной форме (4.2).

Таблица 4.2 – Последовательность определения значений ординат природных и дополнительных напряжений к примеру 4.2

| №  | h     | z(м) | $\xi=2z/b$ | $\alpha$ | $\sigma_{zg}$ кПа                  | $\sigma_{zg,0.2}$ кПа | $\sigma_{zp}$ кПа |
|----|-------|------|------------|----------|------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1  | 4,95  | 0    | 0          | 1        | 24,00                              | 4,80                  | 376,16            |
| 2  | 5,31  | 0,36 | 0,4        | 0,972    | 24,00+0,36·20=31,20                | 6,24                  | 365,63            |
| 3  | 5,67  | 0,72 | 0,8        | 0,848    | 31,20+(0,14·20,0+0,22·18,0)=37,96  | 7,59                  | 318,98            |
| 4  | 6,03  | 1,08 | 1,2        | 0,682    | 37,96+(0,18·18,0+0,18·10,24)=43,04 | 8,61                  | 256,54            |
| 5  | 6,39  | 1,44 | 1,6        | 0,532    | 43,04+0,36·10,24=46,73             | 9,35                  | 200,12            |
| 6  | 6,75  | 1,8  | 2          | 0,414    | 46,73+0,36·10,24=50,42             | 10,08                 | 155,73            |
| 7  | 7,11  | 2,16 | 2,4        | 0,325    | 50,42+0,36·10,24=54,11             | 10,82                 | 122,25            |
| 8  | 7,47  | 2,52 | 2,8        | 0,26     | 54,00+0,36·10,24=57,80             | 11,56                 | 97,80             |
| 9  | 7,83  | 2,88 | 3,2        | 0,21     | 57,80+0,36·10,24=61,49             | 12,30                 | 78,99             |
| 10 | 8,19  | 3,24 | 3,6        | 0,173    | 61,49+0,36·10,24=65,18             | 13,04                 | 65,08             |
| 11 | 8,55  | 3,6  | 4          | 0,145    | 65,18+0,36·10,24=68,87             | 13,77                 | 54,54             |
| 12 | 8,91  | 3,96 | 4,4        | 0,123    | 68,87+0,36·10,24=72,56             | 14,51                 | 46,27             |
| 13 | 9,27  | 4,32 | 4,8        | 0,105    | 72,56+0,36·10,24=76,25             | 15,25                 | 39,50             |
| 14 | 9,63  | 4,68 | 5,2        | 0,091    | 76,25+0,36·10,24=79,94             | 15,99                 | 34,23             |
| 15 | 9,99  | 5,04 | 5,6        | 0,079    | 79,94+0,36·10,24=83,63             | 16,73                 | 29,72             |
| 16 | 10,35 | 5,4  | 6          | 0,07     | 83,63+0,36·10,24=87,32             | 17,46                 | 26,33             |
| 17 | 10,71 | 5,76 | 6,4        | 0,062    | 87,32+0,36·10,24=91,01             | 18,20                 | 23,32             |
| 18 | 11,07 | 6,12 | 6,8        | 0,055    | 91,01+0,36·10,24=94,70             | 18,94                 | 20,69             |
| 19 | 11,43 | 6,48 | 7,2        | 0,049    | 94,70+0,36·10,24=98,39             | 19,68                 | 18,43             |



Полученные значения ординат эпюр наносим на геологический разрез (рис. 4.5). В точке пересечения эпюры дополнительных давлений со вспомогательной эпюрой находим границу сжимаемой толщи -  $H_c=6,48\text{м}$ .

Полная осадка фундамента определяется по формуле (4.9)

$$S = \frac{0,8 \cdot 0,36}{17000} \cdot \left( \frac{376,16 + 318,98}{2} + 365,63 \right) + \frac{0,8 \cdot 0,36}{10000} \cdot \left( \frac{318,98 + 256,54}{2} \right) + \frac{0,8 \cdot 0,36}{11000} \cdot \left( \frac{256,54 + 18,43}{2} + 200,12 + 155,73 + 122,25 + 97,80 + 78,99 + 65,08 + 54,54 + 46,27 + 39,50 + 34,23 + 29,72 + 26,33 + 23,32 + 20,69 \right) = 0,05\text{м}$$

Проверяем условие  $S \leq S_u$  [9]. В соответствии с данными (табл. 3.5, прил. 3) предельное значение осадки для проектируемого сооружения составит 10 см, т.е.  $S = 5\text{см} < S_u = 10\text{см}$  – условие удовлетворяется.

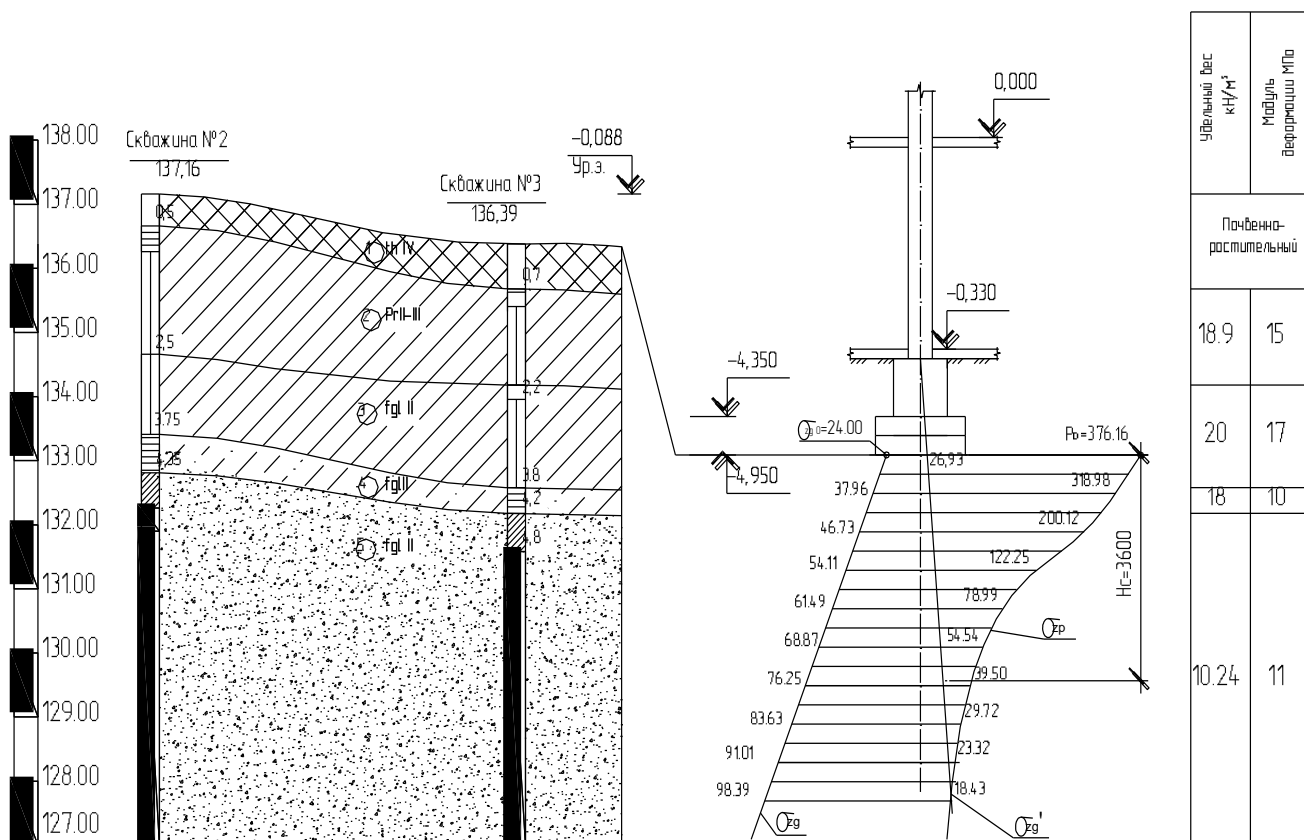


Рисунок 4.6 – К примеру 4.2 – эпюры природных и дополнительных напряжений

### Пример 4.3

Определить осадку столбчатого (отдельного) фундамента с размерами подошвы 3,0 x 1,8 м методом эквивалентного слоя Н.А. Цытовича.

Напластование грунтов указано на рисунке (4.6). Грунты обладают следующими характеристиками:

ИГУ 2, второй инженерно-геологический слой –  $e_2=1,03$  ,  $m_{02} = 0,095 \text{ МПа}^{-1}$  ,

ИГУ 3, третий инженерно-геологический слой –  $e_3=0,83$  ,  $m_{03} = 0,085 \text{ МПа}^{-1}$  ,

ИГУ 4, четвёртый инженерно-геологический слой –  $e_4=1,07$  ,  $m_{04} = 0,14 \text{ МПа}^{-1}$

По формуле (4.11) найдем величины коэффициентов относительной сжимаемости второго, третьего и четвертого слоев

$$m_{v2} = \frac{0,095}{1+1,03} = 0,047 \text{ МПа}^{-1} ;$$

$$m_{v3} = \frac{0,085}{1+0,83} = 0,046 \text{ МПа}^{-1} ;$$

$$m_{v4} = \frac{0,14}{1+1,07} = 0,068 \text{ МПа}^{-1} .$$

Давление по подошве фундамента равно  $p_{II} = 269,2$  кПа.

Дополнительное давление равно  $p_0 = 238,21$  кПа.

При  $\nu_0 = 0,35$  и  $\eta = 1,67$  найдем  $A\omega_{const} = 1,59$  (табл. 2.6, прил. 2).

Найдем мощность эквивалентного слоя по формуле (4.13)

$$h_e = A\omega \cdot b = 1,59 \cdot 1,8 = 2,862 \text{ м}$$

Тогда сжимаемая толща определяется по формуле (4.14)

$$H = 2 \cdot h_e = 2 \cdot 2,862 = 5,724 \text{ м}$$

Построив треугольную эпюру, определим соответствующие значения  $h_i$  и  $z_i$  для каждого слоя (рис. 4.6):

- второго  $h_2 = 3,35 \text{ м}$   $z_2 = 4,049 \text{ м}$ ;

- третьего  $h_3 = 1,2 \text{ м}$   $z_3 = 1,774 \text{ м}$ ;

- четвёртого  $h_4 = 1,174 \text{ м}$   $z_4 = 0,587 \text{ м}$ .

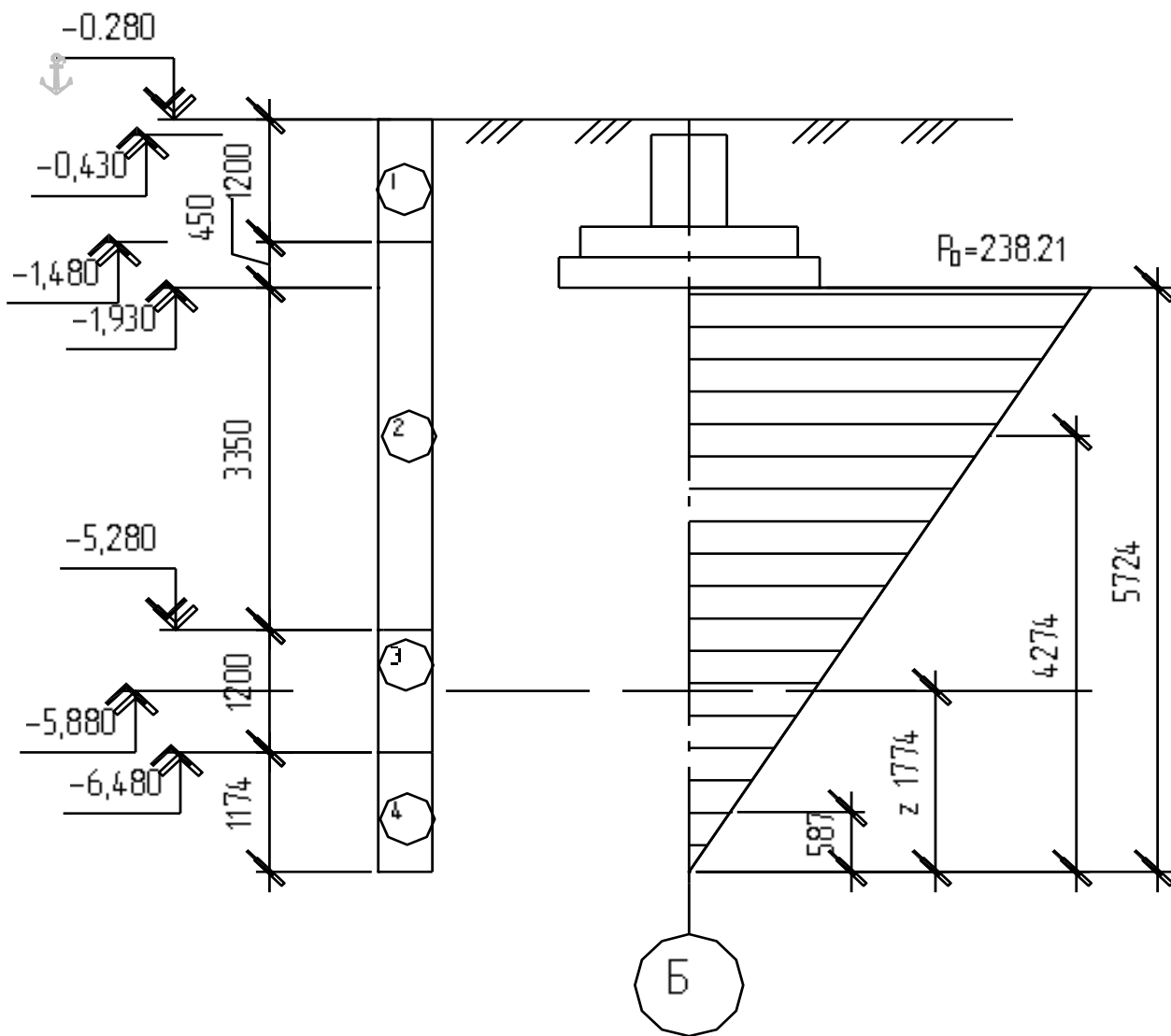


Рисунок 4.7 - Расчётная схема к примеру 4.3

По формуле (4.15) найдем величину среднего коэффициента относительной сжимаемости

$$m_{vm} = \frac{\sum h_i \cdot m_{vi} \cdot z_i}{2 \cdot h_e^2} = \frac{(3,35 \cdot 0,047 \cdot 4,049 + 1,2 \cdot 0,046 \cdot 1,774 + 1,174 \cdot 0,068 \cdot 0,587)}{2 \cdot 2,862^2} = 0,048 \text{ МПа}^{-1} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ кПа}^{-1}$$

По формуле (4.12) найдем осадку фундамента

$$s = h_e \cdot m_{vm} \cdot p_0 = 2,862 \cdot 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 238,21 = 0,033 \text{ м} = 3,3 \text{ см}$$

В соответствии с данными (табл. 3.5, прил. 3) предельное значение осадки для проектируемого сооружения составит 10 см, т.е.  $S = 3,3 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}$  – условие соблюдается.

#### Пример 4.4

Выполнить прогноз фильтрационной консолидации, рассчитать затухание осадки во времени. Исходные данные в примере 4.3. Высота треугольной эпюры  $H = 5,724\text{ м}$  (рис 4.6).

Коэффициент фильтрации:

- второго слоя грунта  $k_{f2} = 3,7 \cdot 10^{-4}$  м/сут,
- третьего слоя грунта  $k_{f3} = 2,3 \cdot 10^{-4}$  м/сут,
- четвертого слоя грунта  $k_{f4} = 1,9 \cdot 10^{-6}$  м/сут,

Средний коэффициент фильтрации для всей сжимаемой толщи определяем по формуле (4.19)

$$K_{\phi} = \frac{5,724\text{ м}}{\frac{3,35\text{ м}}{3,7 \cdot 10^{-4} \text{ м/сут}} + \frac{1,2\text{ м}}{2,3 \cdot 10^{-4} \text{ м/сут}} + \frac{1,174\text{ м}}{1,9 \cdot 10^{-6} \text{ м/сут}}} = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{ м/сут} ;$$

Определяем средний коэффициент консолидации по формуле (4.18)

$$c_v = \frac{9,1 \cdot 10^{-6} \text{ м/сут}}{4,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \kappa H \cdot 10 \kappa H / \text{м}^3} = 0,019 \text{ м}^2 / \text{сут} ;$$

Определяем время соответствующее осадке по формуле (4.17)

$$T = \frac{4 \cdot (5,724\text{ м})^2}{3,14^2 \cdot 0,019 \text{ м}^2 / \text{сут}} = 698,9 \text{ сут} = 1,91 \text{ года} .$$

Осадку  $S_t$  в стадии фильтрационной консолидации на период времени  $t$ , не превышающий время окончания консолидации, находят, используя решение К. Терцаги. Все вычисления проведем в табличной форме (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Результаты расчета фильтрационной консолидации к примеру 4.4

| U    | N    | $t = T \cdot N$ , год | $S_t = S_{\pi} \cdot U$ , см |
|------|------|-----------------------|------------------------------|
| 0    | 0    | 0                     | 0                            |
| 0,2  | 0,02 | 0,04                  | 0,66                         |
| 0,4  | 0,13 | 0,25                  | 1,32                         |
| 0,6  | 0,42 | 0,8                   | 1,98                         |
| 0,8  | 1,08 | 2,06                  | 2,64                         |
| 0,95 | 2,54 | 4,85                  | 3,14                         |

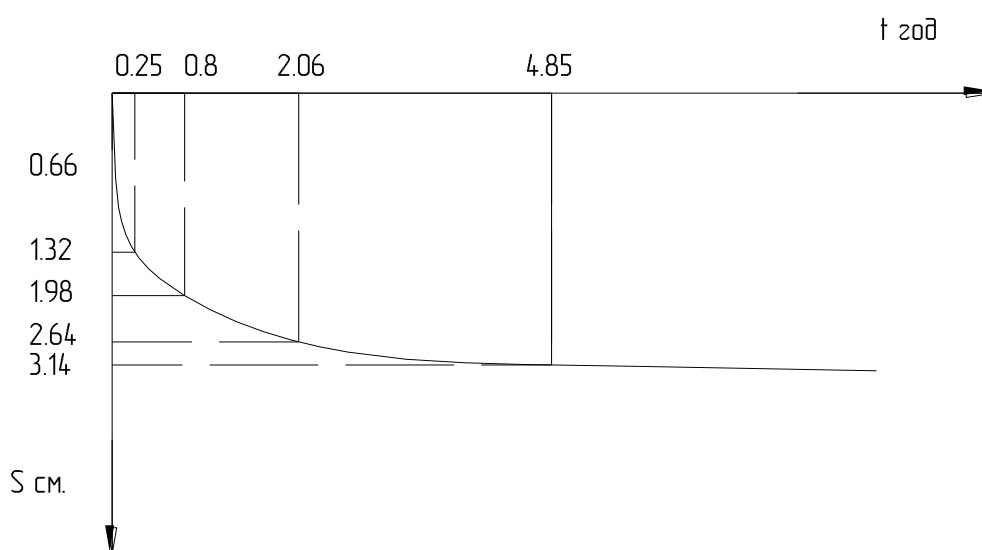


Рисунок 4.8 – График развития осадки фундамента во времени (к примеру 4.4)

### Пример 4.5

Определить осадку сборных железобетонных фундаментов под колонны с учетом их взаимного влияния. Размеры подошвы фундаментов 3,3 x 2,4 м. Расстояние между фундаментами 6 м. Глубина заложения фундаментов  $d = 1,95$  м. Осадка фундамента полученная по методу эквивалентного слоя –  $S = 2,9$  см, при мощности сжимаемой толщи  $H_c = 6$  м. Дополнительное давление по подошве  $p_0 = 295,07$  кПа.

Исходные данные физико-механических характеристик грунтов:

- второго слоя –  $E_2 = 19$  МПа,  $\gamma_2 = 19,7$  кН/м<sup>3</sup>;

- третьего слоя –  $E_3=20,1$  МПа,  $\gamma_3 = 16,5$  кН/м<sup>3</sup>.

При расчете осадки фундамента с учетом влияния загрузки соседних фундамента необходимо дополнительно установить напряжение  $\sigma_{zp,n}$ , возникающее в точках по вертикали, проходящей через центр подошвы рассчитываемого фундамента, от загрузки указанных площадей. Напряжения  $\sigma_{zp,n}$  определяют методом угловых точек. Дополнительные напряжения  $\sigma_{zp,n}$  суммируют с дополнительными напряжениями  $\sigma_{zp,f}$  от загрузки рассчитываемого фундамента по формуле

$$\sigma_{zp} = \sigma_{zp,f} + \sigma_{zp,n}$$

Радиус влияния, в пределах которого следует учитывать соседние фундаменты, может быть принят равным

$$r = 1.3 \cdot H_c,$$

где  $H_c$  – сжимаемая толща грунтов,

$$r = 1.3 \cdot 6 = 7.8 \text{ м.}$$

Для двух площадей загрузки, используя метод угловых точек, получим:

$$\sigma_{zp,n} = 2 \cdot 0.25 \cdot (\alpha_1 - \alpha_{II}) \cdot p_0 = (\alpha_1 - \alpha_{II}) \cdot 147.54,$$

Для нахождения  $\alpha_1$  следует использовать параметр

$$\eta_1 = l_1 / b = 7.2 / 1.65 = 4.36 \text{ – соответствующий первой площади загрузки.}$$

Для нахождения  $\alpha_{II}$  следует использовать параметр

$$\eta_2 = l_2 / b = 4.8 / 1.65 = 2.91 \text{ – соответствующий второй площади загрузки.}$$

Коэффициенты затухания напряжений по вертикали, проходящей через центральную точку О, принимаются по таблице 2.6 приложения 2 и относятся к прямоугольникам ОСВА и ОСЕД.

