## 1.2 Характеристика строительной площадки

### 1.2.1 Геологические разрезы

Геологический разрез и схема площадки показаны на рис.

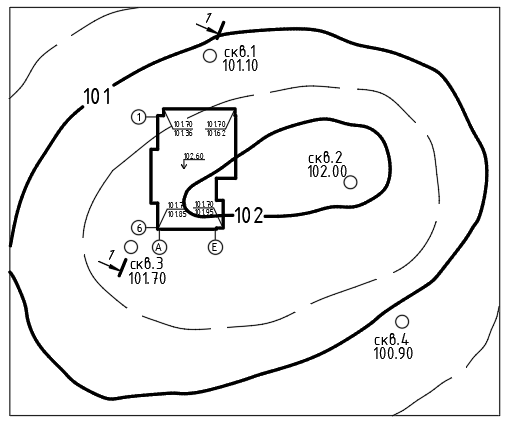


Рис. - Схема строительной площадки.

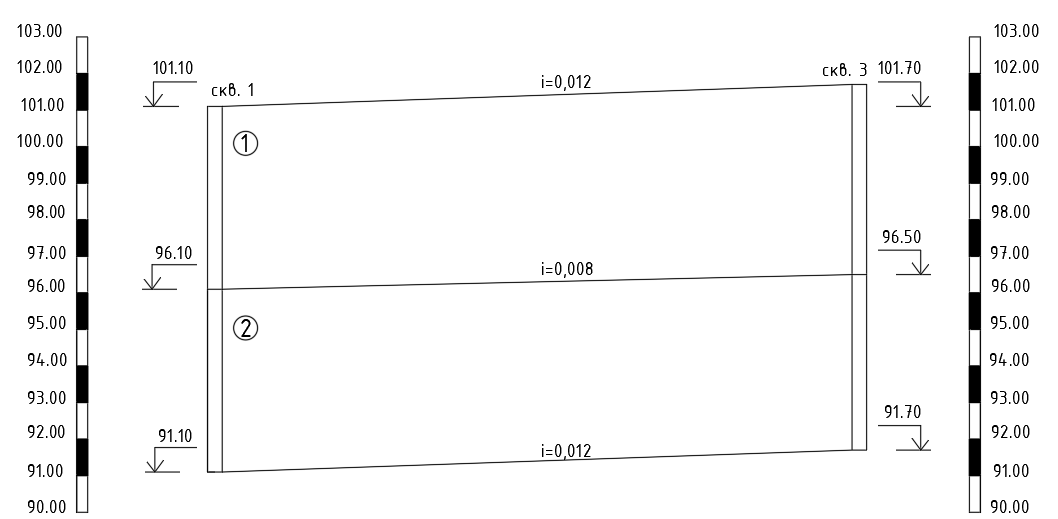


Рис. -Инженерно-геологический разрез строительной площадки.

Геологический разрез выполнен с указанием границ залегания каждого слоя, мощности слоев, абсолютных отметок. Грунтовые воды не обнаружены.

### 1.2.2 Описание грунтов

Таблица 1 – данные о слоях грунта.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | γs  т/м3 | γ  т/м3 | φ | E  т/м2 | С  т/м2 | e | Ip | Il | Sr | W | наименование |
| ИГЭ1 | 2,73 | 1,93 | 21 | 1200 | 2,3 | 0,7 | 0,12 | 0,4 | 0,86 | 0,23 | суглинок |
| ИГЭ2 | 2,76 | 2,00 | 19 | 1500 | 4,0 | 0,75 | 0,2 | 0,15 | 0,9 | 0,27 | глина |

*Слой № 1:* Суглинок

Удельный вес сухого грунта (скелета грунта) определяем по формуле:

Коэффициент пористости грунта определяем по формуле:

Число пластичности грунта определяем по формуле:

Число текучести грунта определяем по формуле:

Коэффициент сжимаемости грунта определяем по формуле

где – коэффициент, зависящий от вида грунта, для суглинка равен 0,62;

Степень влажности грунта определяем по формуле:

Грунт второго слоя является пластичным, малосжимаемым, непросадочным.