Определение дополнительных напряжений  $\sigma_{zp,n}$  от загрузки двух соседних фундамента с учетом двойной симметрии показано в таблице 4.4

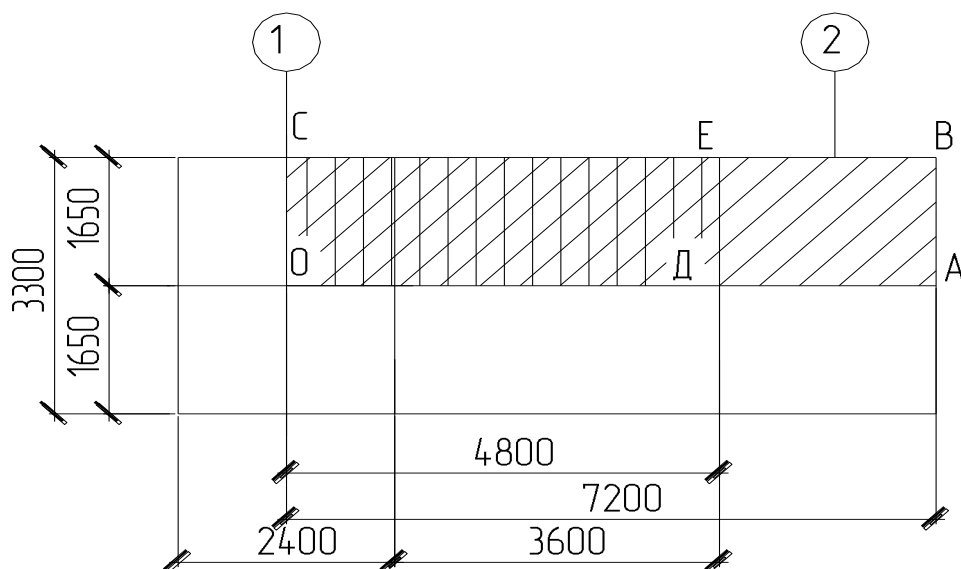


Рисунок 4.9 – Расчётная схема определение вертикальных нормальных напряжений и расчета осадки фундамента с учетом влияния соседнего фундамента, к примеру 4.5

Таблица 4.4 – Результаты расчета ординат нормальных напряжений двух смежных фундамента, к примеру 4.5

| Слой грунта             | №  | h, м | Z, м | $\xi$ | $\alpha$ | $\alpha_I$ | $\alpha_{II}$ | $\alpha_I - \alpha_{II}$ | $\sigma_{zp,n}$ , кПа | $\sigma_{zp}$ , кПа | $\sigma_{zp} + \sigma_{zp,n}$ | $\sigma_{zg}$ , кПа | $\sigma'_{zg}$ , кПа |
|-------------------------|----|------|------|-------|----------|------------|---------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| Суглинок тугопластичный | 1  | 3,2  | 0    | 0     | 1,0      | 1,0        | 1,0           | 0                        | 0                     | 295,07              | 295,07                        | 33,89               | 6,78                 |
|                         | 2  | 3,68 | 0,48 | 0,4   | 0,972    | 0,977      | 0,977         | 0                        | 0                     | 286,8               | 286,8                         | 43,35               | 8,67                 |
|                         | 3  | 4,16 | 0,96 | 0,8   | 0,848    | 0,880      | 0,878         | 0,002                    | 0,295                 | 250,22              | 250,52                        | 52,81               | 10,56                |
|                         | 4  | 4,64 | 1,44 | 1,2   | 0,682    | 0,752      | 0,745         | 0,007                    | 1,033                 | 201,24              | 202,27                        | 62,27               | 12,45                |
|                         | 5  | 5,12 | 1,92 | 1,6   | 0,532    | 0,635      | 0,623         | 0,012                    | 1,77                  | 156,98              | 158,75                        | 71,73               | 14,35                |
|                         | 6  | 5,6  | 2,4  | 2,0   | 0,414    | 0,540      | 0,521         | 0,019                    | 2,803                 | 122,16              | 124,96                        | 81,19               | 16,24                |
|                         | 7  | 6,08 | 2,88 | 2,4   | 0,325    | 0,463      | 0,438         | 0,025                    | 3,688                 | 95,89               | 99,58                         | 90,65               | 18,13                |
|                         | 8  | 6,56 | 3,36 | 2,8   | 0,260    | 0,400      | 0,371         | 0,029                    | 4,279                 | 76,72               | 81,00                         | 100,11              | 20,02                |
|                         | 9  | 7,04 | 3,84 | 3,2   | 0,210    | 0,349      | 0,316         | 0,033                    | 4,869                 | 61,96               | 66,83                         | 109,57              | 21,91                |
|                         | 10 | 7,52 | 4,32 | 3,6   | 0,173    | 0,307      | 0,272         | 0,035                    | 5,164                 | 51,05               | 56,21                         | 117,49              | 23,50                |
| Глина туго-пластичная   | 11 | 8,00 | 4,8  | 4,0   | 0,145    | 0,272      | 0,236         | 0,036                    | 5,31                  | 42,79               | 48,1                          | 125,41              | 25,08                |
|                         | 12 | 8,48 | 5,28 | 4,4   | 0,123    | 0,242      | 0,206         | 0,036                    | 5,31                  | 36,29               | 41,6                          | 133,33              | 26,67                |
|                         | 13 | 8,96 | 5,76 | 4,8   | 0,105    | 0,217      | 0,181         | 0,036                    | 5,31                  | 30,98               | 36,29                         | 141,25              | 28,25                |
|                         | 14 | 9,44 | 6,24 | 5,2   | 0,091    | 0,194      | 0,159         | 0,035                    | 5,164                 | 26,85               | 32,01                         | 149,17              | 29,83                |
|                         | 15 | 9,92 | 6,72 | 5,6   | 0,079    | 0,176      | 0,142         | 0,034                    | 5,016                 | 23,31               | 28,33                         | 157,09              | 31,42                |

Толщина сжимаемой толщи  $H_c = 6,5\text{ м}$ .

Условие  $\sigma_{zp,1} \leq 0.2\sigma_{zg,0}$  выполняется на глубине  $z=6,24\text{ м}$ , а условие

$\sigma_{zp,nf} \leq 0.2\sigma_{zg,0}$  на глубине  $z=6,72\text{ м}$

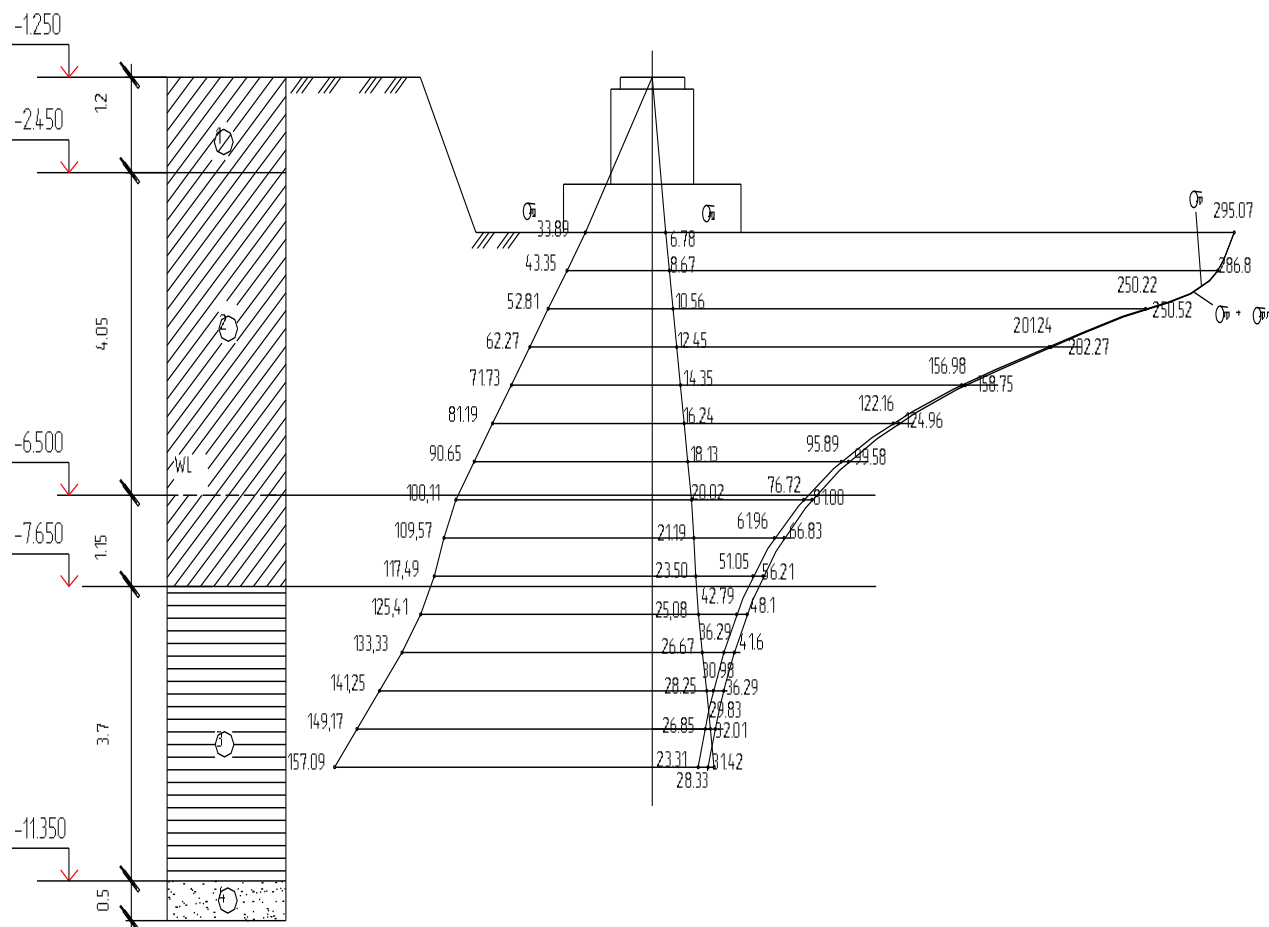


Рисунок 4.10 – Эпюры природных и дополнительных напряжений фундаментов с учетом их взаимного влияния

По величине деформации  $i$ -го слоя мощностью  $h_i$  осадка второго фундамента  $s_i$  определяется зависимостью по формуле (4.9), где  $\beta = 0.74$  – корректирующий коэффициент.



$$\begin{aligned}
S &= \frac{0.74 \cdot 0.48}{19000} \left( \frac{295.07 + 286,8}{2} + \frac{286,8 + 250,52}{2} + \frac{250,52 + 202,27}{2} + \frac{202,27 + 158,75}{2} + \right. \\
&+ \frac{158,75 + 124,96}{2} + \frac{124,96 + 99,58}{2} + \frac{99,58 + 81,00}{2} + \frac{81,00 + 66,83}{2} + \frac{66,83 + 56,21}{2} + \\
&+ \left. \frac{56,21 + 48,1}{2} \right) + \frac{0.74 \cdot 0.48}{20100} \left( \frac{48,1 + 41,6}{2} + \frac{41,6 + 36,29}{2} + \frac{36,29 + 32,01}{2} + \frac{32,01 + 28,33}{2} \right) = \\
&= \frac{0,74 \cdot 0,48}{19000} \cdot 1498,5 + \frac{0,74 \cdot 0,48}{20100} \cdot 148,12 = 0.031\text{м} = 3,1\text{см}.
\end{aligned}$$

Вычисляем разность осадок:

$$\delta = \frac{3,1 - 2,9}{3,1} \cdot 100\% = 6,5\%$$

Таким образом, учет влияния загрузки двух соседних фундаментов увеличивает осадку рассчитываемого фундамента на 6,5%.

## 5. Система общестроительных расчетов «Base»

Программный комплекс «Base 8.1» – это многофункциональный программный комплекс для расчета и проектирования зданий и сооружений. Модуль расчета «Фундаменты: Ленточный, Столбчатый, Подпорная стена, Деформации основания» создан на основе разработанной ранее программы «Фундамент» и включает в себя практически все расчеты элементов подземных строительных конструкций, предусмотренных нормативными документами.

Цель разработчиков – создание инструмента, включающего в себя максимально широкий спектр решаемых задач при минимальной сложности освоения и работы с программой, которая призвана свести к минимуму затраты времени на решение задач. Настоящая программа изначально не имеет руководства пользователя.

Существующая система справок разрешает «инженерные» вопросы, а также страхует от возможных ошибок по невнимательности. Если некоторые необходимые исходные данные не будут введены, расчет не начнется. Коэффициент, учитывающий класс ответственности сооружения принят единый, соответствующий средней степени ответственности.

Расчет осадки фундамента ведется по схеме линейно деформируемого полупространства. Если размеры конструкций или характеристики грунта предполагают иную схему расчета, программа сама предупредит об этом и отправит к нужной функции расчета осадки. Характеристики грунтов при любом расчете следует задавать как для расчета по II предельному состоянию. Все нагрузки приложены к оголовку фундамента.

Задание толщин слоев следует производить от уровня подошвы фундамента, как показано на рисунке окна диалога. Уровень грунтовых вод выше подошвы фундамента задается положительным, ниже подошвы – отрицательным.

### Пример 5.1

Определить необходимые размеры подошвы отдельно стоящего фундамента под колонну 0,4x0,4м, к обрезу фундамента приложена нагрузка

$N_0^H = 470 \text{ кН}$ . Длина здания  $L = 45 \text{ м}$ , высота здания  $H = 30 \text{ м}$ , подвала нет. Высота фундамента  $1,5 \text{ м}$ . Исходные данные по грунту даны в примере 1.1 и на рисунке 3.7. Характеристики основания: уровень грунтовых вод находится ниже подошвы фундамента на расстоянии -  $6,5 \text{ м}$ ;  $\gamma = 17,86 \text{ кН/м}^3$ ;  $c = 18 \text{ кПа}$ ;  $\varphi = 19^\circ$ .

**Основные этапы работы при расчете столбчатого фундамента  
на естественном основании**

**Шаг 5.1.1 Вход в систему**

Для того чтобы начать работу с программой Base необходимо выполнить следующую команду Windows: **Пуск** → **Программы** → **Base**.


Создание новой задачи. При запуске программы автоматически запускается модуль расчета и открывается стартовое окно в котором можно выбрать необходимый вид расчета для соответствующей строительной конструкции. Так как в данной задаче требуется рассчитать столбчатый фундамент под колонну выбираем: **Фундаменты** →  **Столбчатый** (рис. 5.1). При этом автоматически открывается окно диалога «Столбчатый на естественном основании».



Рисунок 5.1 – Окно «Система расчета и анализа строительных конструкций»

### Шаг 5.1.2 Ввод данных о типе грунта в основании фундамента

Для этого в появившемся окне диалога «Столбчатый на естественном основании» находим блок «Тип грунта в основании фундамента» (рис. 5.2) и задаем показатель текучести  $I_L$  основания. В данном случае «Пылевато-глинистые, крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем  $0.25 < I_L < 0.5$ ».

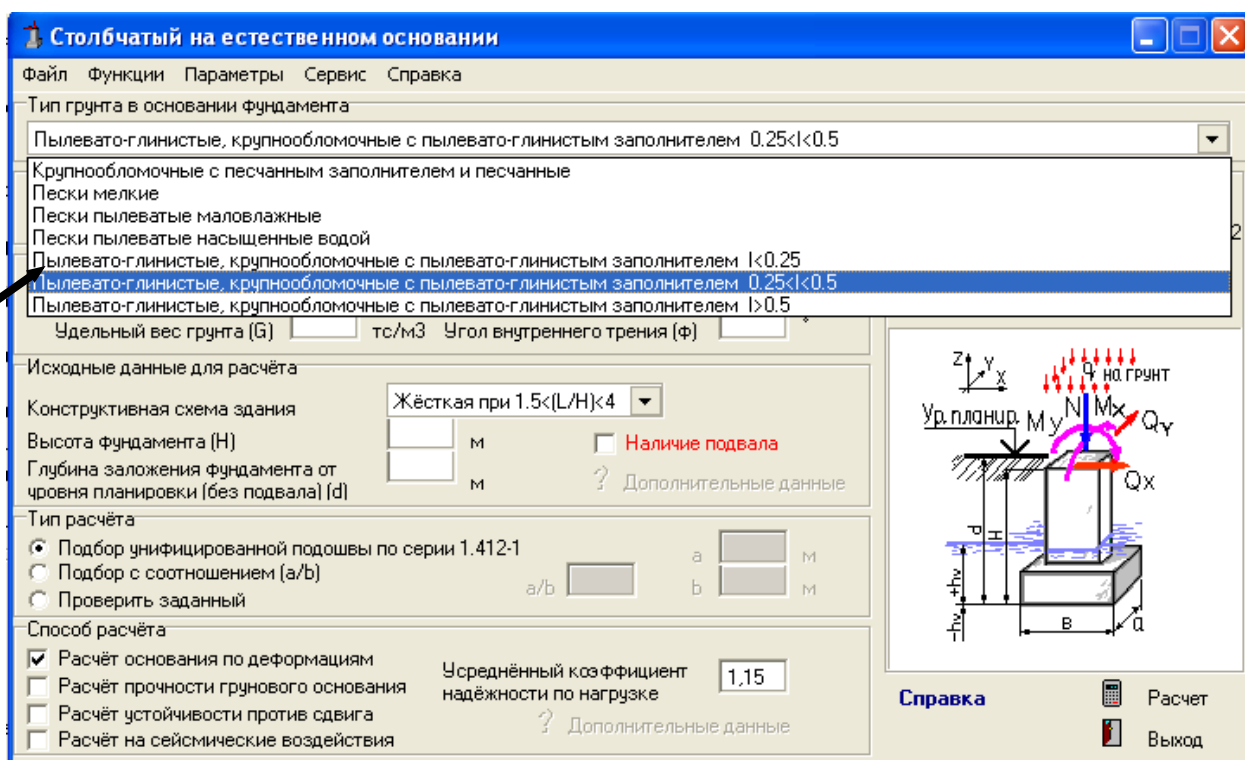


Рисунок 5.2 – Окно «Столбчатый на естественном основании», блок – «Тип грунта в основании фундамента»

### Шаг 5.1.3 Ввод способа определения характеристик грунта

Для этого в окне диалога находим блок «Способ определения характеристик грунта» (рис. 5.3) и выбираем необходимый из предложенных. В данном случае «На основе непосредственных испытаний».

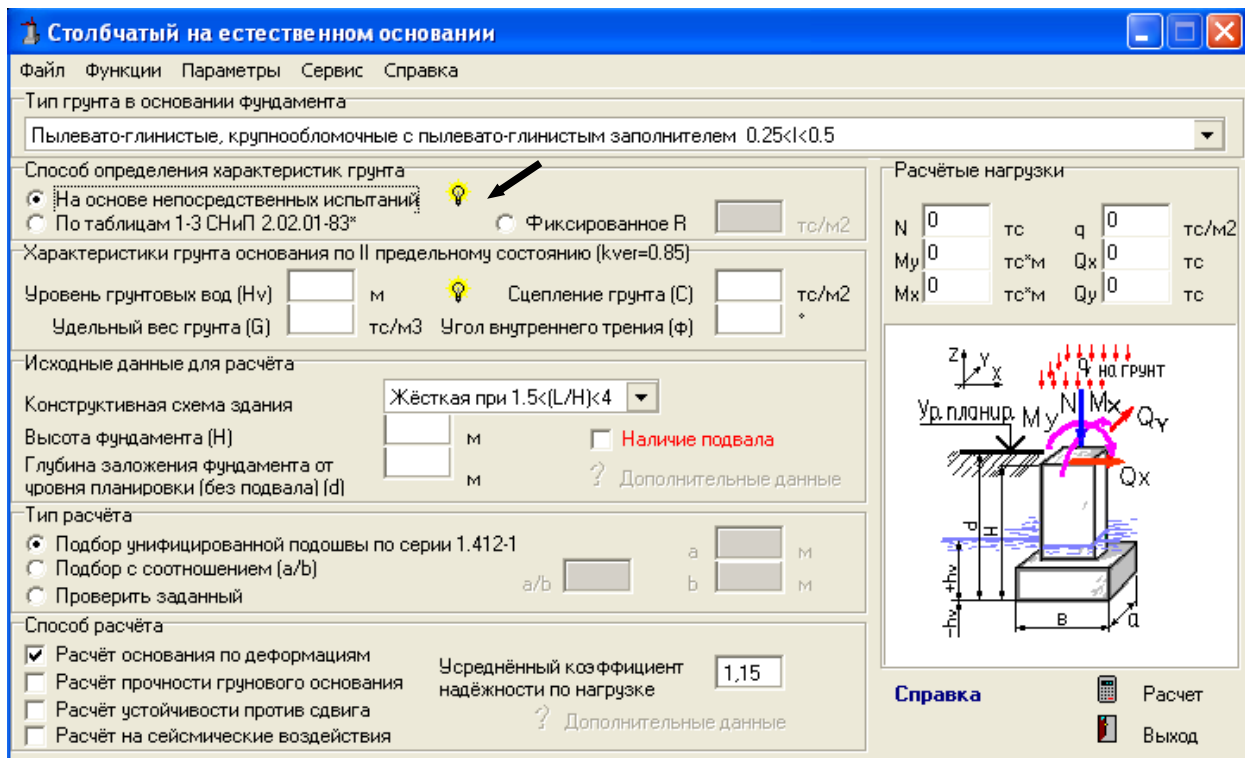


Рисунок 5.3 – Блок «Способ определения характеристик грунта»

**Шаг 5.1.4 Задание параметров единиц измерения, в которых будет осуществляться расчет и выбор способа расчета**

На панели выбираем: **Параметры**→**Единицы измерений**→**СИ (кН,кПа)** (рис. 5.4).

В окне диалога находим блок **«Способ расчета»** и отмечаем требуемый вид расчета  (рис. 5.4). В данном случае расчет основания производится по деформациям. Если отметки проставить на всех способах одновременно, то расчет будет произведен по всем трем способам с указанием при подборе подошвы максимальной ширины или максимальных размеров подошвы.

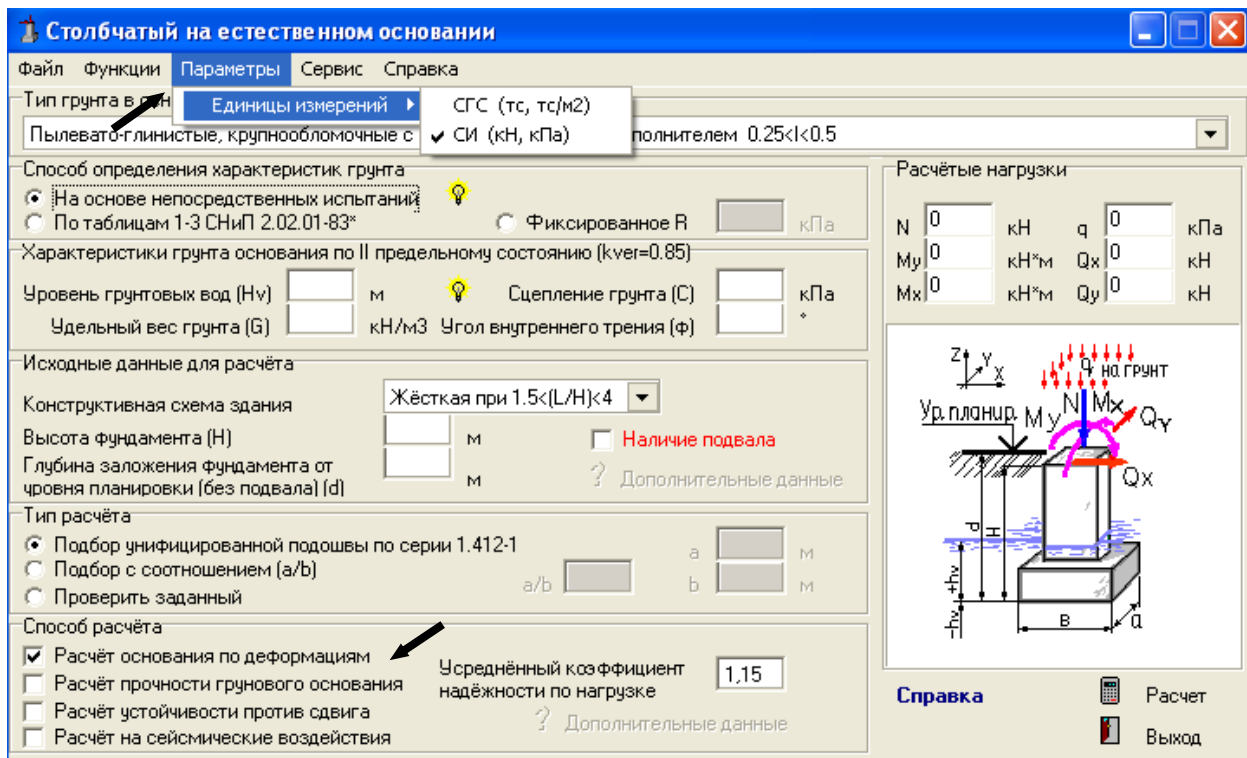


Рисунок 5.4 – Блок «Задание единиц измерения и способа расчета»

### Шаг 5.1.5 Ввод характеристик грунта.

Вводим данные для расчета (рис. 5.5).

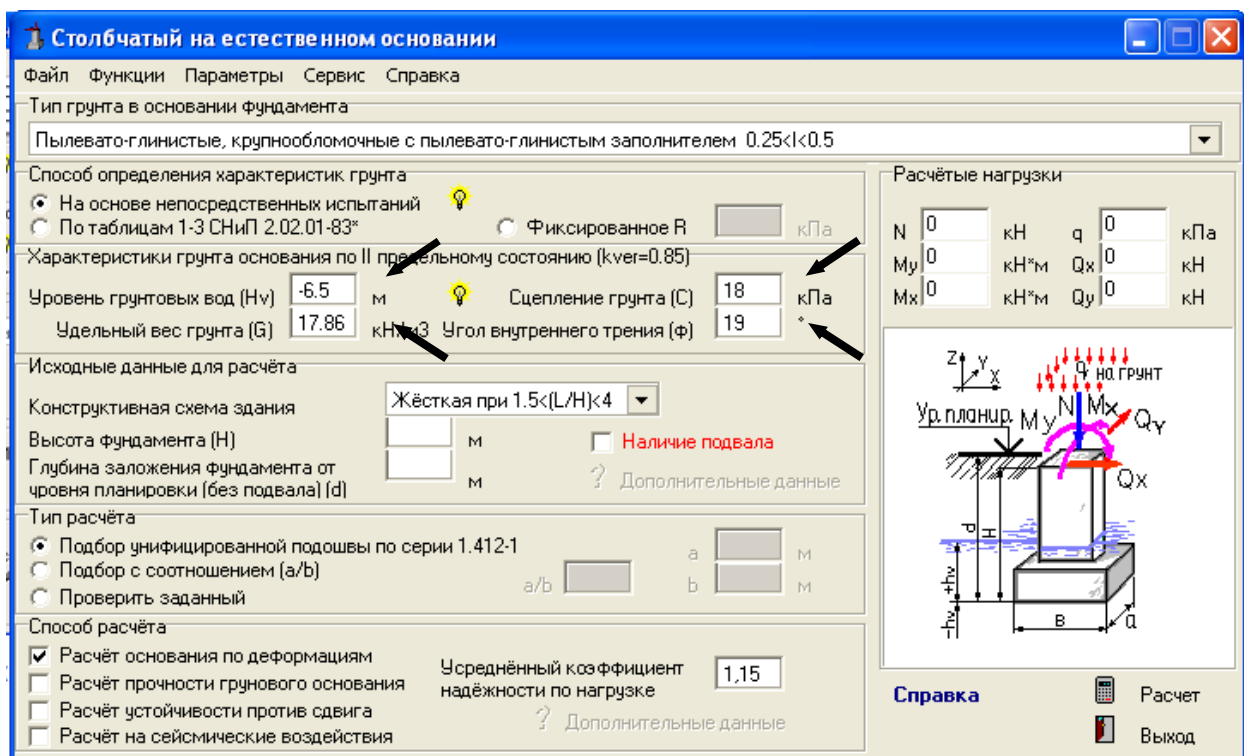


Рисунок 5.5 – Блок «Характеристики грунта основания»

В блок «Характеристики грунта основания по II предельному состоянию» вводим данные согласно графического изображения: уровень грунтовых вод  $H_v = -6,5$ ;  $\gamma = 17,86$  кН/м<sup>3</sup>;  $c = 18$  кПа;  $\varphi = 19^\circ$ .

### Шаг 5.1.6 Ввод исходных данных для расчета

В блоке «Исходные данные для расчета» вводим информацию о конструктивной схеме здания и параметрах фундамента (рис. 5.6). Выбираем нужную конструктивную схему здания - жесткая, высоту фундамента – 1,5 м, глубину заложения – 1,65 м. Подвал отсутствует.

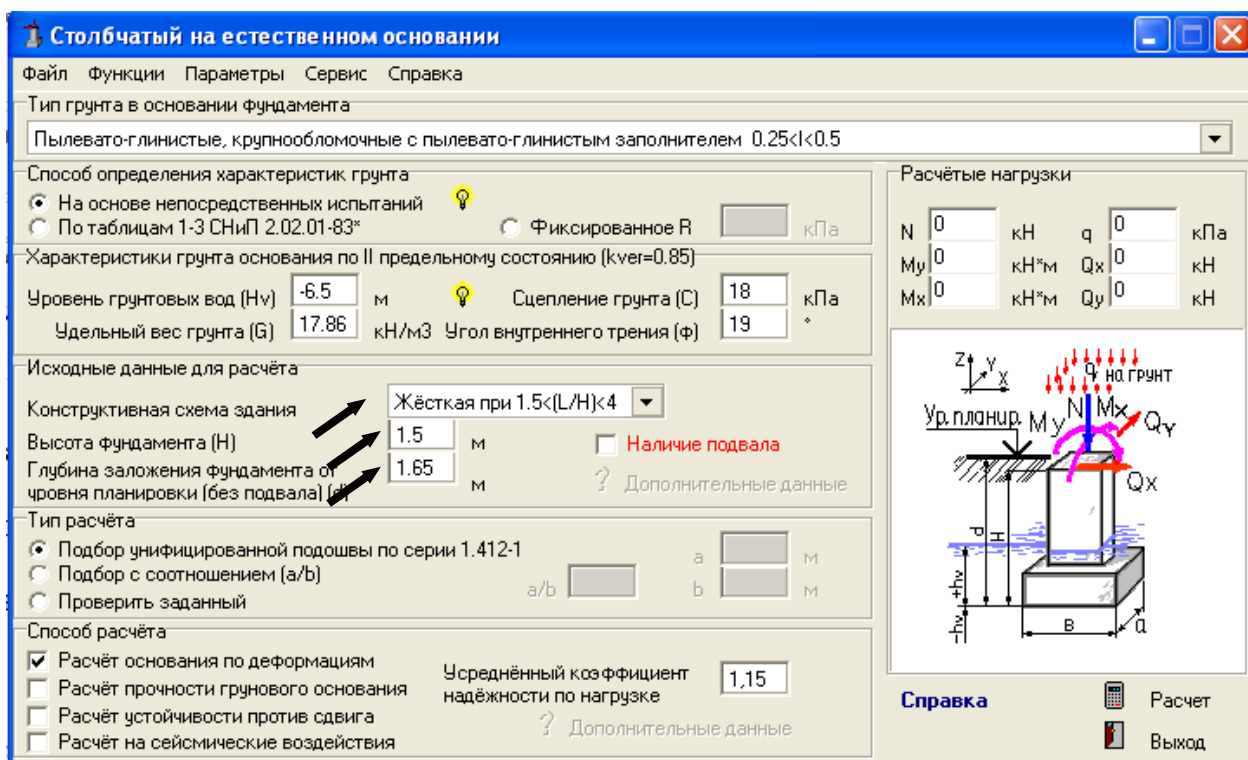



Рисунок 5.6 – Блок «Исходные данные для расчёта»

### Шаг 5.1.7 Выбор типа расчета и ввод расчетных нагрузок

В блоке «Тип расчета» выбираем необходимый вид. В данной задаче выполняем «Подбор унифицированной подошвы по серии 1.412-1». Затем в столбце «Расчетные нагрузки» вводим значения имеющихся нагрузок  $N = 470$  кН (рис. 5.7). Нагрузки на фундамент следует задавать расчетные. При необходимости программа сама переведет эту нагрузку в нормативную посредством деления на «усредненный коэффициент надежности по нагрузке», устанавливаемый в ниж-

ней части формы. Направления нагрузок, оси координат и их направления указаны справа на окне диалога (рис. 5.7), при этом направления моментов определены вокруг соответствующей индексу момента оси.

Затем переходим к расчету, нажимая символ  – расчет. Если происходит выход за пределы теории расчета грунта по прочности грунтового основания, – программа Вас информирует. При этом следует убрать символ с указателя данного расчета и выбрав другой способ выполнить расчет. Точность расчета от этого не уменьшится.

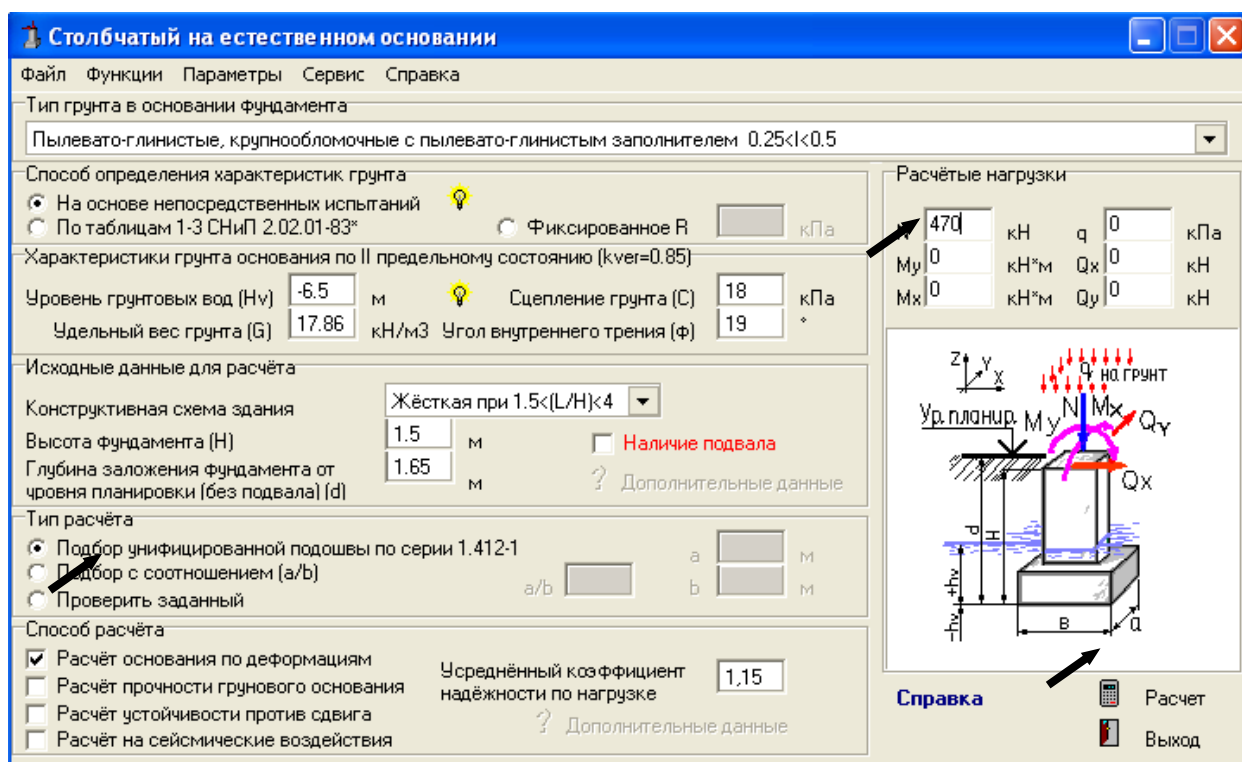


Рисунок 5.7 – Окно «Столбчатый на естественном основании» (выбор типа расчета, ввод нагрузок и осуществление расчета)

### Шаг 5.1.8 Результаты расчета

В появившемся диалоговом окне «Результаты расчета» видим значения расчетного сопротивления грунта основания, максимального и минимального напряжения под подошвой фундамента, а также максимальные размеры подошвы фундамента (рис. 5.8).



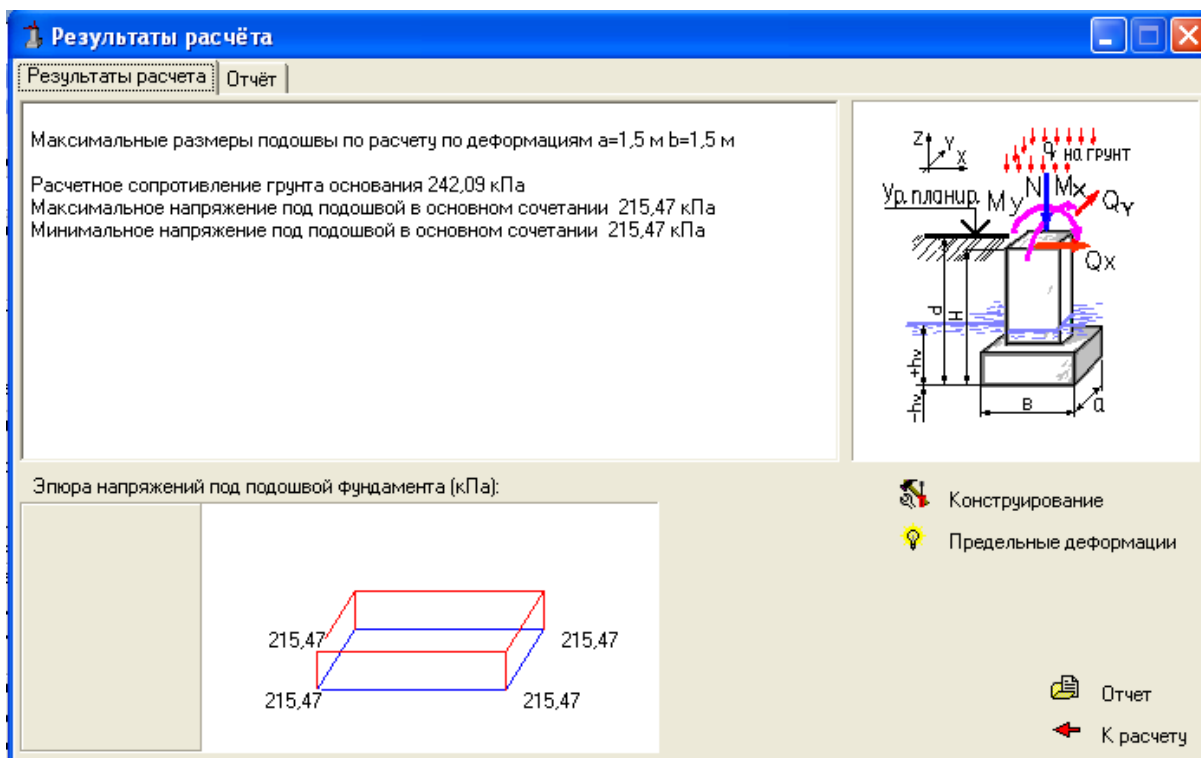


Рисунок 5.8 – Окно «Результаты расчета»

### Шаг 5.1.9 Отчет по результатам расчета

Вывод отчета (рис. 5.9 – 5.11).

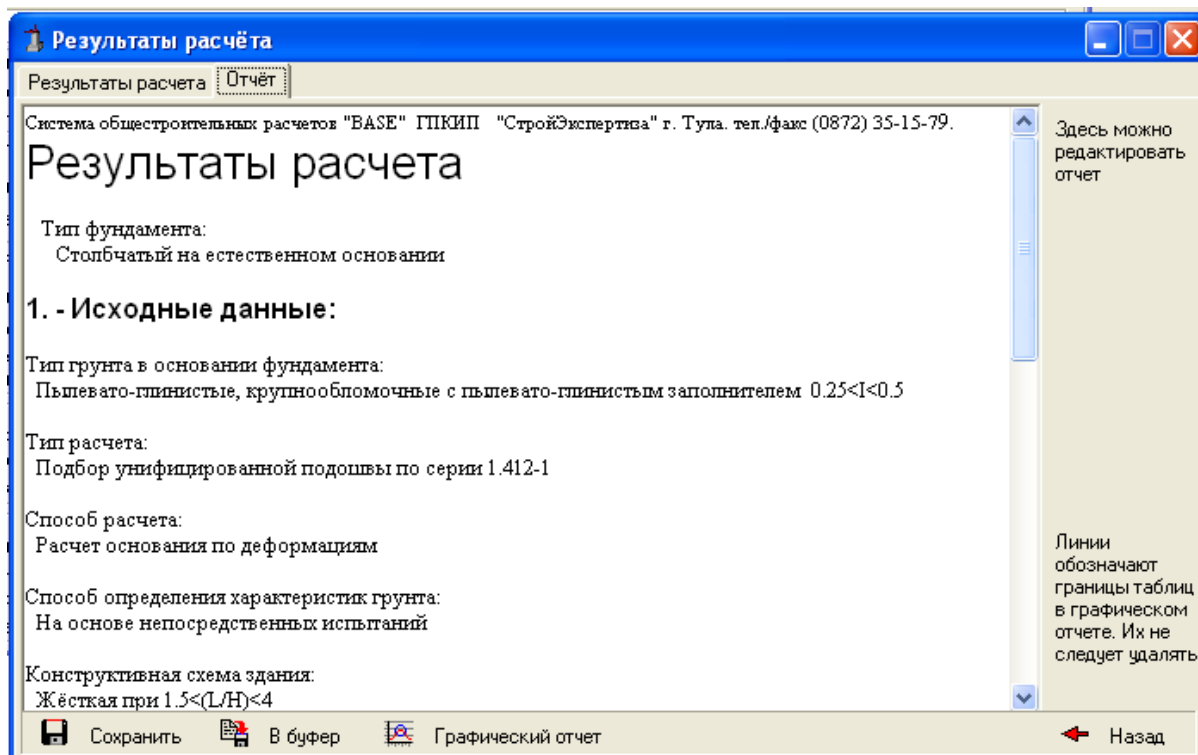


Рисунок 5.9 – Окно «Отчет»  
(начало отчета о результатах расчёта)

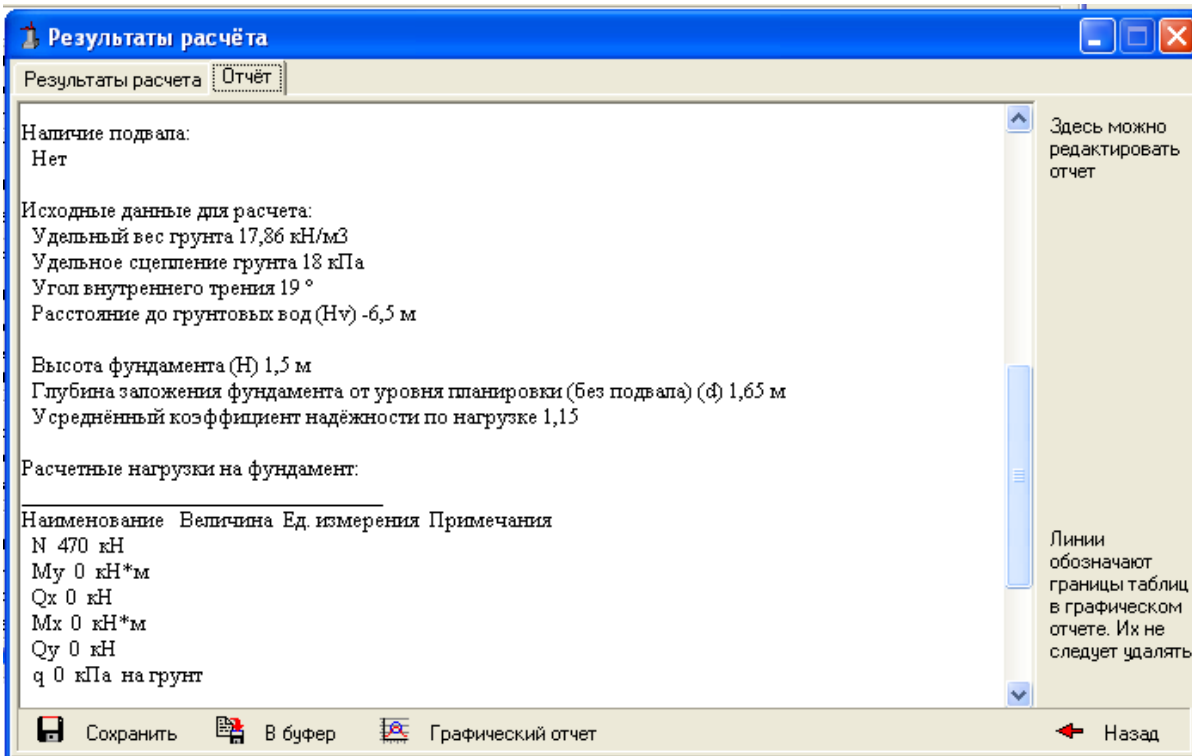


Рисунок 5.10 – Окно «Отчет»  
(продолжение отчета результатов расчёта)

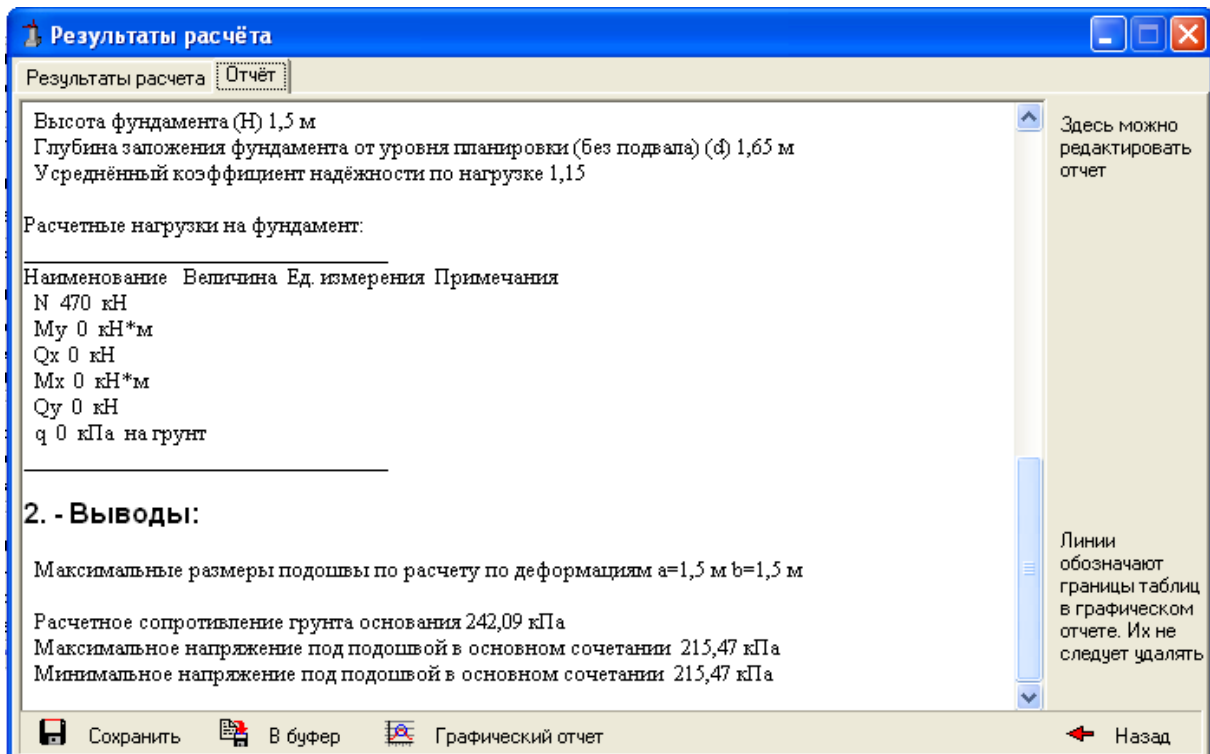


Рисунок 5.11 – Окно «Отчет»  
(окончание отчета результатов расчёта)

## Пример 5.2

Используя данные примера 5.1 выполнить расчет деформации фундамента.