*Слой № 2:*  Глина

Удельный вес сухого грунта (скелета грунта):

[т/м3]

Коэффициент пористости грунта:

.

Число пластичности грунта:

Число текучести грунта:

- твердый

Коэффициент сжимаемости грунта:

[см2/кг] малосжимаемый

Степень влажности грунта определяем по формуле:

Грунт второго слоя является твердым, малосжимаемым, непросадочным.

### 1.2.3 Определение слабого подстилающего слоя

Для проведения расчета возьмем скважину №4.

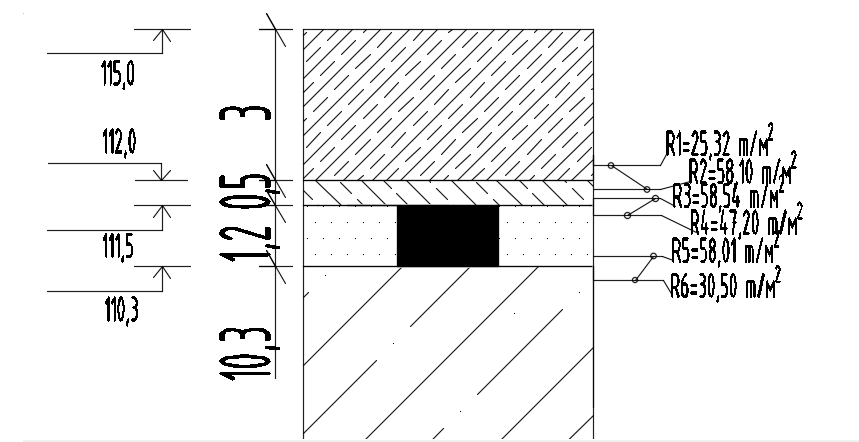






Рис. 1.

Расчетное сопротивление *R* определяется в соответствии со СНиП 2.02.01-83\* для каждого слоя грунта по формуле:

где *γс1* и *γс2* - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 3 [2]

*k* - коэффициент, принимаемый равным 1

*Mγ, Mq , Mc* - коэффициенты, принимаемые по таблице 4 [2]

*b* - ширина подошвы фундамента, м

*γII* - усредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента, т/м2

*kz* - коэффициент, при b<10 м принимаемый равным единице

*γII'* - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы, т/м3

*сII* - расчетное значение удельного сцепления грунта, непосредственно залегающего под подошвой фундамента

dI - глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки.

###### Применительно к задаче, формулу расчетного сопротивления основания R можно упростить следующим образом. Принимаем kz = 1 при b = 1 м, отношение (γс1·γс2)/k также принимаем равным 1. При отсутствии подвала db = 0, следовательно (Mq - 1)· db · γ'II = 0. Соответственно формула будет иметь вид:

.

Для рассматриваемого случая:



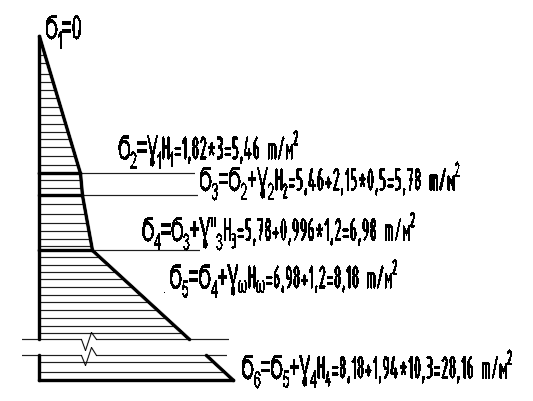


Рис.2.

Вывод: в результате сравнения полученных значений R на границах слоев было выяснено, 1ый слой слабее всех. Проверка на слабый подстилающий слой не нужна.

### 1.2.4 Общая оценка стройплощадки

Площадка расположена в городе Казань. Размеры площадки 50x60 м. Абсолютная отметка здания 115,60.

Уклон 0,059. Напластование слоистое, неоднородное. Уклоны слоев: 0.025, 0.0125, 0.0125, 0.1625.