### Шаг 5.2.1 Окно «Расчет по деформациям»



Рисунок 5.12 – Окно «Система расчета и анализа строительных конструкций»

### Шаг 5.2.2 Окно «Деформации основания»

Заполняем рабочую панель необходимыми исходными данными, полученными в предыдущем расчете, выбирая: тип фундамента, глубину заложения, высоту, ширину и длину фундамента, расстояние до грунтовых вод. Вводим количество грунтов, начиная со слоя находящегося под подошвой фундамента, указываем характеристики каждого грунта. Вводим данные о модуле деформации  $E$  кПа каждого слоя (рис. 5.12).

Если некоторые необходимые исходные данные не будут введены, расчет не начнется (рис. 5.14 – 5.16).

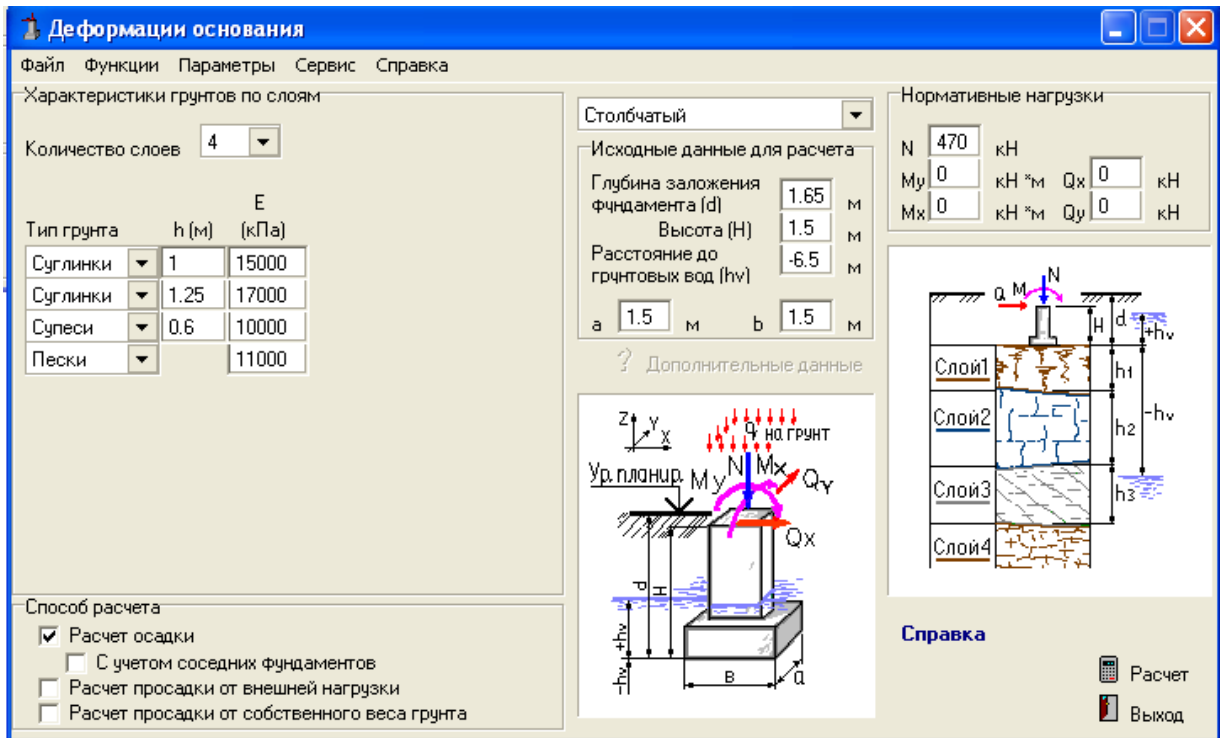


Рисунок 5.13 – Окно «Деформации основания»

### Шаг 5.2.3 Окно «Результаты расчета»

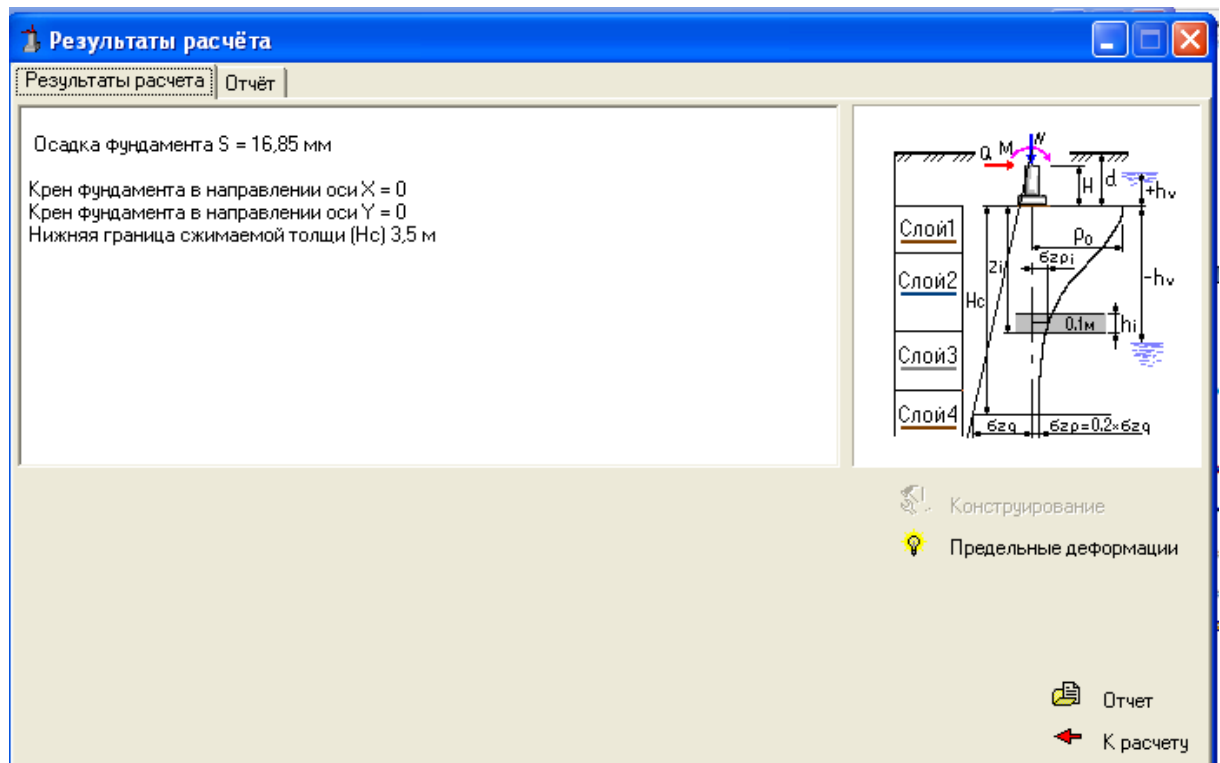


Рисунок 5.14 – Окно «Результаты расчета»

## Шаг 5.2.4 Окно «Отчет по результатам расчета»

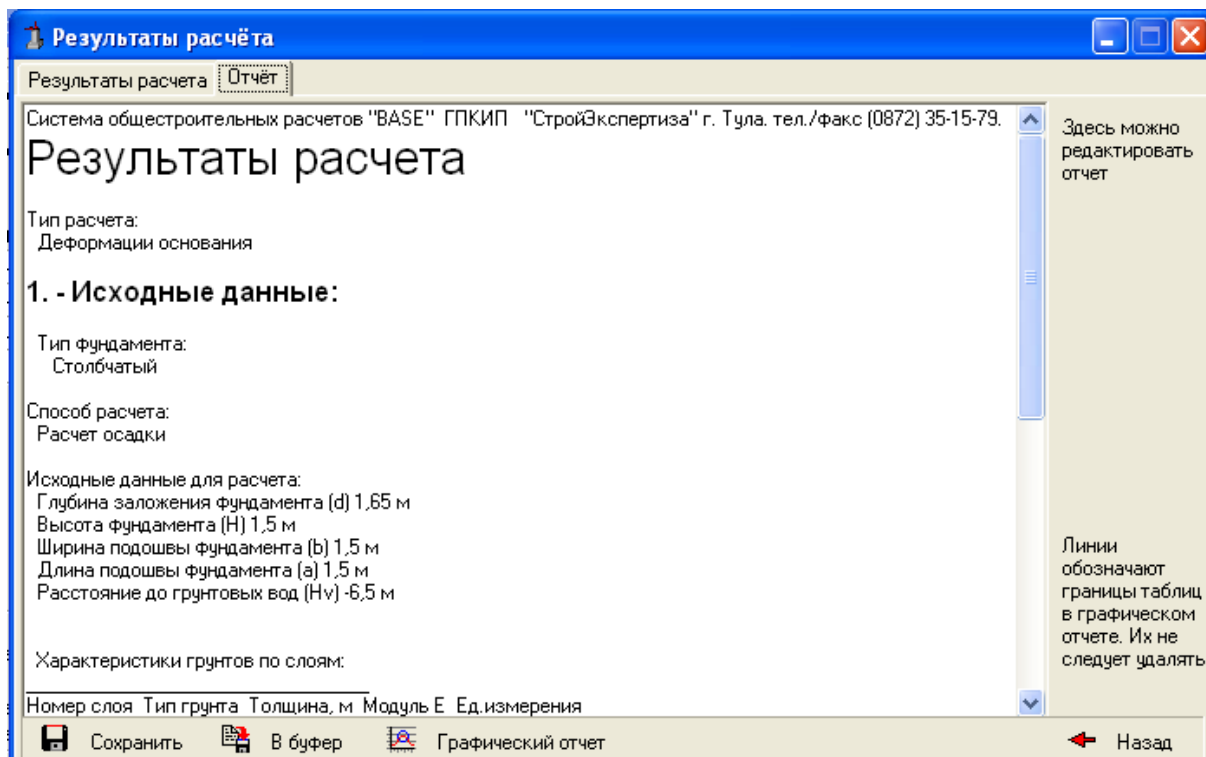


Рисунок 5.15 – Окно «Отчет» (начало отчета о результатах расчёта)

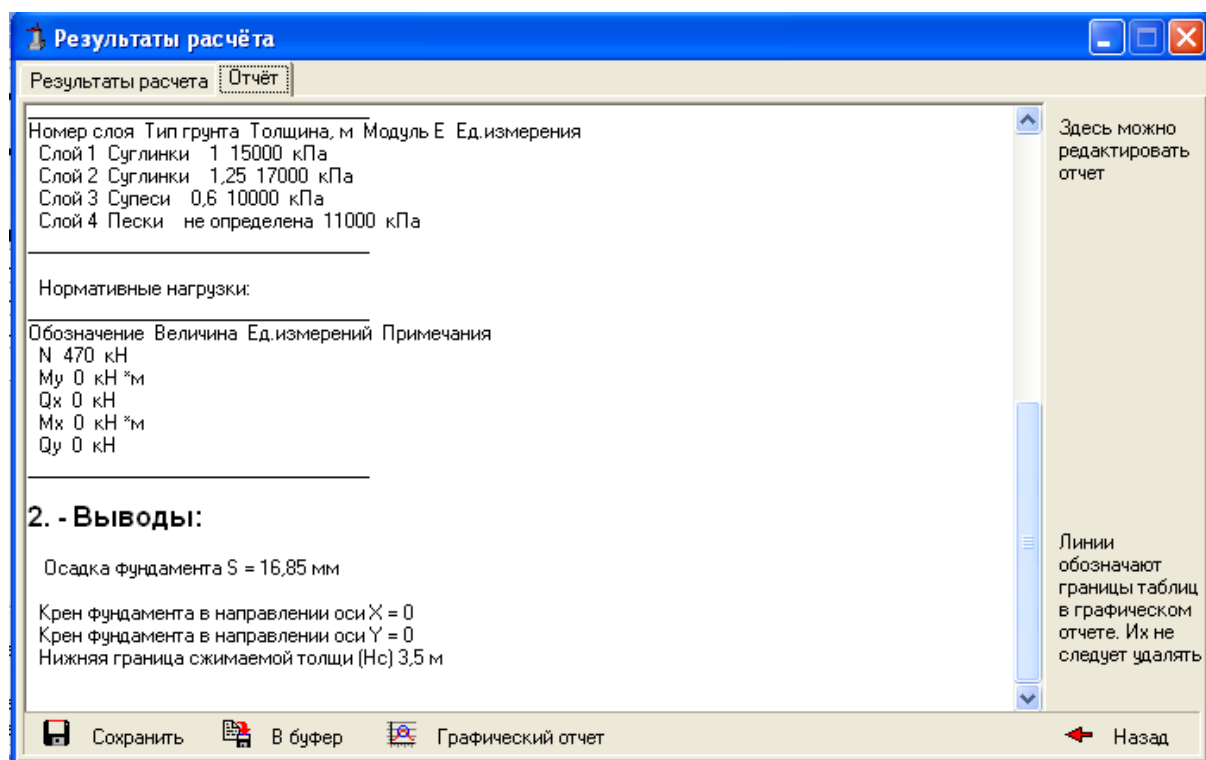


Рисунок 5.16 – Окно «Отчет» (окончание отчета о результатах расчёта)

### Пример 5.3

Определить необходимые размеры подошвы ленточного фундамента при условии, что к обрезу фундамента приложена нагрузка  $N_0^H = 300 \text{ кН}$  и момент действующий в одном направлении  $M_0^H = 35 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . Здание с подвалом, отметка пола подвала, минус 2,450. Длина здания  $L=45 \text{ м}$ , высота здания  $H=30 \text{ м}$ . Уровень грунтовых вод находится ниже подошвы фундамента на расстоянии 5,71 м. В основании залегает тугопластичный суглинок с частыми прослоями песка с гравием. Характеристики грунта основания:  $I_L = 0,33$ ,  $c_{II} = 34 \text{ кПа}$ ,  $\varphi^\circ = 14$ ,  $\gamma = 19,9 \text{ кН/м}^3$ ,  $\gamma_s = 27,1 \text{ кН/м}^3$   $E = 19 \text{ МПа}$ .

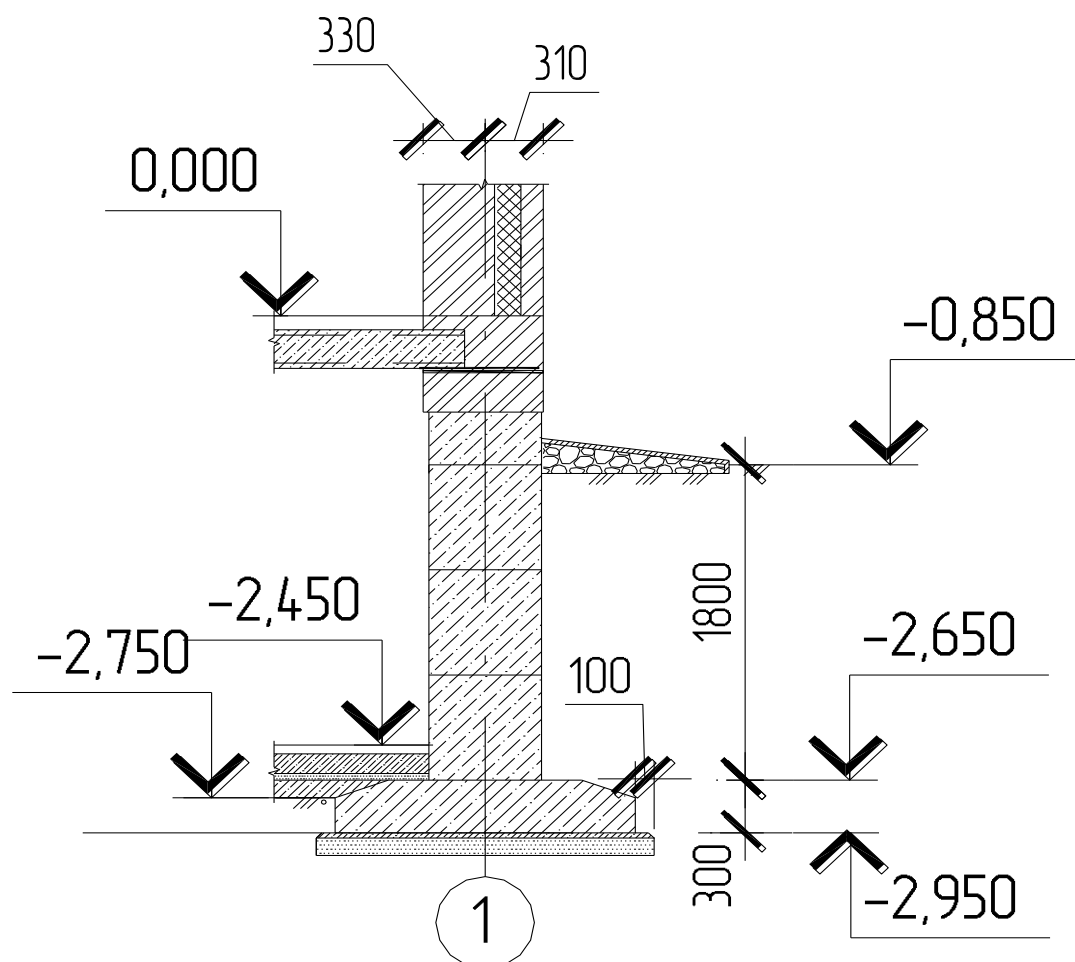


Рисунок 5.17 – Расчетная схема к примеру 5.3

### Шаг 5.3.1 Окно «Ленточный на естественном основании»

Ввод исходных данных грунта, типа и способа расчета (рис. 5.18).

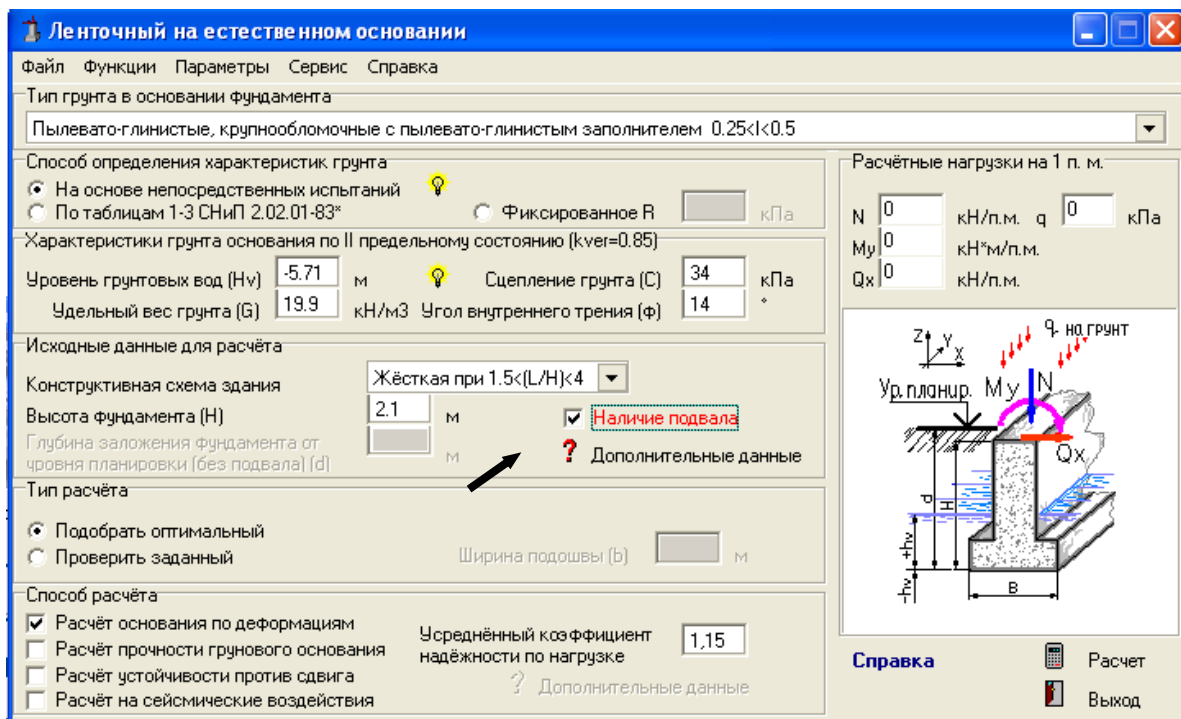


Рисунок 5.18 – Окно «Ленточный на естественном основании»

### Шаг 5.3.2 Окно «Дополнительные данные»

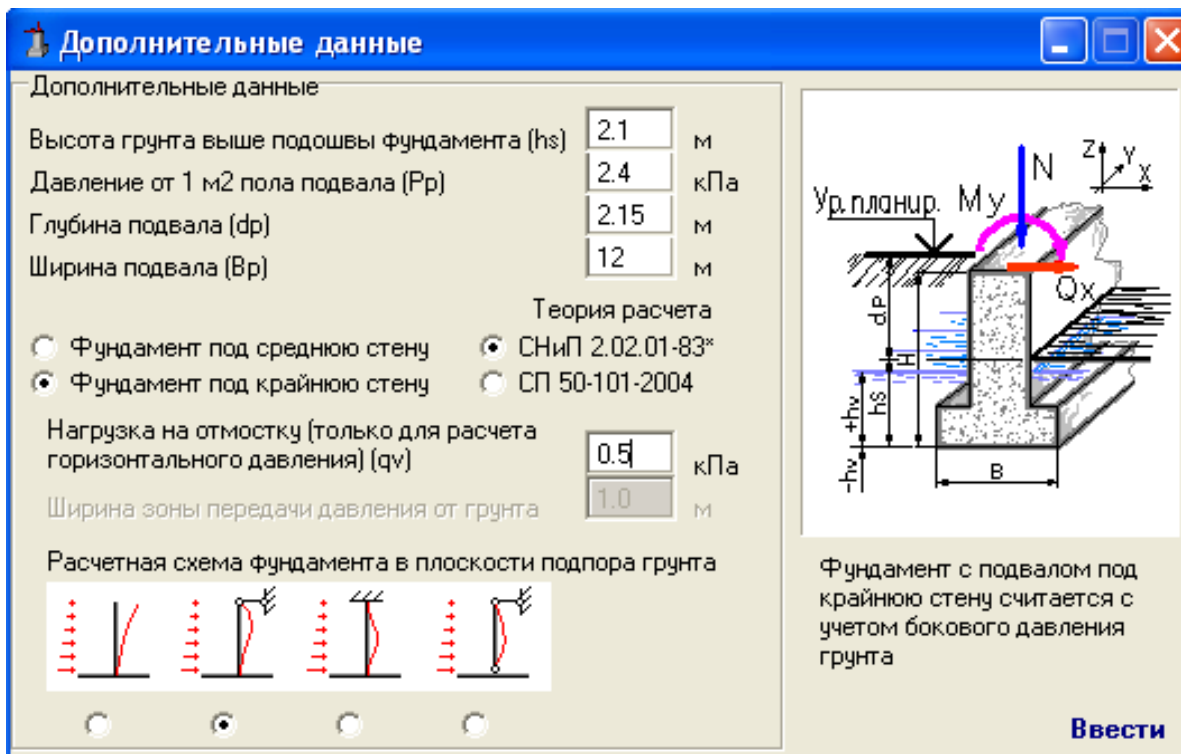


Рисунок 5.19 – Окно «Дополнительные данные»

В появившемся диалоговом окне вводим дополнительные данные и выбираем расчетную схему фундамента в плоскости подпора грунта (рис. 5.19 – 5.20).

### Шаг 5.3.3 Окно «Ленточный на естественном основании»

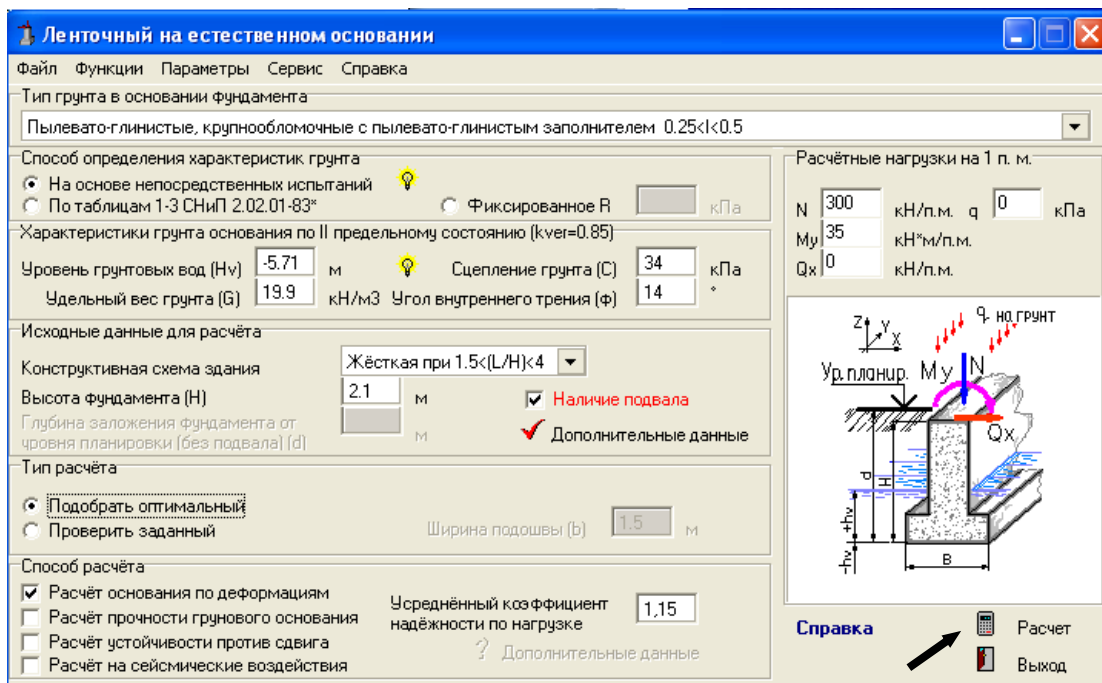


Рисунок 5.20 – Окно «Ленточный на естественном основании»

После заполнения дополнительных данных возвращаемся к диалоговому окну «Ленточный на естественном основании» и переходим к расчету.

### Шаг 5.3.4 Окно «Результаты расчета»

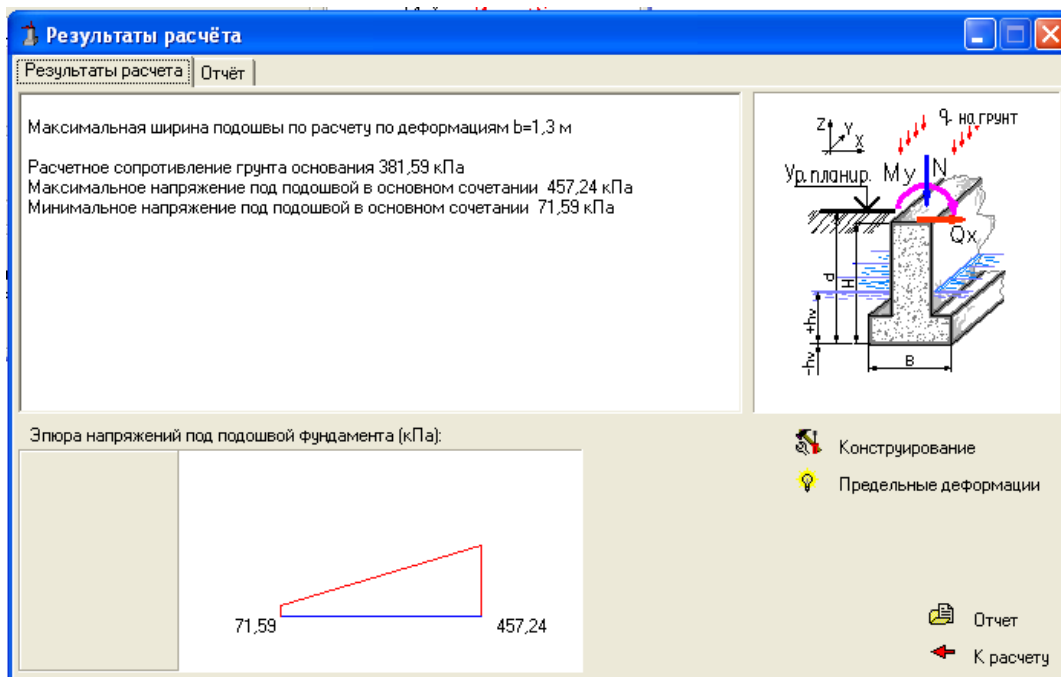


Рисунок 5.21 – Окно «Результаты расчета»



Определенные напряжения, действующие по подошве фундамента, сравниваем с расчетным сопротивлением грунта. Анализируя результаты расчета, приходим к выводу, что условие  $R_{II} \leq R$  не выполняется.

Возвращаемся к окну диалога «Ленточный на естественном основании» и выбираем способ расчета «Проверить заданный». Устанавливаем ближайшее большее значение максимальной ширины подошвы по расчету по деформациям  $b=1,5$  м и повторяем расчет.

### Шаг 5.3.5 Окно «Ленточный на естественном основании»

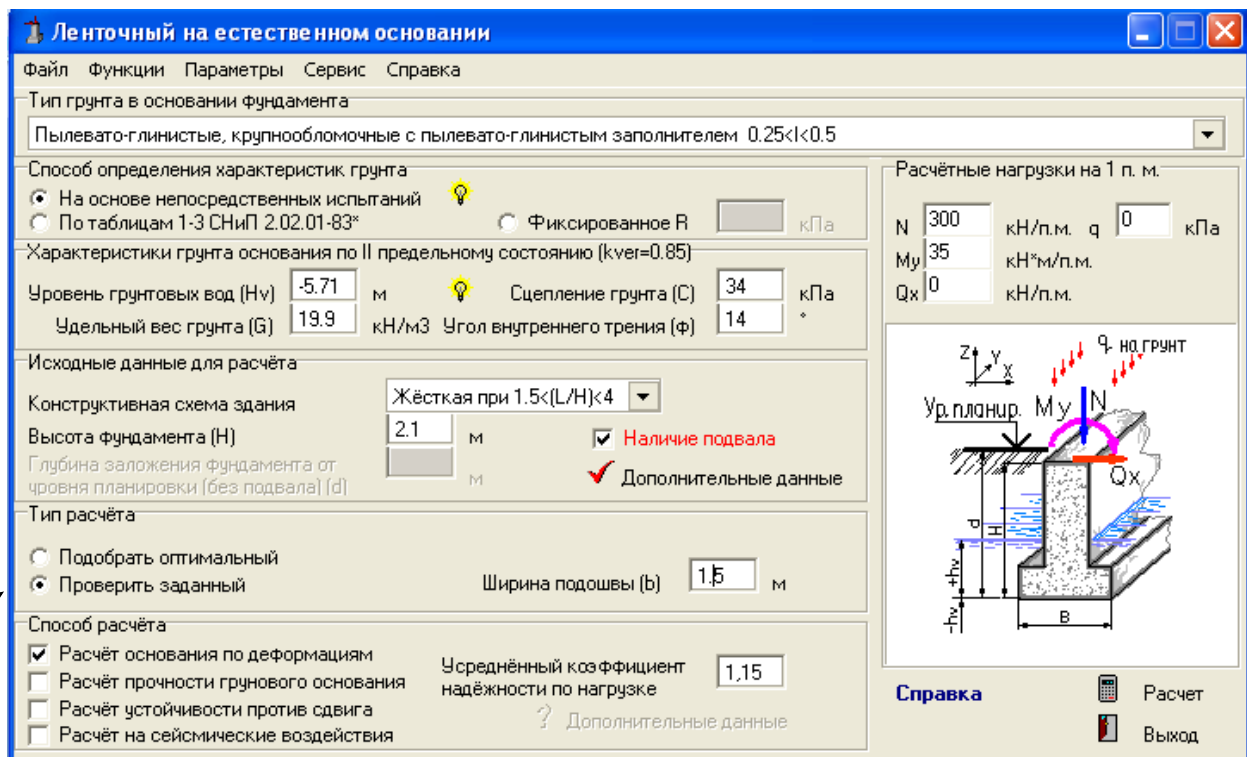


Рисунок 5.22 – Окно «Ленточный на естественном основании»

В окне диалога «Ленточный на естественном основании» проводим проверку заданных параметров фундамента (рис.5.22).

### Шаг 5.3.6 Окно «Результаты расчета»

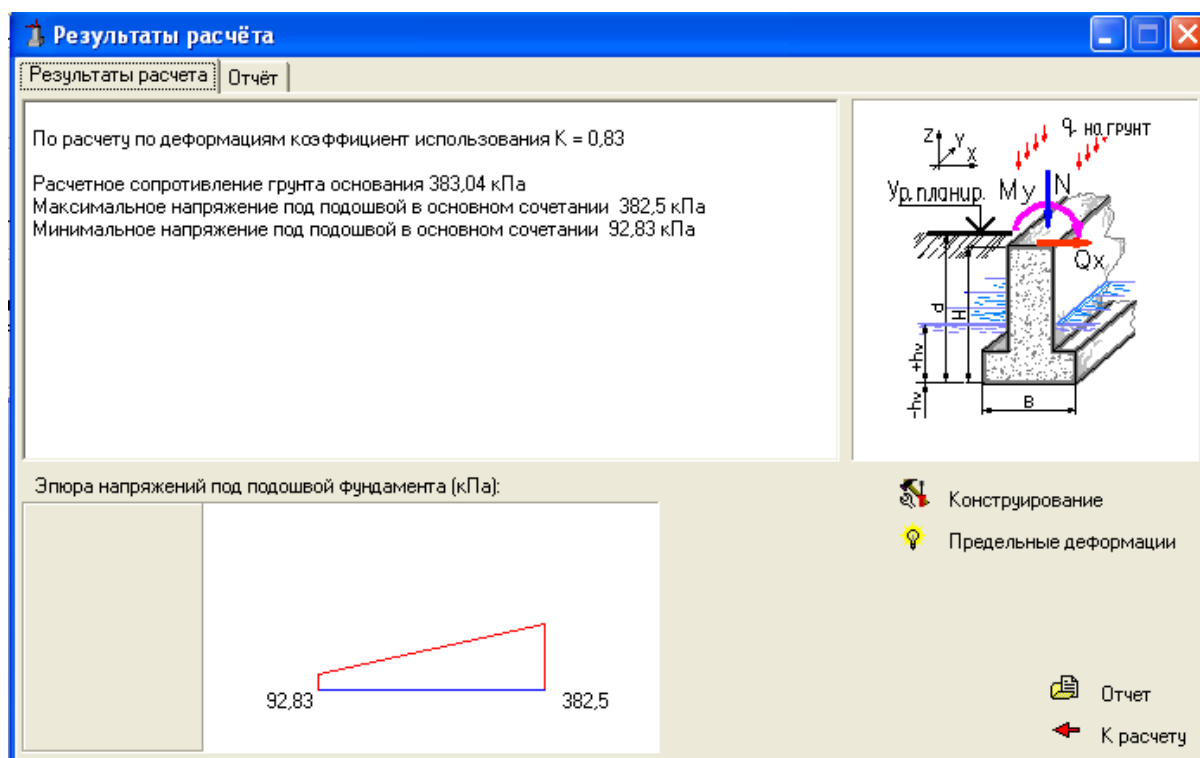


Рисунок 5.23 – Окно «Результаты расчета»

Условие выполняется, следовательно подошва фундамента подобрана правильно.

#### Пример 5.4

Рассчитать давление грунта на подпорную стену. Проверить устойчивость подпорной стенки, имеющей следующие исходные данные: высоту – 6 м, ширину подошвы – 3 м, ширину поверху – 1 м, высоту до поверхности грунта – 1,5 м. Расчетная нагрузка на 1 п.м. –  $N=100$  кН/п.м. и нагрузка на поверхности насыпки  $q=40$  кПа.

В основании залегает глинистый грунт со следующими характеристиками:  $I_L = 0,2$ , удельное сцепление –  $C_{II}=19$  кПа, угол внутреннего трения –  $\varphi^\circ = 20$ , удельный вес  $\gamma=17,3$  кН/м<sup>3</sup>, модуль деформации  $E = 19$  МПа, угол наклона грунта –  $8^\circ$ . Грунтовые воды расположены на 3 м ниже подошвы подпорной стенки.

Заполняем окно диалога исходными данными. В появившемся диалоговом окне вводим дополнительные данные.

### Шаг 5.4.1 Окно «Подпорная стена на естественном основании»

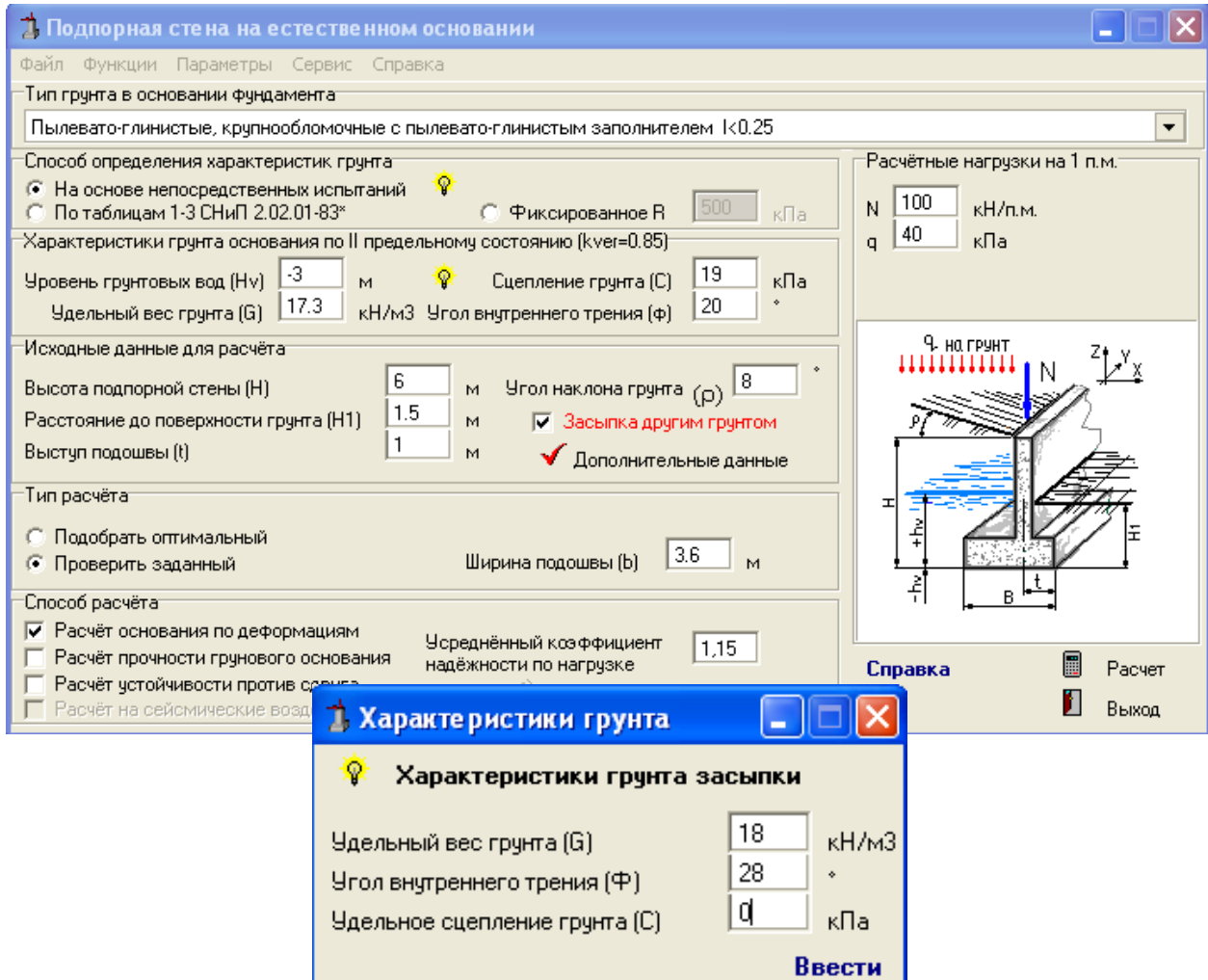


Рисунок 5.24 – Окно «Подпорная стена на естественном основании»

### Шаг 5.4.2 Окно «Результаты расчета»

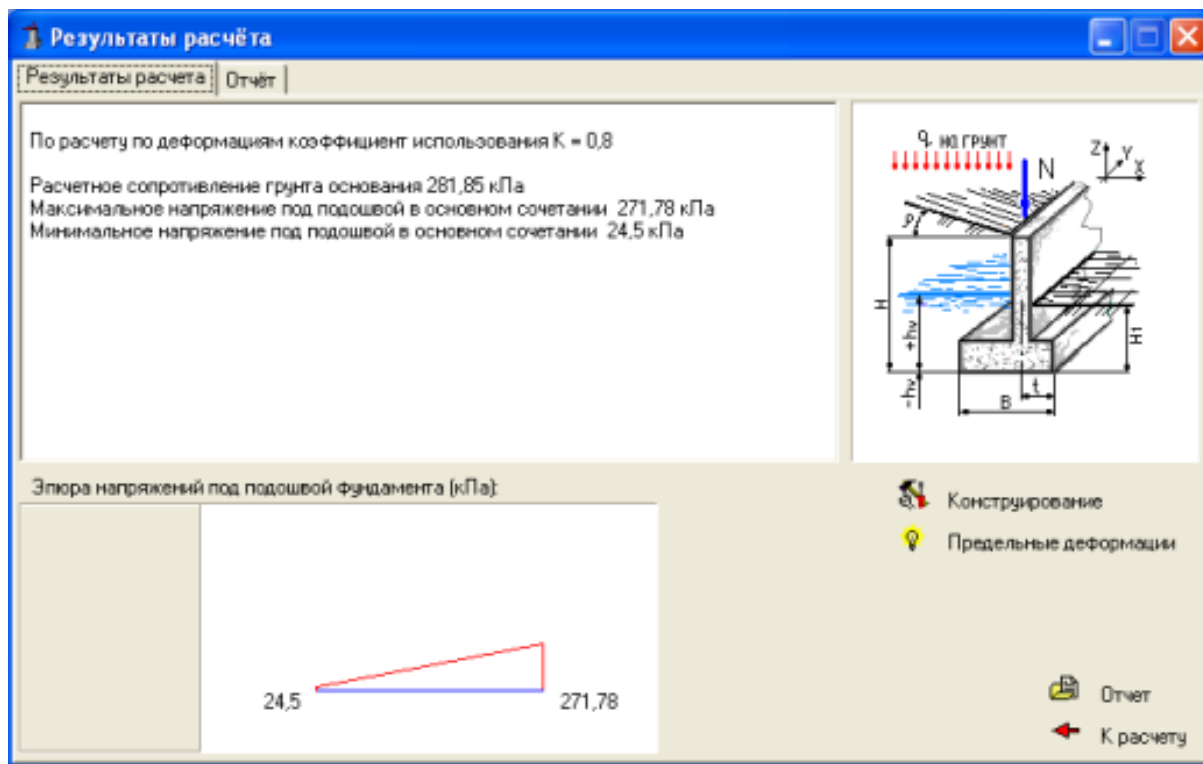


Рисунок 5.25 – Окно «Результаты расчета»

Выполненные результаты расчета показали, что устойчивость подпорной стенки обеспечена и соответствует требованиям, предъявляемым строительными нормами.

## 6. Вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов состоят грунты?
2. Как подразделяются основные и расчетные характеристики физических свойств грунтов?
3. По каким признакам классифицируют песчаные и глинистые грунты?
4. Какие грунты называют пылеватоглинистыми?
5. В каких грунтах можно говорить о консистенции?
6. Как делятся глинистые грунты в зависимости от числа пластичности и показателя консистенции?

7. С какой целью применяют число пластичности?
8. С какой целью схематизируют грунтовые напластования?
9. Как распределяются напряжения от собственного веса грунта?
10. Как зависит величина осадки от формы и размеров подошвы фундамента?
11. Как определяют осадку фундаментов по схеме линейно деформируемого полупространства методом послойного суммирования?
12. Какие допущения положены в основу метода послойного суммирования?
13. Какие факторы необходимо учитывать при назначении глубины заложения фундамента?
14. Какова цель и сущность расчета оснований фундаментов по предельным состояниям?
15. Назовите группы предельных состояний, какая группа предельных состояний считается основной при расчете оснований фундаментов и почему?
16. Перечислите коэффициенты, используемые при расчетах по предельным состояниям и объясните их сущность.
17. С какой целью выполняется расчет оснований фундаментов по деформациям, как определяется расчетное сопротивление грунта основания и какова физическая сущность этой величины?
18. С какой целью выполняется расчет по первой группе предельных состояний, как определить силу предельного сопротивления грунтов оснований?
19. В чем заключается комплексность задачи проектирования и устройства оснований и фундаментов?
20. Объясните последовательность проектирования оснований и фундаментов?
21. Как определяют размеры подошвы жесткого фундамента при центральном приложении нагрузки?
22. Как подбирают размеры подошвы жестких фундаментов при внецентренном действии нагрузки?

## 7. Тестовые задания

*Задание 7.1 Выберите правильный ответ:*

**Вопрос 7.1.1** Нижний предел пластичности это:

Ответ:

- 1 – влажность при которой грунт переходит из твердого состояния в пластичное;
- 2 – влажность на границе пластичной и текучей консистенции;
- 3 – разность числовых значений влажности;
- 4 – это число пластичности.

**Вопрос 7.1.2** Второе II предельное состояние это расчет по:

Ответ:

- 1 – деформациям;
- 2 – прочности;
- 3 – расчетному сопротивлению основания;
- 4 – несущей способности основания;
- 5 – несущей способности материала фундамента.

**Вопрос 7.1.3** Песчаные грунты классифицируют по:

Ответ:

- 1 – содержанию включений, плотности сложения, коэффициенту водонасыщения;
- 2 – показателю текучести, содержанию включений, числу пластичности;
- 3 – гранулометрическому составу, плотности сложения, коэффициенту водонасыщения.