На площадке пробурено 5 скважин. Вскрыты следующие слои: супесь зелено-бурая легкая 3-3,3м; 4,4-5,6м; суглинок пылеватый с линзами песка и гравия 15м. Слои распространены по всей площадке. Уровень поверхностных вод в третьем слое.

Слой №4 слабый по отношению ко 2 и 3 слоям.

На глубине 6,4 – 9,4 метров от поверхности земли обнаружены подземные воды. Вода химически не агрессивна по отношению к бетону.

# 2 Фундамент мелкого заложения

## 2.1 Расчетная схема

Для расчета выбираем фундамент № 1 в осях ”А” - ”2” - отдельно стоящий, под железобетонную колонну 400х400 *мм*. Инженерно-геологические условия приведены на рис.3. Нагрузка, действующая на фундамент:

M0II= 5,0 т⋅м;

N0II = 50,4 т;

T0II = 0,5 т.

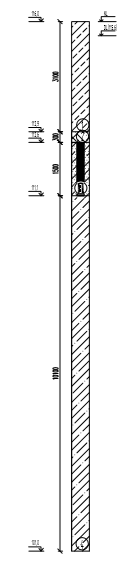


Рисунок 3 – Расчетная схема фундамента мелкого заложения при скважине №4

## 2.2. Определение глубины заложения фундамента.

При выборе глубины заложения фундамента следует руководствоваться рядом факторов, основными из которых являются:

* инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки;

Не влияют на выбор глубины заложения

* климатические особенности;

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов *dfn*  рассчитывается по формуле:

где *d0* – величина, принимаемая в зависимости от вида грунта, для супеси *d0* =0,28;

*Mt* – безразмерный коэффициент, равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за холодный период года в данном районе.

Расчетная глубина сезонного промерзания определяется по формуле:

где – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, 4 (при температуре внутренних помещений 18°С)

* конструктивные особенности возводимого фундамента;

***Принимаем глубину заложения фундамента не менее максимальной цифры, d=2 м***

## 2.3. Определение размеров подошвы фундамента.

Проектирование по второму предельному состоянию сводится к определению размеров подошвы фундамента.

Размеры подошвы фундамента мелкого заложения следует выбрать исходя из условия:

Среднее давление по подошве фундамента:

где – нагрузка от надземных конструкций;

– вес конструкции фундамента;

– вес грунта на ступенях фундамента;

– размеры подошвы фундамента.

По методу М. В. Лалетина среднее давление по подошве фундамента под колонну представим в виде:

где – коэффициент пропорциональности сторон поперечного сечения колонны;

– средний удельный вес материала фундамента и грунта на его ступенях;

*B* – ширина подошвы фундамента, при построении графика *Р(в)* является переменной неизвестной величиной;

*–* глубина промерзания грунта, м;

*-* коэффициент, зависящий от

Расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента бесподвальной части сооружения (график *R(в)*) определяется по формуле:

где и – коэффициенты условий работы, определяются по табл. 3 [2].

*k* – коэффициент, принимаемый, равным единице;

– коэффициенты, принимаемые по таблице 4 [2], при ;

– коэффициент, принимаемый равным единице при *b <* 10 м;

*B* – ширина подошвы фундамента, при построении графика *R(в)* является переменной неизвестной величиной;

– усредненное, расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента с учетом взвешивающего действия воды, т/м3;

– усредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы, тс/м3;

– расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, т/м2;

*d* – глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки.