**Вопрос 7.1.4** Какой грунт считается слабым:

Ответ:

- 1 – с модулем деформации  $E \leq 5$  МПа;
- 2 – с модулем деформации  $E \leq 7$  МПа;
- 3 – с модулем деформации  $E \leq 10$  МПа;
- 4 – с модулем деформации  $E \leq 15$  МПа;
- 5 – с модулем деформации  $E \leq 20$  МПа;

**Вопрос 7.1.5** Осадка каждого фундамента может быть представлена:

Ответ:

- 1 –  $S = S_{уплотнен} + S_{разупл} + S_{выпор} + S_{расстр}$
- 2 –  $S = S_{уплотнен} + S_{сдвиг} + S_{выпор} + S_{расстр} + S_{экспл}$
- 3 –  $S = S_{уплотнен} + S_{разупл} + S_{скрен} + S_{расстр} + S_{экспл}$
- 4 –  $S = S_{уплотнен} + S_{разупл} + S_{выпор} + S_{расстр} + S_{экспл}$
- 5 –  $S = S_{уплотнен} + S_{разупл} + S_{выпор} + S_{перекос} + S_{экспл}$

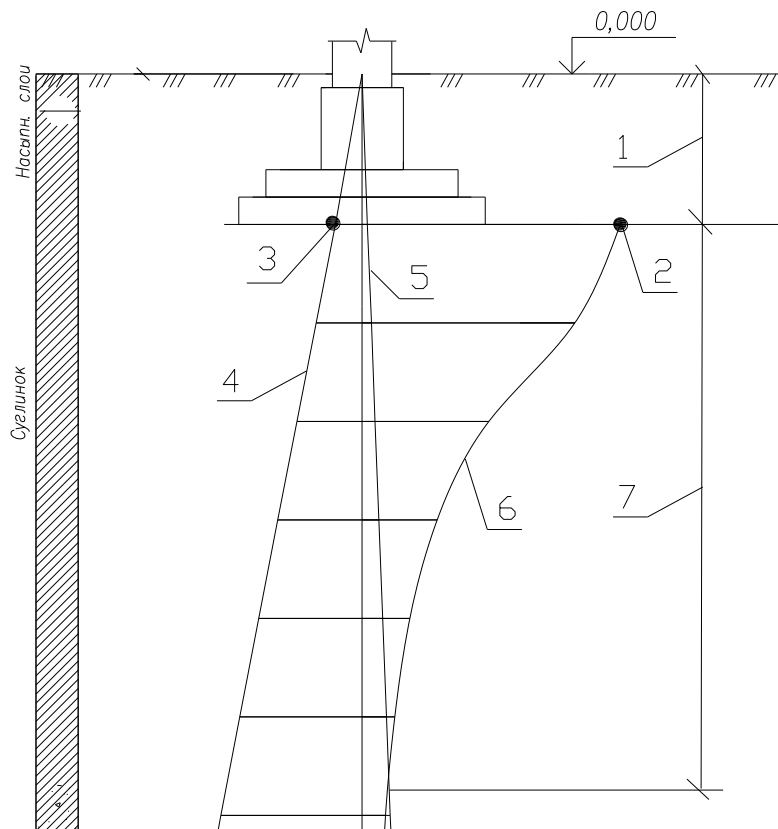
**Задание 7.2** Определите, являются следующие утверждения истинными  
или ложными:

| <b>Вопрос 7.2.1:</b> Глубина заложения фундаментов назначается независимо от расчетной глубины промерзания в грунтах ... | Ответ    |
|--|----------|
| 1 – скальных   | да / нет |
| 2 – крупнообломочных с глинистым заполнителем.   | да / нет |
| 3 – гравелистых песках   | да / нет |
| 4 – крупных песках   | да / нет |
| 5 – песках средней крупности   | да / нет |
| 6 – структурно–неустойчивых  | да / нет |
| 7 – валунных с песчаным заполнителем   | да / нет |
| 8 – насыпных   | да / нет |
| 9 – крупнообломочных с песчаным заполнителем.  | да / нет |
| 10 – глинистых   | да / нет |

| <b>Вопрос 7.2.2:</b> Неоднородность основания обусловлена ...  | Ответ    |
|--|----------|
| 1 – линзообразным залеганием отдельных слоев   | да / нет |
| 2 – наличием выклинивающихся слоев   | да / нет |
| 3 – различной толщиной пластов   | да / нет |
| 4 – водонасыщенностью грунтов  | да / нет |
| 5 – неодинаковой плотностью сложения грунтов   | да / нет |
| 6 – передачей давления от разных частей сооружения на грунты с разными физико–механическими свойствами | да / нет |
| 7 – текстурой грунтов  | да / нет |
| 8 – неоднородной уплотняемостью грунтов во времени   | да / нет |
| 9 – структурными связями в грунтах   | да / нет |
| 10 – ползучестью грунтов   | да / нет |

| <b>Вопрос 7.2.3:</b> Глубина заложения фундаментов должна приниматься с учетом ... | Ответ    |
|--|----------|
| 1 – конструктивных особенностей сооружения   | да / нет |
| 2 – нагрузок и воздействий на фундамент.   | да / нет |
| 3 – глубины заложения фундаментов примыкающих сооружений                           | да / нет |
| 4 – агрессивности подземных вод  | да / нет |
| 5 – инженерно геологических и гидрологических условий площадки строительства       | да / нет |
| 6 – эксплуатационных условий сооружения  | да / нет |
| 7 – глубины сезонного промерзания грунтов  | да / нет |
| 8 – возможных техногенных изменений  | да / нет |
| 9 – глубины прокладки инженерных коммуникаций                                      | да / нет |
| 10 – коррозионной активности грунтов   | да / нет |

**Задание 7.3** Составьте спецификацию к схеме расчета осадки фундамента, методом послойного суммирования.



| № | Обозначение | Наименование |
|---|-------------|--------------|
| 1 |             |              |
| 2 |             |              |
| 3 |             |              |
| 4 |             |              |
| 5 |             |              |
| 6 |             |              |
| 7 |             |              |



## Приложения

### Термины и определения

**Грунты** – любые горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему, которые в инженерно–строительной деятельности человека используются в качестве оснований сооружений, среды, в которой сооружения возводятся, или материала для сооружений.

**Глинистый грунт** – минеральный, связный грунт и имеющий в своем составе пылеватые и глинистые частицы, обладающий числом пластичности  $I_p$ .

**Песок** – несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 %, при  $I_p = 0$ .

**Прочность грунта** – способность сопротивляться воздействию внешних нагрузок не разрушаясь.

**Основание сооружения** – массив грунта, воспринимающий нагрузки и взаимодействующий с сооружением.

**Фундамент сооружения** – подземная часть, которая предназначена для передачи и распределения нагрузки от сооружения на залегающие грунты основания.

**Осадка** – вертикальные перемещения основания, не сопровождающиеся изменением его структуры.

**Обрез** – верхняя плоскость фундамента, на которую опираются надземные конструкции.

**Глубина заложения** – расстояние от поверхности планировки до подошвы.

**Центрально–нагруженный фундамент** – фундамент, у которого центр тяжести подошвы и внешней нагрузки находится на одной вертикали.

**Внецентренно нагруженный фундамент** – фундамент, у которого внешняя нагрузка приложена с эксцентриситетом относительно центра тяжести подошвы фундамента.

## Выдержки из ГОСТ 25100 – 2011

## Грунты. Классификация

Таблица 1.1 – Классификационные признаки глинистых грунтов по числу пластичности

| <i>Тип пылевато–глинистого грунта</i> | <i>Число пластичности</i> |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Супесь                                | $0,01 \leq I_p < 0,07$    |
| Суглинок                              | $0,07 \leq I_p < 0,17$    |
| Глина                                 | $0,17 \leq I_p$           |

Таблица 1.2 – Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести  $I_L$ .

| <i>Пылевато–глинистые грунты по консистенции</i> |                    | <i>Показатель текучести</i> |
|--|--------------------|-----------------------------|
| Супеси   | – твердые          | $I_L < 0$                   |
|  | – пластичные       | $0 \leq I_L \leq 1$         |
|  | – текучие          | $I_L > 1$                   |
| Суглинки и глины                                 | – твердые          | $I_L < 0$                   |
|  | – 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 | $0,75 < I_L \leq 1$         |
|  | – текучие          | $I_L > 1$                   |

Таблица 1.3 – Наименование песков по гранулометрическому составу

| <i>Тип песчаных грунтов</i> | <i>Процентное содержание частиц по крупности от общего объема</i> |
|-----------------------------|---|
| Пески:                      | Частицы   |
| – гравелистые               | крупнее 2мм – более 25% по весу                                   |
| – крунозернистые            | крупнее 0,5мм – более 50% по весу                                 |
| – средней крупности         | крупнее 0,25мм – более 50% по весу                                |
| – мелкие                    | крупнее 0,1мм – равно и более 75% по весу                         |
| – пылеватые                 | крупнее 0,1мм – менее 75% по весу                                 |

Таблица 1.4 – Разновидность песчаных грунтов по плотности в зависимости от коэффициента пористости  $e$ .

| <i>Разновидность песков</i>                      | <i>Плотность песков</i> |                          |               |
|--|-------------------------|--------------------------|---------------|
|  | <i>плотные</i>          | <i>средней плотности</i> | <i>рыхлые</i> |
| Гравелистые, крупнозернистые и средней крупности | $e \leq 0,55$           | $0,55 < e \leq 0,70$     | $e > 0,70$    |
| Мелкие   | $e \leq 0,60$           | $0,60 < e \leq 0,75$     | $e > 0,75$    |
| Пылеватые  | $e \leq 0,60$           | $0,60 < e \leq 0,80$     | $e > 0,80$    |

Таблица 1.5 – Наименование крупнообломочных и песчаных грунтов по коэффициенту водонасыщения  $S_r$ .

| <i>Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов</i> | <i>Коэффициент водонасыщения</i> |
|--|----------------------------------|
| Маловлажный  | $0 \leq S_r \leq 0,5$            |
| Влажный  | $0,5 < S_r \leq 0,8$             |
| Насыщенный водой   | $0,8 < S_r \leq 1$               |

Таблица 1.6 – Расчетные сопротивления  $R_0$  песчаных грунтов.

| <i>Тип и разновидность песчаных грунтов</i>            | <i>Значения <math>R_0</math>, в зависимости от плотности песков, кПа</i> |                          |
|--|--|--------------------------|
|  | <i>плотные</i>   | <i>средней плотности</i> |
| <i>Пески крупные</i> независимо от влажности           | 600  | 500                      |
| <i>Пески средней крупности</i> независимо от влажности | 500  | 400                      |
| <i>Пески мелкие:</i>                                   |  |                          |
| – маловлажные  | 400  | 300                      |
| – влажные и насыщенные водой                           | 300  | 200                      |
| <i>Пылеватые пески:</i>                                |  |                          |
| – маловлажные  | 300  | 250                      |
| – влажные  | 200  | 150                      |
| – насыщенные водой                                     | 150  | 100                      |

Таблица 1.7 – Расчетные сопротивления  $R_0$  пылевато–глинистых (непроемочных) грунтов

| Пылевато–глинистые грунты | Коэффициент пористости | Значения $R_0$ , при показателе текучести грунта, кПа |         |
|---------------------------|------------------------|---|---------|
|                           |                        | $I_L=0$   | $I_L=1$ |
| Супеси                    | 0,5                    | 300   | 200     |
|                           | 0,7                    | 250   | 200     |
| Суглинки                  | 0,5                    | 350   | 250     |
|                           | 0,7                    | 250   | 180     |
|                           | 1,0                    | 200   | 100     |
| Глины                     | 0,5                    | 600   | 400     |
|                           | 0,6                    | 500   | 300     |
|                           | 0,8                    | 300   | 200     |
|                           | 1,1                    | 250   | 100     |

*Примечание.*  
 Для пылевато–глинистых грунтов с промежуточными значениями  $e$  и  $I_L$  допускается определять интерполяцией сначала по  $e$ , затем по  $I_L$ .  
 При  $e < 0,5$  и  $I_L=0$  величина  $R_0$  принимается соответственно при  $e < 0,5$  и  $I_L=0$ .

Таблица 1.8 – По числу пластичности и содержанию песчаных частиц глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей 1.8

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

## Выдержки из СП 22.133330.2011

## Основания зданий и сооружений

Таблица 2.1 – Коэффициент  $k_h$  влияния теплового режима сооружения на промерзание грунтов около фундаментов наружных стен

| <b>Особенности сооружения</b>   | <b>Коэффициент <math>k_h</math> при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к фундаментам наружных стен, °С</b> |     |     |     |            |
|---|---|-----|-----|-----|------------|
|   | 0   | 5   | 10  | 15  | 20 и более |
| Без подвала, с полами, устраиваемыми:   |   |     |     |     |            |
| – по грунту   | 0,9   | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5        |
| – на лагах по грунту  | 1,0   | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6        |
| – по утепленному цокольному перекрытию  | 1,0   | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7        |
| С подвалом или техническим подпольем  | 0,8   | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4        |
| <b>Примечания</b>   |   |     |     |     |            |
| <p>1. Приведенные в таблице значения коэффициента <math>k_h</math> относятся к фундаментам, у которых расстояние от внешней грани стены до края фундамента <math>a_f &lt; 0,5</math> м; если <math>a_f \geq 1,5</math> м, значения коэффициента <math>k_h</math> повышают на 0,1, но не более чем до значения <math>k_h = 1</math>; при промежуточном значении <math>a_f</math> значения коэффициента <math>k_h</math> определяют интерполяцией.</p> <p>2. К помещениям, примыкающим к наружным фундаментам, относятся подвалы и технические подполья, а при их отсутствии – помещения первого этажа.</p> <p>3. При промежуточных значениях температуры воздуха коэффициент <math>k_h</math> принимают с округлением до ближайшего меньшего значения, указанного в таблице.</p> |   |     |     |     |            |

Таблица 2.2 – Глубина заложения подошвы фундаментов  $d$  в зависимости от расчетной глубины промерзания  $d_f$

| <b>Наименование грунта под подошвой фундамента</b>   | <b>Глубина заложения фундаментов от уровня планировки в зависимости от глубины расположения подземных вод <math>d_w</math>, м</b> |                            |
|--|---|----------------------------|
| Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности   | при<br>$d_w \leq (d_f + 2)$   | при<br>$d_w > (d_f + 2)$   |
|  | Не зависит от<br>$d_f$  | Не зависит от<br>$d_f$     |
| Пески мелкие и пылеватые   | Не менее $d_f$  | То же                      |
| Супеси с показателем текучести:<br>при $I_L < 0$<br>$I_L \geq 0$   | То же<br>“  | “<br>Не менее $d_f$        |
| Суглинки, глины, а также крупнообломочные грунты с пылевато–глинистым заполнителем при показателе текучести грунта или заполнителя:<br>при $I_L \geq 0,25$<br>$I_L < 0,25$   | “<br>“  | То же<br>Не менее $0,5d_f$ |
| <p><b>Примечания</b></p> <p>1 В случаях когда глубина заложения фундаментов не зависит от расчетной глубины промерзания <math>d_f</math>, соответствующие грунты, указанные в настоящей таблице, должны залегать до глубины не менее нормативной глубины промерзания <math>d_{fn}</math>.</p> <p>2 Положение уровня подземных вод должно приниматься с учетом положений подраздела 5.4. СП 22.13330.2011</p> |   |                            |

Таблица 2.3 – Значения коэффициентов условий работы  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$

| <i>Грунты</i>   | <i>Коэффициент</i><br>$\gamma_{c1}$ | <i>Коэффициент <math>\gamma_{c2}</math><br/>для сооружений с<br/>жесткой конструктив-<br/>ной схемой при соотно-<br/>шении L/H</i> |                    |
|---|-------------------------------------|--|--------------------|
|   |                                     | <i>4 и более</i>   | <i>1,5 и менее</i> |
| Крупнообломочные с песчаным<br>заполнителем и песчаные, кроме<br>мелких и пылеватых   | 1,4                                 | 1,2  | 1,4                |
| Пески мелкие  | 1,3                                 | 1,1  | 1,3                |
| Пески пылеватые маловлажные   | 1,25                                | 1,0  | 1,2                |
| Пески влажные насыщенные во-<br>дой   | 1,1                                 | 1,0  | 1,2                |
| Пылевато–глинистые (супеси,<br>суглинки и глины) с показате-<br>лем текучести грунта<br>$I_L \leq 0,25$   | 1,25                                | 1,0  | 1,1                |
| То же при $0,25 < I_L \leq 0,5$   | 1,2                                 | 1,0  | 1,1                |
| То же при $I_L > 0,5$   | 1,1                                 | 1,0  | 1,0                |
| <b>Примечания</b>   |                                     |  |                    |
| 1 К сооружениям с жесткой конструктивной схемой относят сооружения, кон-<br>струкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от де-<br>формации оснований, в том числе за счет мероприятий, указанных в подраз-<br>деле 5.9. |                                     |  |                    |
| 2 Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента $\gamma_{c2}$<br>принимают равным единице.  |                                     |  |                    |
| 3 При промежуточных значениях $L/H$ коэффициент $\gamma_{c2}$ определяют интерпо-<br>ляцией.  |                                     |  |                    |
| 4 Для рыхлых песков $\gamma_{c1}$ и $\gamma_{c2}$ принимают равными единице.  |                                     |  |                    |

Таблица 2.4 – Значения коэффициентов  $M_\gamma$ ,  $M_q$ ,  $M_c$

| <i>Угол<br/>внут-<br/>рен-него<br/>трения<br/>φц, град</i> | <i>Коэффициенты</i> |       |       | <i>Угол<br/>внутрен-<br/>него тре-<br/>ния φц,<br/>град.</i> | <i>Коэффициенты</i> |       |       |
|--|---------------------|-------|-------|--|---------------------|-------|-------|
|  | $M_\gamma$          | $M_q$ | $M_c$ |  | $M_\gamma$          | $M_q$ | $M_c$ |
| 0  | 0,00                | 1,00  | 3,14  | 23   | 0,66                | 3,65  | 6,24  |
| 1  | 0,01                | 1,06  | 3,23  | 24   | 0,72                | 3,87  | 6,45  |
| 2  | 0,03                | 1,12  | 3,32  | 25   | 0,78                | 4,11  | 6,67  |
| 3  | 0,04                | 1,18  | 3,41  | 26   | 0,84                | 4,37  | 6,90  |
| 4  | 0,06                | 1,25  | 3,51  | 27   | 0,91                | 4,64  | 7,14  |
| 5  | 0,08                | 1,32  | 3,61  | 28   | 0,98                | 4,93  | 7,40  |
| 6  | 0,10                | 1,39  | 3,71  | 29   | 1,06                | 5,25  | 7,67  |
| 7  | 0,12                | 1,47  | 3,82  | 30   | 1,15                | 5,59  | 7,95  |
| 8  | 0,14                | 1,55  | 3,93  | 31   | 1,24                | 5,95  | 8,24  |
| 9  | 0,16                | 1,64  | 4,05  | 32   | 1,34                | 6,34  | 8,55  |
| 10   | 0,18                | 1,73  | 4,17  | 33   | 1,44                | 6,76  | 8,88  |
| 11   | 0,21                | 1,83  | 4,29  | 34   | 1,55                | 7,22  | 9,22  |
| 12   | 0,23                | 1,94  | 4,42  | 35   | 1,68                | 7,71  | 9,58  |
| 13   | 0,26                | 2,05  | 4,55  | 36   | 1,81                | 8,24  | 9,97  |
| 14   | 0,29                | 2,17  | 4,69  | 37   | 1,95                | 8,81  | 10,37 |
| 15   | 0,32                | 2,30  | 4,84  | 38   | 2,11                | 9,44  | 10,80 |
| 16   | 0,36                | 2,43  | 4,99  | 39   | 2,28                | 10,11 | 11,25 |
| 17   | 0,39                | 2,57  | 5,15  | 40   | 2,46                | 10,85 | 11,73 |
| 18   | 0,43                | 2,73  | 5,31  | 41   | 2,66                | 11,64 | 12,24 |
| 19   | 0,47                | 2,89  | 5,48  | 42   | 2,88                | 12,51 | 12,79 |
| 20   | 0,51                | 3,06  | 5,66  | 43   | 3,12                | 13,46 | 13,37 |
| 21   | 0,56                | 3,24  | 5,84  | 44   | 3,38                | 14,50 | 13,98 |
| 22   | 0,61                | 3,44  | 6,04  | 45   | 3,66                | 15,64 | 14,64 |



Таблица 2.5 – Значения коэффициента  $\alpha$ 

| $\xi = \frac{2z}{b}$ | Коэффициент $\alpha$ для фундаментов |  |       |       |       |       |       |                          |
|----------------------|--------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
|                      | Круглых                              | Прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$ |       |       |       |       |       | Ленточных $\eta \geq 10$ |
|                      |                                      | 1,0  | 1,4   | 1,8   | 2,4   | 3,2   | 5,0   |                          |
| 0                    | 1                                    | 1  | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1                        |
| 0,4                  | 0,949                                | 0,960  | 0,972 | 0,975 | 0,977 | 0,977 | 0,977 | 0,977                    |
| 0,8                  | 0,756                                | 0,800  | 0,848 | 0,866 | 0,876 | 0,879 | 0,881 | 0,881                    |
| 1,2                  | 0,547                                | 0,606  | 0,682 | 0,717 | 0,739 | 0,749 | 0,754 | 0,755                    |
| 1,6                  | 0,390                                | 0,449  | 0,532 | 0,578 | 0,612 | 0,629 | 0,639 | 0,642                    |
| 2,0                  | 0,285                                | 0,336  | 0,414 | 0,463 | 0,505 | 0,53  | 0,545 | 0,550                    |
| 2,4                  | 0,214                                | 0,257  | 0,325 | 0,374 | 0,419 | 0,449 | 0,470 | 0,477                    |
| 2,8                  | 0,165                                | 0,201  | 0,260 | 0,304 | 0,349 | 0,383 | 0,410 | 0,420                    |
| 3,2                  | 0,130                                | 0,160  | 0,210 | 0,251 | 0,294 | 0,329 | 0,360 | 0,374                    |
| 3,6                  | 0,106                                | 0,131  | 0,173 | 0,209 | 0,250 | 0,285 | 0,319 | 0,337                    |
| 4,0                  | 0,087                                | 0,108  | 0,145 | 0,176 | 0,214 | 0,248 | 0,285 | 0,306                    |
| 4,4                  | 0,073                                | 0,091  | 0,123 | 0,150 | 0,185 | 0,218 | 0,255 | 0,280                    |
| 4,8                  | 0,062                                | 0,077  | 0,105 | 0,130 | 0,161 | 0,192 | 0,230 | 0,258                    |
| 5,2                  | 0,053                                | 0,067  | 0,091 | 0,113 | 0,141 | 0,170 | 0,208 | 0,239                    |
| 5,6                  | 0,046                                | 0,058  | 0,079 | 0,099 | 0,124 | 0,152 | 0,189 | 0,223                    |
| 6,0                  | 0,040                                | 0,051  | 0,070 | 0,087 | 0,110 | 0,136 | 0,173 | 0,208                    |
| 6,4                  | 0,036                                | 0,045  | 0,062 | 0,077 | 0,099 | 0,122 | 0,158 | 0,196                    |
| 6,8                  | 0,031                                | 0,040  | 0,055 | 0,064 | 0,088 | 0,110 | 0,145 | 0,185                    |
| 7,2                  | 0,028                                | 0,036  | 0,049 | 0,062 | 0,080 | 0,100 | 0,133 | 0,175                    |
| 7,6                  | 0,024                                | 0,032  | 0,044 | 0,056 | 0,072 | 0,091 | 0,123 | 0,166                    |
| 8,0                  | 0,022                                | 0,029  | 0,040 | 0,051 | 0,066 | 0,084 | 0,113 | 0,158                    |
| 8,4                  | 0,021                                | 0,026  | 0,037 | 0,046 | 0,060 | 0,077 | 0,105 | 0,150                    |
| 8,8                  | 0,019                                | 0,024  | 0,033 | 0,042 | 0,055 | 0,071 | 0,098 | 0,143                    |
| 9,2                  | 0,017                                | 0,022  | 0,031 | 0,039 | 0,051 | 0,065 | 0,091 | 0,137                    |
| 9,6                  | 0,016                                | 0,020  | 0,028 | 0,036 | 0,047 | 0,060 | 0,085 | 0,132                    |
| 10,0                 | 0,015                                | 0,019  | 0,026 | 0,033 | 0,043 | 0,056 | 0,079 | 0,126                    |
| 10,4                 | 0,014                                | 0,017  | 0,024 | 0,031 | 0,040 | 0,052 | 0,074 | 0,122                    |
| 10,8                 | 0,013                                | 0,016  | 0,22  | 0,029 | 0,037 | 0,049 | 0,069 | 0,117                    |
| 11,2                 | 0,012                                | 0,016  | 0,021 | 0,027 | 0,035 | 0,045 | 0,065 | 0,113                    |
| 11,6                 | 0,011                                | 0,014  | 0,020 | 0,025 | 0,033 | 0,042 | 0,061 | 0,109                    |
| 12,0                 | 0,010                                | 0,013  | 0,018 | 0,023 | 0,031 | 0,040 | 0,058 | 0,106                    |

**Примечание.**

При промежуточных значениях коэффициента  $\eta$  значения  $\alpha$  принимаются методом интерполяции.

1 В таблице обозначено:  $b$  – ширина или диаметр фундамента,  $l$  – длина фундамента.

2 Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью  $A$ , значения  $\alpha$  принимают как для круглых фундаментов радиусом  $r = \sqrt{A/\pi}$

3 Для промежуточных значений  $\xi$  и  $\eta$  коэффициенты  $\alpha$  определяют интерполяцией.

Таблица 2.6 – Значения коэффициента эквивалентного слоя  $A_{\omega}$

| $\eta=l/b$         | <i>Гравий и галька</i>          |                |                | <i>Пески</i>                 |                |                |                              |                |                | <i>Суглинки пластичные</i>   |                |                |                              |                |                | <i>Тяжелые глины<br/>сильно пластичные</i> |                |                |
|--------------------|---------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|--|----------------|----------------|
|                    | <i>Твердые глины и суглинки</i> |                |                |                              |                |                | <i>Супеси</i>                |                |                |                              |                |                | <i>Глины пластичные</i>      |                |                |  |                |                |
|                    | <i><math>\nu=0,10</math></i>    |                |                | <i><math>\nu=0,20</math></i> |                |                | <i><math>\nu=0,25</math></i> |                |                | <i><math>\nu=0,30</math></i> |                |                | <i><math>\nu=0,35</math></i> |                |                | <i><math>\nu=0,40</math></i>               |                |                |
| 1                  | 1,13                            | 0,96           | 0,89           | 1,20                         | 1,01           | 0,94           | 1,26                         | 1,07           | 0,99           | 1,37                         | 1,17           | 1,08           | 1,58                         | 1,34           | 1,24           | 2,02                                       | 17,71          | 1,58           |
| 1,5                | 1,37                            | 1,16           | 1,09           | 1,45                         | 1,23           | 1,15           | 1,53                         | 1,30           | 1,21           | 1,66                         | 1,40           | 1,32           | 1,91                         | 1,62           | 1,52           | 2,44                                       | 2,07           | 1,94           |
| 2                  | 1,55                            | 1,31           | 1,23           | 1,63                         | 1,39           | 1,30           | 1,72                         | 1,47           | 1,37           | 1,88                         | 1,60           | 1,49           | 2,16                         | 1,83           | 1,72           | 2,76                                       | 2,34           | 2,20           |
| 3                  | 1,81                            | 1,55           | 1,46           | 1,90                         | 1,63           | 1,54           | 2,01                         | 1,73           | 1,62           | 2,18                         | 1,89           | 1,76           | 2,51                         | 2,15           | 2,01           | 3,21                                       | 2,75           | 2,59           |
| 4                  | 1,99                            | 1,72           | 1,63           | 2,09                         | 1,81           | 1,72           | 2,21                         | 1,92           | 1,81           | 2,41                         | 2,09           | 1,97           | 2,77                         | 2,39           | 2,26           | 3,53                                       | 3,06           | 2,90           |
| 5                  | 2,13                            | 1,85           | 1,74           | 2,24                         | 1,95           | 1,84           | 2,37                         | 2,07           | 1,94           | 2,58                         | 2,25           | 2,11           | 2,96                         | 2,57           | 2,42           | 3,79                                       | 3,29           | 3,10           |
| 6                  | 2,25                            | 1,98           | –              | 2,37                         | 2,09           | –              | 2,50                         | 2,21           | –              | 2,72                         | 2,41           | –              | 3,14                         | 2,76           | –              | 4,00                                       | 3,53           | –              |
| 7                  | 2,35                            | 2,06           | –              | 2,47                         | 2,18           | –              | 2,61                         | 2,31           | –              | 2,84                         | 2,51           | –              | 3,26                         | 2,87           | –              | 4,18                                       | 3,67           | –              |
| 8                  | 2,43                            | 2,14           | –              | 2,56                         | 2,26           | –              | 2,70                         | 2,40           | –              | 2,94                         | 2,61           | –              | 3,38                         | 2,98           | –              | 4,32                                       | 3,82           | –              |
| 9                  | 2,51                            | 2,21           | –              | 2,64                         | 2,34           | –              | 2,79                         | 2,47           | –              | 3,03                         | 2,69           | –              | 3,49                         | 3,08           | –              | 4,46                                       | 3,92           | –              |
| 10 и<br>бо-<br>лее | 2,58                            | 2,27           | 2,15           | 2,71                         | 2,40           | 2,26           | 2,86                         | 2,54           | 2,38           | 3,12                         | 2,77           | 2,60           | 3,58                         | 3,17           | 2,98           | 4,58                                       | 4,05           | 3,82           |
|                    | $A_{\omega 0}$                  | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ | $A_{\omega 0}$               | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ | $A_{\omega 0}$               | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ | $A_{\omega 0}$               | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ | $A_{\omega 0}$               | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ | $A_{\omega 0}$                             | $A_{\omega m}$ | $A_{\omega c}$ |

$A_{\omega 0}$  и  $A_{\omega m}$  – соответственно коэффициенты эквивалентного слоя для максимальной и средней осадок гибких фундаментов,  $A_{\omega c}$  – для осадки абсолютно жесткого фундамента.

**Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов**

Характеристики грунтов, приведенные в таблицах 3.1–3.4, допускается использовать в расчетах оснований сооружений в соответствии с указаниями 5.3.18, СП 22.13330.2011

Таблица 3.1 – Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , кПа, угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., и модуля деформации  $E$ , МПа, песков четвертичных отложений

| Пески                 | Обозначения характеристик грунтов | Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ , равном |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------|---|------|------|------|
|                       |                                   | 0,45  | 0,55 | 0,65 | 0,75 |
| Гравелистые и крупные | $c$                               | 2   | 1    | –    | –    |
|                       | $\varphi$                         | 43  | 40   | 38   | –    |
|                       | $E$                               | 50  | 40   | 30   | –    |
| Средней крупности     | $c$                               | 3   | 2    | 1    | –    |
|                       | $\varphi$                         | 40  | 38   | 35   | –    |
|                       | $E$                               | 50  | 40   | 30   | –    |
| Мелкие                | $c$                               | 6   | 4    | 2    | –    |
|                       | $\varphi$                         | 38  | 36   | 32   | 28   |
|                       | $E$                               | 48  | 38   | 28   | 18   |
| Пылеватые             | $c$                               | 8   | 6    | 4    | 2    |
|                       | $\varphi$                         | 36  | 34   | 30   | 26   |
|                       | $E$                               | 39  | 28   | 18   | 11   |

Таблица 3.2 – Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , кПа, угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., глинистых нелессовых грунтов четвертичных отложений

| Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести $I_L$ |                        | Обозначения характеристик грунтов | Характеристики грунтов при коэффициенте пористости <sup>е</sup> , равном |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------------|-----------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|
|   |                        |                                   | 0,45   | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 |
| Супеси  | $0 \leq I_L \leq 0,25$ | $c$                               | 21   | 17   | 15   | 13   | –    | –    | –    |
|   |                        | $\varphi$                         | 30   | 29   | 27   | 24   | –    | –    | –    |
|   | $0,25 < I_L \leq 0,75$ | $c$                               | 19   | 15   | 13   | 11   | 9    | –    | –    |
|   |                        | $\varphi$                         | 28   | 26   | 24   | 21   | 18   | –    | –    |
| Су-глинки   | $0 \leq I_L \leq 0,25$ | $c$                               | 47   | 37   | 31   | 25   | 22   | 19   | –    |
|   |                        | $\varphi$                         | 26   | 25   | 24   | 23   | 22   | 20   | –    |
|   | $0,25 < I_L \leq 0,5$  | $c$                               | 39   | 34   | 28   | 23   | 18   | 15   | –    |
|   |                        | $\varphi$                         | 24   | 23   | 22   | 21   | 19   | 17   | –    |
| $0,5 < I_L \leq 0,75$   | $c$                    | –                                 | –  | 25   | 20   | 16   | 14   | 12   |      |
|   | $\varphi$              | –                                 | –  | 19   | 18   | 16   | 14   | 12   |      |
| Глины   | $0 \leq I_L \leq 0,25$ | $c$                               | –  | 81   | 68   | 54   | 47   | 41   | 36   |
|   |                        | $\varphi$                         | –  | 21   | 20   | 19   | 18   | 16   | 14   |
|   | $0,25 < I_L \leq 0,5$  | $c$                               | –  | –    | 57   | 50   | 43   | 37   | 32   |
|   |                        | $\varphi$                         | –  | –    | 18   | 17   | 16   | 14   | 11   |
|   | $0,5 < I_L \leq 0,75$  | $c$                               | –  | –    | 45   | 41   | 36   | 33   | 29   |
|   |                        | $\varphi$                         | –  | –    | 15   | 14   | 12   | 10   | 7    |

Таблица 3.3 – Нормативные значения модуля деформации E, МПа, глинистых нелессовых грунтов

| Происхождение и возраст грунтов |  | Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести $I_L$ |                        | Модуль деформации грунтов E, МПа, при коэффициенте пористости e, равном |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|---------------------------------|--|---|------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|                                 |  |   |                        | 0,35  | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,2 | 1,4 | 1,6 |
| Четвертичные отложения          | Аллювиальные, делювиальные, озерные, озерно-аллювиальные | Супеси  | $0 < I_L \leq 0,75$    | –   | 32   | 24   | 16   | 10   | 7    | –    | –    | –   | –   | –   |
|                                 |  | Суглинки  | $0 < I_L \leq 0,25$    | –   | 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    | –   | –   | –   |
|                                 | Флювиогляциальные  | Супеси  | $0 \leq I_L \leq 0,75$ | –   | 33   | 24   | 17   | 11   | 7    | –    | –    | –   | –   | –   |
|                                 |  | Суглинки  | $0 \leq I_L \leq 0,25$ | –   | 40   | 33   | 27   | 21   | –    | –    | –    | –   | –   | –   |
|                                 |  |   | $0,25 < I_L \leq 0,5$  | –   | 35   | 28   | 22   | 17   | 14   | –    | –    | –   | –   | –   |
|                                 |  |   | $0,5 < I_L \leq 0,75$  | –   | –    | –    | 17   | 13   | 10   | 7    | –    | –   | –   | –   |
|                                 | Моренные   | Супеси<br>Суглинки  | $I_L \leq 0,5$         | 60  | 50   | 40   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   |
|                                 | Юрские отложения оксфордского яруса                      | Глины   | $0,25 \leq I_L \leq 0$ | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –    | 27   | 25  | 22  | –   |
| $0 < I_L \leq 0,25$             |  |   | –                      | –   | –    | –    | –    | –    | –    | 24   | 22   | 19  | 15  | –   |
| $0,25 < I_L \leq 0,5$           |  |   | –                      | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –    | –    | 16  | 12  | 10  |

Таблица 3.4 – Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , кПа, угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., и модуля деформации  $E$ , МПа, элювиальных песков

| Пески   | Обозначения характеристик | Характеристики песков при коэффициенте пористости $e$ , равном |      |      |      |      |     |     |
|---|---------------------------|--|------|------|------|------|-----|-----|
|   |                           | 0,45   | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 1,0 | 1,2 |
| Дресвянистые  | $c$                       | 45   | 41   | 39   | 37   | 35   | 34  | –   |
|   | $\varphi$                 | 34   | 31   | 28   | 25   | 23   | 21  | –   |
|   | $E$                       | 44   | 33   | 24   | 18   | 15   | 14  | –   |
| Крупные и средней крупности   | $c$                       | 41   | 35   | 29   | 23   | 19   | –   | –   |
|   | $\varphi$                 | 32   | 30   | 27   | 24   | 22   | –   | –   |
|   | $E$                       | 44   | 31   | 22   | 14   | 13   | –   | –   |
| Пылеватые   | $c$                       | 58   | 51   | 44   | 39   | 33   | 29  | 24  |
|   | $\varphi$                 | 32   | 30   | 27   | 24   | 22   | 20  | 18  |
|   | $E$                       | 48   | 38   | 29   | 21   | 16   | 12  | 10  |
| Примечание  |                           |  |      |      |      |      |     |     |
| Данные таблицы распространяются на элювиальные пески, образованные при выветривании кварцесодержащих магматических пород. |                           |  |      |      |      |      |     |     |

**Таблица 3.5 – Предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства**

| Сооружения   | Предельные деформации основания фундаментов    |            |   |
|--|--|------------|---|
|  | Относительная разность осадок $(\Delta S/L)_u$ | Крен $i_u$ | Максимальная $\Delta S_u^{\max}$ или средняя $\bar{\varepsilon}_u$ осадка, см |
| 1 Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом:<br>– железобетонным;<br>– то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции;<br>– стальным;<br>– то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий. | 0,002  | –          | 10  |
|  | 0,003  | –          | 15  |
|  | 0,004  | –          | 15  |
|  | 0,005  | –          | 18  |
| 2 Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок  | 0,006  | –          | 20  |
| 3 Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:<br>– крупных панелей;<br>– крупных блоков или кирпичной кладки без армирования;<br>– то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции.                                | 0,0016   | –          | 12  |
|  | 0,0020   | –          | 12  |
|  | 0,0024   | –          | 18  |
| 4 Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций:<br>– рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции на одной фундаментной плите;<br>– то же, сборной конструкции;<br>– отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции;<br>– то же, сборной конструкции.                                       | –  | 0,003      | 40  |
|  | –  | 0,003      | 30  |
|  | –  | 0,004      | 40  |
|  | –  | 0,004      | 30  |
| 5 Дымовые трубы высотой $H$ , м:   |  |            |   |

|  |        |          |    |
|--|--------|----------|----|
| $H \leq 100$   | –      | 0,005    | 40 |
| $100 < H \leq 200$   | –      | $1/(2H)$ | 30 |
| $200 < H \leq 300$   | –      | $1/(2H)$ | 20 |
| $H > 300$  | –      | $1/(2H)$ | 10 |
| 6 Жесткие сооружения высотой до 100 м, кроме указанных в позициях 4 и 5                                      | –      | 0,004    | 20 |
| 7 Антенные сооружения связи:   |        |          |    |
| – стволы мачт заземленные;   | –      | 0,002    | 20 |
| – то же, электрически изолированные;   | –      | 0,001    | 10 |
| – башни радио;   | 0,002  | –        | –  |
| – башни коротковолновых радиостанций;  | 0,0025 | –        | –  |
| – башни (отдельные блоки).   | 0,001  | –        | –  |
| 8 Опоры воздушных линий электропередачи:   |        |          |    |
| – промежуточные прямые;  | 0,003  | –        | –  |
| – анкерные и анкерно–угловые, промежуточные угловые, концевые, порталы открытых распределительных устройств; | 0,0025 | –        | –  |
| – специальные переходные.  | 0,002  | –        | –  |

#### Примечания

1 Значение предельной максимальной осадки основания фундаментов  $\Delta S_u^{\max}$  применяется к сооружениям, возводимым на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т.п.).

2 Значение предельной средней осадки  $\bar{s}_u$  основания фундаментов применяется к сооружениям, возводимым на едином монолитном железобетонном фундаменте неразрезной конструкции (перекрестные ленточные и плитные фундаменты на естественном или искусственном основании, свайные фундаменты с плитным ростверком, плитно–свайные фундаменты и т.п.).

3 Предельные значения относительного прогиба зданий, указанные в позиции 3, принимают равными  $0,5(\Delta S/L)_u$ , а относительного выгиба –  $0,25(\Delta S/L)_u$ .

4 При определении относительной разности осадок  $(\Delta S/L)$  в позиции 8 таблицы Д.1 за L принимают расстояние между осями блоков фундаментов в направлении горизонтальных нагрузок, а в опорах с оттяжками – расстояние между осями сжатого фундамента и анкера.

5 Если основание сложено горизонтальными (с уклоном не более 0,1), выдержанными по толщине слоями грунтов, предельные значения максимальных и средних осадок допускается увеличивать на 20%.

6 Предельные значения подъема основания, сложенного набухающими грунтами, допускается принимать: максимальный и средний подъем в размере 25% и относительную разность осадок в размере 50% соответствующих предельных значений деформаций, приведенных в настоящем приложении, а относительный выгиб



– в размере  $0,25(\Delta S/L)_ц$ .

7 На основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации отдельных видов сооружений допускается принимать предельные значения деформаций основания фундаментов, отличающиеся от указанных в настоящем приложении.

Таблица 3.6 – Определение коэффициента  $k_e$

| Форма фундамента и направление действия момента | Коэффициент $k_e$ при $\eta=l/b$ , равном |      |      |      |      |      |      |
|---|---|------|------|------|------|------|------|
|   | 1   | 1,2  | 1,5  | 2    | 3    | 5    | 10   |
| Прямоугольный с моментом вдоль большей стороны  | 0,50                                      | 0,57 | 0,68 | 0,82 | 1,17 | 1,42 | 2,00 |
| Прямоугольный с моментом вдоль меньшей стороны  | 0,50                                      | 0,43 | 0,36 | 0,28 | 0,20 | 0,12 | 0,07 |
| Круглый   | 0,75                                      |      |      |      |      |      |      |

Таблица 3.7 – Значение коэффициента  $N$

| $U$  |   | 0,1   | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,95 |
|------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Для  | 0 | 0,02  | 0,08 | 0,17 | 0,31 | 0,49 | 0,71 | 1,00 | 1,40 | 2,09 | 2,80 |
| слу– | 1 | 0,12  | 0,25 | 0,39 | 0,55 | 0,73 | 0,95 | 1,24 | 1,64 | 2,35 | 3,17 |
| чаев | 2 | 0,005 | 0,02 | 0,06 | 0,13 | 0,24 | 0,42 | 0,69 | 1,08 | 1,77 | 2,54 |

Таблица 3.8 – Значение коэффициента фильтрации  $k_f$

| Вид грунта   | Песок                      | Супесь                     | Суглинок                   | Глина                      |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| $k_f$ , см/с | $n(10^{-1} \dots 10^{-4})$ | $n(10^{-3} \dots 10^{-6})$ | $n(10^{-5} \dots 10^{-8})$ | $n(10^{-7} \dots 10^{-9})$ |

*Примечание.*  $n$  – любое число от 1 до 9.