Принимаем В=1,8 м; L=1,8 м

***Размеры фундамента: м.***

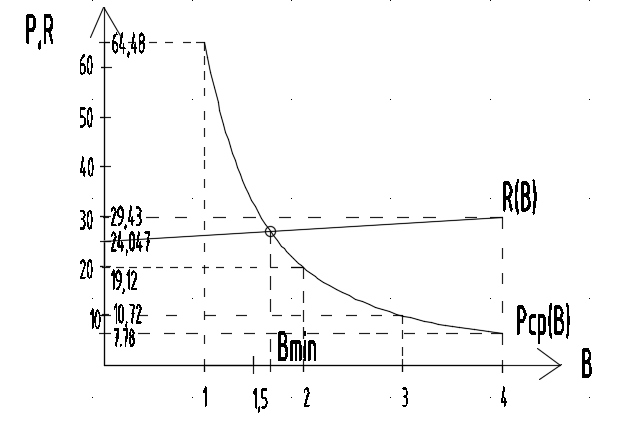
******

Рисунок 4 –Графическое определение ширины подошвы фундамента

## 2.4. Конструирование фундамента

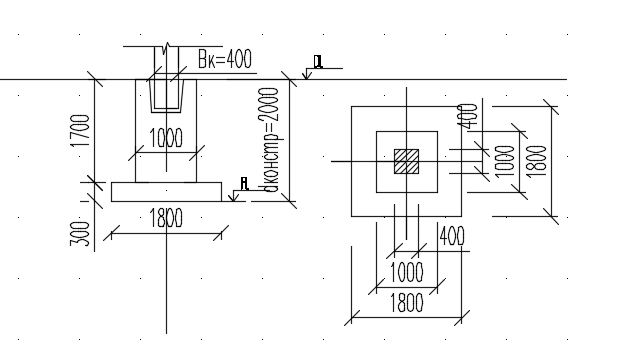


Рисунок 5 – Фундамент под железобетонную колонну

Должно выполняться условие:

Нагрузка от веса фундамента:

Нагрузка от веса грунта:

Фактическое среднее давление под подошвой фундамента:

Фактическое расчетное сопротивление грунта:

26,468 19,22

условие выполняется.

### 2.5. Учет внецентренного нагружения.

Для определения распределения давления под подошвой фундамента предварительно определяется эксцентриситет приложения нагрузки:



Рисунок 6 - Схема внецентренного нагружения.

При наличии моментов и горизонтальных сил следует сделать расчет на внецентренное нагружение. Расчет заключается в проверке краевых напряжений под подошвой фундамента.

Фактический эксцентриситет определяется по формуле:

Схема нагружения основания фундамента под колонну вертикальными силами, горизонтальными силами и моментами

Условия краевых напряжений при действии одного момента:

*Рmax <1,2 R* и *Рmin> 0.*

***Условия краевых напряжений выполняются.***

### 2.6. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования.

Осадка основания Sc использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства определяется методом послойного суммирования по формуле:

где: – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

– среднее значение дополнительного вертикального напряжения в *i*-м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней *zi-1* и нижней *zi* границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента;

и – соответственно толщина и модуль деформации *i*-го слоя грунта;

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

Суммирование производим до глубины, на которой выполняется условие:

Напряжения в грунте от его веса определяются по формуле:

где:

где:

Грунтовую толщу разбиваем на слои высотой h = (0,20,4)⋅B, где B = 1,8 м – ширина фундамента.

Условие выполняется.

*Полученная осадка меньше максимально допустимой.*

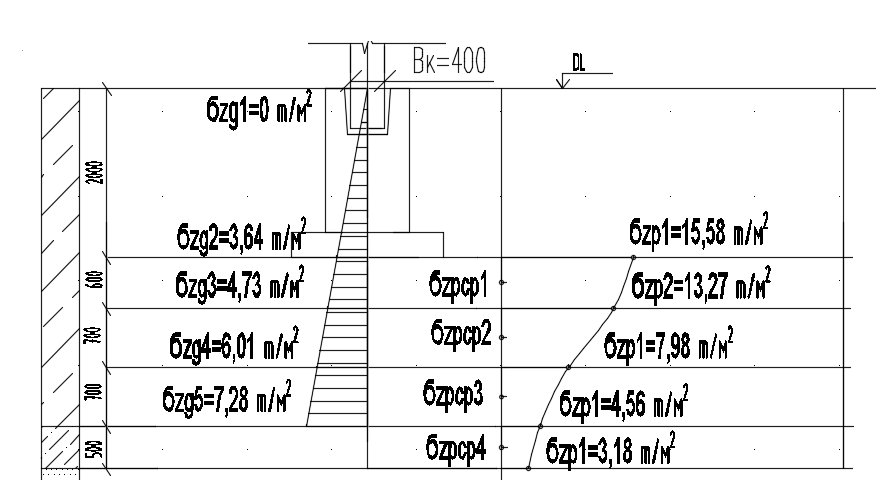


Рисунок 7 – Эпюры .