**Основные размеры типовых монолитных железобетонных фундаментов**

Таблица 4.1 – Основные размеры типовых монолитных железобетонных фундаментов под сборные колонны по серии 1.412–3

| Размер ступеней плитной части  |                 |                  | Высота фундамента ( $H$ ), м |      |       |      |       |       | Буквенный индекс и номер марки |
|--|-----------------|------------------|------------------------------|------|-------|------|-------|-------|--------------------------------|
| $a \times b \times h$ , м  |                 |                  | 1,5                          | 1,8  | 2,4   | 3,0  | 3,6   | 4,2   |                                |
| Первая – подошвенная   | Вторая          | Третья           | Объем бетона, м <sup>3</sup> |      |       |      |       |       | 10                             |
| 1  | 2               | 3                | 4                            | 5    | 6     | 7    | 8     | 9     |                                |
| Колонна площадью сеч. 0,4 × 0,4 м; подколонник площадью сеч. 0,9 × 0,9 м<br>глубина стакана 0,8 м. |                 |                  |                              |      |       |      |       |       | ФА                             |
| 1,5 × 1,5 × 0,3  |                 |                  | 1,43                         | 1,47 | 2,16  | 2,64 | 3,13  | 3,61  | 1–6                            |
| 1,8 × 1,5 × 0,3  |                 |                  | 1,56                         | 1,80 | 2,29  | 2,78 | 3,26  | 3,75  | 7–12                           |
| 1,8 × 1,5 × 0,45   |                 |                  | 1,84                         | 2,09 | 20,57 | 3,08 | 3,54  | 4,03  | 13–18                          |
| 2,1 × 1,5 × 0,45   |                 |                  | 2,05                         | 2,29 | 2,78  | 3,26 | 3,75  | 4,23  | 19–24                          |
| 2,4 × 1,5 × 0,3  | 1,8 × 1,5 × 0,3 |                  | 2,40                         | 2,64 | 3,13  | 3,61 | 4,10  | 4,58  | 25–30                          |
| 2,4 × 1,8 × 0,3  | 1,8 × 1,8 × 0,3 |                  | 2,78                         | 3,02 | 3,50  | 3,99 | 4,48  | 4,96  | 31–36                          |
| 2,7 × 1,8 × 0,3  | 1,8 × 1,8 × 0,3 |                  | 2,94                         | 3,18 | 3,67  | 4,15 | 4,64  | 5,12  | 37–42                          |
| 3,0 × 1,8 × 0,3  | 2,1 × 1,8 × 0,3 |                  | 3,26                         | 3,50 | 3,99  | 4,48 | 4,96  | 5,45  | 43–48                          |
| 3,0 × 2,1 × 0,3  | 2,1 × 1,5 × 0,3 |                  | 3,34                         | 3,59 | 4,07  | 4,56 | 5,04  | 5,53  | 49–54                          |
| 3,0 × 2,4 × 0,3  | 2,1 × 1,5 × 0,3 |                  | 3,61                         | 3,86 | 4,34  | 4,83 | 5,31  | 5,80  | 55–60                          |
| 3,3 × 2,4 × 0,3  | 2,1 × 1,5 × 0,3 |                  | 3,83                         | 4,07 | 4,56  | 5,04 | 5,53  | 6,02  | 61–66                          |
| 3,3 × 2,4 × 0,3  | 2,4 × 1,8 × 0,3 | 1,5 × 1,8 × 0,3  | 4,75                         | 4,99 | 5,48  | 5,96 | 6,45  | 6,93  | 67–72                          |
| 3,6 × 2,4 × 0,3  | 2,7 × 1,8 × 0,3 | 1,8 × 1,8 × 0,3  | 5,29                         | 5,53 | 6,02  | 6,50 | 6,99  | 7,47  | 73–78                          |
| 3,6 × 2,7 × 0,3  | 2,7 × 2,1 × 0,3 | 1,8 × 1,5 × 0,3  | 5,69                         | 5,94 | 6,42  | 6,91 | 7,39  | 7,88  | 79–84                          |
| 4,2 × 2,7 × 0,3  | 3,0 × 2,1 × 0,3 | 2,1 × 1,5 × 0,3  | 6,50                         | 6,74 | 7,23  | 7,72 | 8,20  | 8,69  | 85–90                          |
| 4,2 × 3,0 × 0,3  | 3,0 × 2,1 × 0,3 | 2,1 × 1,5 × 0,3  | 6,88                         | 7,12 | 7,61  | 8,10 | 8,58  | 9,07  | 91–96                          |
| 4,8 × 3,0 × 0,3  | 3,6 × 2,1 × 0,3 | 2,4 × 1,5 × 0,45 | 8,35                         | 8,59 | 9,08  | 9,57 | 10,05 | 10,54 | 97–102                         |

Продолжение таблицы 4.1

| 1   | 2           | 3           | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10      |
|---|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Колонна площадью сеч.0,6 × 0,4 и 0,5 м; 0,5 × 0,5 м; подколонник площадью сеч.1,2 × 1,2 м<br>глубина стакана 0,8 и 0,9 м. |             |             |       |       |       |       |       |       | ФБ      |
| 2,1×1,5×0,45  |             |             | 2,57  | 3,00  | 3,86  | 4,73  | 5,59  | 6,45  | 1–6     |
| 2,4×1,5×0,45  |             |             | 2,77  | 3,20  | 4,06  | 4,93  | 5,79  | 6,66  | 7–12    |
| 2,4×1,8×0,45  |             |             | 3,09  | 3,52  | 4,39  | 5,25  | 6,12  | 6,98  | 13–18   |
| 2,7×1,8×0,3   | 2,1×1,8×0,3 |             | 3,52  | 3,96  | 4,82  | 5,68  | 6,55  | 7,41  | 19–24   |
| 3,0×1,8×0,3   | 2,4×1,8×0,3 |             | 3,85  | 4,28  | 5,14  | 6,01  | 6,87  | 7,74  | 25–30   |
| 3,0×2,1×0,3   | 2,4×2,1×0,3 |             | 4,34  | 4,77  | 5,63  | 6,49  | 7,36  | 8,22  | 31–36   |
| 3,0×2,4×0,3   | 2,4×1,8×0,3 |             | 4,39  | 4,82  | 5,68  | 6,55  | 7,41  | 8,28  | 37–42   |
| 3,3×2,4×0,3   | 2,4×1,8×0,3 |             | 4,60  | 5,04  | 5,90  | 6,76  | 7,63  | 8,49  | 43–48   |
| 3,6×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3 |             | 4,98  | 5,42  | 6,28  | 7,14  | 8,01  | 8,87  | 49–54   |
| 3,6×2,7×0,3   | 2,7×2,1×0,3 |             | 5,55  | 5,98  | 6,85  | 7,71  | 8,57  | 9,44  | 55–60   |
| 3,3×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3 | 1,8×1,8×0,3 | 5,31  | 5,74  | 6,60  | 7,47  | 8,33  | 9,20  | 61–66   |
| 3,6×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3 | 1,8×1,8×0,3 | 5,52  | 5,96  | 6,82  | 7,86  | 8,55  | 9,41  | 67–72   |
| 3,6×2,7×0,3   | 2,7×2,1×0,3 | 1,8×2,1×0,3 | 6,25  | 6,68  | 7,55  | 8,41  | 9,28  | 10,14 | 73–78   |
| 4,2×2,7×0,3   | 3,3×2,1×0,3 | 2,4×2,1×0,3 | 7,49  | 7,93  | 8,79  | 9,65  | 10,52 | 11,38 | 79–84   |
| 4,2×3,0×0,3   | 3,3×2,4×0,3 | 2,4×1,8×0,3 | 7,95  | 8,38  | 9,25  | 10,11 | 10,98 | 11,84 | 85–90   |
| 4,8×3,0×0,3   | 3,9×2,4×0,3 | 2,7×1,8×0,3 | 9,09  | 9,52  | 10,38 | 11,25 | 12,11 | 12,98 | 91–96   |
| 4,8×3,3×0,3   | 3,6×2,4×0,3 | 2,7×1,8×0,3 | 9,30  | 9,74  | 10,60 | 11,46 | 12,33 | 13,19 | 97–102  |
| 4,8×3,6×0,3   | 3,6×2,4×0,3 | 2,7×1,8×0,3 | 9,74  | 10,17 | 11,03 | 11,90 | 12,76 | 13,62 | 103–108 |
| 5,4×3,6×0,3   | 3,6×2,4×0,3 | 2,7×1,8×0,3 | 13,08 | 13,52 | 14,38 | 15,24 | 16,11 | 16,97 | 109–114 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1   | 2            | 3            | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10      |
|---|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Колонна площадью сеч.0,8 × 0,4 и 0,5 м; 0,5 × 0,5 м; подколонник площадью сеч.1,5 × 1,2 м<br>глубина стакана 0,9 м. |              |              |       |       |       |       |       |       | ФБ      |
| 3,0×1,5×0,3   | 2,1×1,8×0,3  |              | 4,02  | 4,56  | 5,64  | 6,72  | 7,80  | 8,88  | 1–6     |
| 3,0×2,1×0,3   | 2,4×2,1×0,3  |              | 4,50  | 5,04  | 6,12  | 7,20  | 8,28  | 9,36  | 7–12    |
| 3,0×2,4×0,3   | 2,4×1,8×0,3  |              | 4,56  | 5,10  | 6,18  | 7,26  | 8,34  | 9,42  | 13–18   |
| 3,3×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3  |              | 4,93  | 5,47  | 6,55  | 7,63  | 8,71  | 9,79  | 19–24   |
| 3,6×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3  |              | 5,15  | 5,69  | 6,77  | 7,85  | 8,93  | 10,01 | 25–30   |
| 3,6×2,7×0,3   | 2,7×2,1×0,3  |              | 5,72  | 6,26  | 7,34  | 8,42  | 9,50  | 10,58 | 37–42   |
| 3,0×2,4×0,3   | 2,4×1,8×0,3  | 2,1×1,8×0,3  | 5,74  | 6,82  | 5,68  | 6,55  | 7,41  | 10,60 | 31–36   |
| 3,3×2,4×0,3   | 2,4×1,8×0,3  | 2,1×2,1×0,3  | 6,50  | 5,04  | 5,90  | 6,76  | 7,63  | 11,36 | 43–48   |
| 3,6×2,4×0,3   | 2,7×1,8×0,3  | 2,4×2,1×0,3  | 7,55  | 5,42  | 6,28  | 7,14  | 8,01  | 12,41 | 49–54   |
| 4,2×3,0×0,3   | 3,3×2,4×0,3  | 2,4×1,8×0,3  | 8,01  | 8,55  | 9,63  | 10,71 | 11,79 | 12,87 | 55–60   |
| 4,8×3,0×0,3   | 3,6×2,4×0,3  | 2,7×1,8×0,3  | 8,93  | 9,47  | 10,55 | 11,63 | 12,71 | 13,79 | 61–66   |
| 4,8×3,3×0,3   | 3,6×2,4×0,3  | 2,7×1,8×0,3  | 9,36  | 9,90  | 10,98 | 12,06 | 13,14 | 14,22 | 67–72   |
| 4,8×3,6×0,3   | 3,6×2,4×0,3  | 2,7×1,8×0,3  | 9,79  | 10,33 | 11,41 | 12,49 | 13,57 | 14,65 | 73–78   |
| 5,4×3,6×0,45  | 3,6×2,4×0,3  | 2,4×1,8×0,3  | 12,92 | 13,46 | 14,54 | 15,62 | 16,70 | 17,78 | 79–84   |
| 5,4×4,2×0,45  | 3,6×2,4×0,3  | 2,4×1,8×0,3  | 14,38 | 14,92 | 16,00 | 17,08 | 18,16 | 19,24 | 85–90   |
| 5,4×4,8×0,45  | 3,6×3,0×0,3  | 2,4×1,8×0,3  | 16,49 | 17,03 | 18,11 | 19,19 | 20,27 | 21,35 | 91–96   |
| 6,0×4,8×0,45  | 4,2×3,0×0,45 | 2,7×1,8×0,3  | 20,11 | 20,65 | 21,73 | 22,81 | 23,89 | 24,97 | 97–102  |
| 6,0×5,4×0,45  | 4,2×3,6×0,45 | 2,7×2,4×0,3  | 23,35 | 23,89 | 24,97 | 26,05 | 27,13 | 28,21 | 103–108 |
| 6,6×5,4×0,45  | 4,8×3,6×0,45 | 3,0×2,4×0,45 | 26,80 | 27,34 | 28,42 | 29,50 | 30,58 | 31,66 | 109–114 |
| 6,6×6,0×0,45  | 4,8×4,2×0,45 | 3,0×2,4×0,45 | 29,88 | 30,42 | 31,50 | 32,58 | 33,66 | 32,74 | 115–120 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1  | 2           | 3           | 4 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--|-------------|-------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Колонна площадью сеч. 1,0 × 0,4 и 0,5 м; подколонник площадью сеч. 1,8 × 1,2 м<br>глубина стакана 0,95 и 1,25 м. |             |             |   |       |       |       |       |       | ФГ    |
| 3,0x1,8x0,3  |             |             |   | 3,98  | 5,28  | 6,58  | 7,88  | 9,18  | 1–5   |
| 3,0x1,8x0,45   |             |             |   | 4,46  | 5,76  | 7,06  | 8,36  | 9,65  | 6–10  |
| 3,0x2,1x0,3  |             |             |   | 4,25  | 5,55  | 6,84  | 8,14  | 9,44  | 11–15 |
| 3,0x2,1x0,45   |             |             |   | 4,87  | 6,17  | 7,46  | 8,76  | 10,06 | 16–20 |
| 3,0x2,4x0,3  |             |             |   | 4,52  | 5,82  | 7,11  | 8,41  | 9,71  | 21–25 |
| 3,0x2,4x0,45   |             |             |   | 5,28  | 6,57  | 7,87  | 9,16  | 10,46 | 26–30 |
| 3,3x2,4x0,3  | 2,4x1,8x0,3 |             |   | 5,38  | 6,68  | 7,97  | 9,28  | 10,57 | 31–35 |
| 3,6x2,4x0,3  | 2,7x1,8x0,3 |             |   | 5,76  | 7,06  | 8,36  | 9,65  | 10,95 | 36–40 |
| 3,6x2,7x0,3  | 2,7x2,1x0,3 |             |   | 6,33  | 7,63  | 8,92  | 10,22 | 11,51 | 41–45 |
| 4,2x2,7x0,3  | 3,0x1,8x0,3 |             |   | 6,73  | 8,03  | 9,33  | 10,62 | 11,92 | 46–50 |
| 4,2x3,0x0,3  | 3,0x1,8x0,3 |             |   | 7,38  | 8,68  | 9,97  | 11,27 | 12,57 | 51–55 |
| 4,8x3,0x0,3  | 3,6x2,4x0,3 | 2,7x1,8x0,3 |   | 9,43  | 10,73 | 12,03 | 13,32 | 14,62 | 56–60 |
| 4,8x3,3x0,3  | 3,6x2,4x0,3 | 2,7x1,8x0,3 |   | 9,86  | 11,16 | 12,46 | 13,76 | 15,06 | 61–65 |
| 4,8x3,6x0,3  | 3,6x2,4x0,3 | 2,7x1,8x0,3 |   | 10,30 | 11,59 | 12,89 | 14,19 | 15,48 | 66–70 |
| 5,4x3,6x0,3  | 4,2x2,4x0,3 | 3,0x1,8x0,3 |   | 11,54 | 11,84 | 14,13 | 15,43 | 16,73 | 71–75 |
| 5,4x4,2x0,3  | 4,2x3,0x0,3 | 3,0x1,8x0,3 |   | 13,27 | 14,56 | 15,86 | 17,86 | 18,46 | 76–80 |

Таблица 4.2

| Ширина<br>плиты, мм | Толщина<br>стены не ме-<br>нее, мм | Наибольшее допускаемое давление на основание,<br>МПа (кг/см <sup>2</sup> )<br>для групп по несущей способности |            |            |            |
|---------------------|------------------------------------|--|------------|------------|------------|
|                     |                                    | 1  | 2          | 3          | 4          |
| 600                 | 160                                | 0,45 (4,5)   |            |            |            |
|                     | 300                                | 0,60 (6,0)   |            |            |            |
| 800                 | 160                                | 0,15 (1,5)   | 0,35 (3,5) | 0,35 (3,5) | 0,45 (4,5) |
|                     | 300                                | 0,25 (2,5)   | 0,57 (5,7) | 0,57 (5,7) | 0,60 (6,0) |
|                     | 500                                | 0,60 (6,0)   |            |            |            |
| 1000                | 160                                | 0,15 (1,5)   | 0,25 (2,5) | 0,35 (3,5) | 0,45 (4,5) |
|                     | 300                                | 0,22 (2,2)   | 0,36 (3,6) | 0,45 (4,5) | 0,50 (5,0) |
| 1200–3200           | 160                                | 0,15 (1,5)   | 0,25 (2,5) | 0,35 (3,5) | 0,45 (4,5) |

Таблица 4.3 – Плиты железобетонные для ленточных фундаментов  
под стены по ГОСТ13580–85, серия 1.112–5

| №<br>пп | Марка изде-<br>лия | Размеры, мм |          |          | Масса,<br>т | Бетон     |                          | Расход<br>стали, кг |
|---------|--------------------|-------------|----------|----------|-------------|-----------|--------------------------|---------------------|
|         |                    | <i>l</i>    | <i>b</i> | <i>h</i> |             | мар<br>ка | объём,<br>м <sup>3</sup> |                     |
| 1       | ФЛ8–12–2           | 1180        | 800      | 300      | 0,68        | 150       | 0,274                    | 1,82                |
| 2       | ФЛ10–12–2          | 1180        | 1000     | 300      | 0,75        | 150       | 0,300                    | 3,48                |
| 3       | ФЛ12–12–2          | 1180        | 1200     | 300      | 0,87        | 150       | 0,347                    | 6,08                |
| 4       | ФЛ14–12–2          | 1180        | 1400     | 300      | 1,04        | 150       | 0,416                    | 8,20                |
| 5       | ФЛ16–12–2          | 1180        | 1600     | 300      | 1,21        | 150       | 0,486                    | 12,29               |
| 6       | ФЛ20–12–2          | 1180        | 2000     | 500      | 2,44        | 150       | 0,975                    | 13,02               |
| 7       | ФЛ24–12–2          | 1180        | 2400     | 500      | 2,84        | 150       | 1,138                    | 21,15               |
| 8       | ФЛ28–12–2          | 1180        | 2800     | 500      | 3,42        | 200       | 1,369                    | 32,48               |
| 9       | ФЛ32–12–2          | 1180        | 3200     | 500      | 4,00        | 200       | 1,600                    | 47,85               |
| 10      | Ф12–36–50–1        | 1180        | 3600     | 500      | 4,65        | 300       | 1,86                     | 28,34               |
| 11      | Ф12–40–50–1        | 1180        | 4000     | 500      | 5,15        | 300       | 2,06                     | 35,51               |
| 12      | Ф12–44–50–1        | 1180        | 4400     | 500      | 5,70        | 300       | 2,29                     | 40,88               |
| 13      | Ф12–48–50–1        | 1180        | 4800     | 500      | 6,30        | 300       | 2,52                     | 55,37               |
| 14      | Ф12–52–50–1        | 1180        | 5200     | 500      | 6,80        | 300       | 2,72                     | 70,90               |
| 15      | Ф12–36–50          | 1180        | 3600     | 500      | 4,65        | 300       | 1,86                     | 53,50               |
| 16      | Ф12–40–50          | 1180        | 4000     | 500      | 5,15        | 300       | 2,06                     | 83,37               |
| 17      | Ф12–44–50          | 1180        | 4400     | 500      | 5,70        | 300       | 2,29                     | 114,30              |

*Примечание.* 1. Номера 2...9 выпускают также длиной  $l = 780$  мм, а номера 2...5, кроме того, выпускают длиной 2380 мм.

2. Расчётное сопротивление грунта для номеров 1...9 принято  $R = 250$  кПа. Блоки–плиты этих номеров выпускают и для  $R = 150$  кПа с уменьшенным расходом арматуры.

3. Расчётное сопротивление грунта для номеров 10...14 принято  $R = 100$  кПа, а для номеров 15...17 –  $R = 200$  кПа.

Таблица 4.4 – Стеновые сплошные бетонные блоки по ГОСТ 13579–78\*

| Марка блока | Размеры, мм |     |     | Масса, т | Объём, м <sup>3</sup> |
|-------------|-------------|-----|-----|----------|-----------------------|
|             | $l$         | $b$ | $h$ |          |                       |
| ФБС24–3–6–Т | 2380        | 300 | 580 | 0,97     | 0,406                 |
| ФБС24–4–6–Т | 2380        | 400 | 580 | 1,30     | 0,543                 |
| ФБС24–5–6–Т | 2380        | 500 | 580 | 1,63     | 0,679                 |
| ФБС24–6–6–Т | 2380        | 600 | 580 | 1,93     | 0,815                 |
| ФБС12–4–6–Т | 1180        | 400 | 580 | 0,64     | 0,265                 |
| ФБС12–5–6–Т | 1180        | 500 | 580 | 0,79     | 0,331                 |
| ФБС12–6–6–Т | 1180        | 600 | 580 | 0,96     | 0,398                 |
| ФБС12–4–3–Т | 1180        | 400 | 280 | 0,31     | 0,127                 |
| ФБС12–5–3–Т | 1180        | 500 | 280 | 0,38     | 0,159                 |
| ФБС12–6–3–Т | 1180        | 600 | 280 | 0,46     | 0,191                 |
| ФБС9–3–6–Т  | 880         | 300 | 580 | 0,35     | 0,146                 |
| ФБС9–4–6–Т  | 880         | 400 | 580 | 0,47     | 0,195                 |
| ФБС9–5–6–Т  | 880         | 500 | 580 | 0,59     | 0,244                 |
| ФБС9–6–6–Т  | 880         | 600 | 580 | 0,70     | 0,293                 |

## Список литературы

1. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Голли А.В., Карлов В.Д. Мангушев Р.А. и др. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений. Учеб, пособие / Под ред. Б.И. Далматова; 2–е изд. – М.: Изд–во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 440с.;ил.
2. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д., Мангушев Р.А.; Основания и фундаменты. Ч.1. Основы геотехники: Учеб, для вузов / Под ред. Б.И. Далматова. – М.: Изд–во АСВ, 2002. – 392с.:ил.
3. Симагин В.Г. Основания и фундаменты. Проектирование и устройство: Учеб. пособие для вузов.–2–е изд., перераб. и доп.–М.: Изд–во АСВ, 2007.– 496с.:ил.
4. Суворова Н.А. Анализ инженерно–геологических условий грунтовой толщи основания. Расчет осадок оснований сооружений. Учеб. метод. пособие. для студ. учреждений высш. проф. образования – Изд–во Рязань: РИ(ф)МГОУ, 2008. с 42.
5. Суворова Н.А. Проектирование оснований и фундаментов мелкого заложения на естественном основании. Учеб. метод. пособие. для студ. учреждений высш. проф. образования – Рязань: РИ(ф)МГОУ, 2007. с 64.
6. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб, пособие / Под ред. С.Б. Ухов и др.; М.: Изд–во АСВ. 2007.–566с.:ил.
7. Система общестроительных расчетов «Base» [www.basegroup.ru](http://www.basegroup.ru)
8. ГОСТ 25100–2011 Грунты. Классификация.
9. СНиП 2.02.83\*. Основания зданий и сооружений. – М.:ГУП ЦПП, 2000.
10. СП 20.13330,2011. Нагрузки и воздействия.
11. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.
12. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.



# Содержание

|  |            |
|--|------------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....  | <b>3</b>   |
| <b>1. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ</b> .....                                    | <b>4</b>   |
| 1.1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ .....                                | 4          |
| 1.2. АЛГОРИТМ К БЛОК-СХЕМЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ<br>ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУНТОВ.....              | 8          |
| <b>2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТОВ</b> .....                                    | <b>18</b>  |
| <b>3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТОВ</b> .....   | <b>20</b>  |
| 3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА ОСНОВАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ СП 22.13330.2011 .....        | 20         |
| 3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОДОШВЫ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....                            | 22         |
| 3.3. АЛГОРИТМ К БЛОК-СХЕМЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗМЕРОВ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ .....          | 24         |
| 3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОДОШВЫ ВНЕЦЕНТРЕННО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ .....                         | 27         |
| 3.5. АЛГОРИТМ К БЛОК-СХЕМЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗМЕРОВ ВНЕЦЕНТРЕННО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....         | 28         |
| 3.6. УЧЕТ НАЛИЧИЯ ПОДВАЛА .....  | 31         |
| 3.7. УЧЕТ ПОДСТИЛАЮЩЕГО СЛАБОГО СЛОЯ ГРУНТА.....   | 32         |
| 3.8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ .....   | 33         |
| <b>4. РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ</b> .....  | <b>52</b>  |
| 4.1. РАСЧЕТ ОСАДОК МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО СУММИРОВАНИЯ.....  | 52         |
| 4.2. АЛГОРИТМ К БЛОК-СХЕМЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТА МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО<br>СУММИРОВАНИЯ ..... | 55         |
| 4.3. РАСЧЕТ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ Н.А. ЦЫТОВИЧА .....                       | 58         |
| 4.4. АЛГОРИТМ К БЛОК-СХЕМЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТА .....                                    | 60         |
| МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ Н. А. ЦЫТОВИЧА.....  | 60         |
| 4.5. ПРОГНОЗ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ .....  | 62         |
| ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ.....   | 62         |
| <b>5. СИСТЕМА ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ «BASE»</b> .....   | <b>75</b>  |
| <b>6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ</b> .....   | <b>93</b>  |
| <b>7. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ</b> .....   | <b>95</b>  |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....  | <b>98</b>  |
| Термины и определения.....   | 98         |
| Приложение 1 .....   | 99         |
| Приложение 2 .....   | 102        |
| Приложение 3 .....   | 108        |
| Приложение 4 .....   | 115        |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....   | <b>122</b> |

Учебное издание

Борычев Сергей Николаевич,  
Суворова Наталья Александровна,  
Лунин Евгений Васильевич,  
Малюгин Сергей Герасимович

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ  
НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ**

Учебное пособие

Бумага офсетная.

Гарнитура Times. Печать лазерная.

Усл. печ. л 6,4

Тираж 500 экз. Заказ №1222.

Подписано в печать 16.02.2015.

Отпечатано в издательстве учебной литературы  
и учебно–методических пособий ФГБОУ ВПО РГАТУ

ФГБОУ ВПО. Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева.  
390044 г. Рязань, ул. Костычева, д.1.