### 2.7. Расчет фундамента на морозное выпучивание

Устойчивость фундамента на действие касательных сил пучения проверяется по формуле:

;

где: τ*fh* = 8,076 т/м² – расчетная удельная касательная сила пучения, прил. 25 [1];

*Аfh* – площадь боковой поверхности фундамента, находящейся в пределах расчетной глубины сезонного промерзания *df* ;

N0II – расчетное значение вертикальной нагрузки;

Frf – расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже df.

Расчетное значение силы *Frf* для фундаментов, имеющих вертикальные грани, определяется по формуле:

,

где: *Rfi* – расчетное сопротивление талых грунтов сдвигу по боковой поверхности фундамента в *i*-м слое, табл. 2 [3];

Afi – площадь вертикальной поверхности сдвига в *i*-м слое;

*n* – число слоев.

***Расчет для незавершенного строительства.***

В данном случае нормативная глубина промерзания dfn = 1,962 м,

Аfh  = 2 м2

Аfj  = 0,038 м2

N0II = 50,4 т;

.

Проверка:

Условие выполняется, следовательно, нет необходимости предусматривать мероприятия по предотвращению морозного пучения.

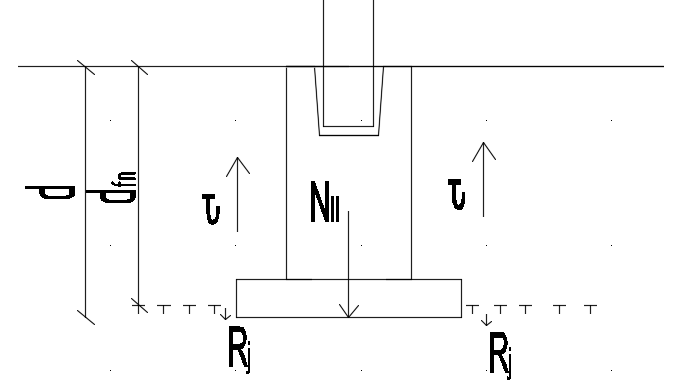


Рисунок 8 – схема для определения сил морозного пучения

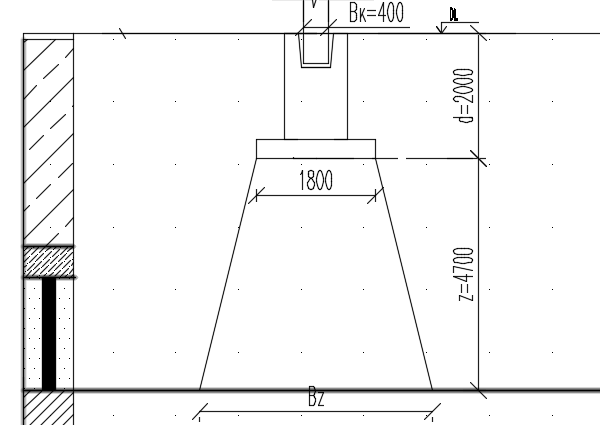
## 2.8. Проверка слабого подстилающего слоя

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 обеспечить условие:

σzp+σzq≤Rz(слаб.слоя)

где σzp,σzq – вертикальные напряжения в грунте на глубине z от подошвы фундамента соответственно от нагрузки на фундамент и от собственного веса грунта, т/м²;

Rz – расчетное сопротивление грунта пониженной прочности на глубине z, т/м².



где  **-** коэффициент рассеивания.

;

Допустимое напряжение

**Условие выполняется, грунт выдержит нагрузку.**

# 3. Вариант свайного фундамента. Забивные сваи

## 3.1 Расчетная схема

Для расчета выбираем фундамент № 1 в осях ”А”-”2” (как для первого варианта) - отдельно стоящий, под железобетонную колонну сечением 400х400 мм. Инженерно-геологические условия приведены на рисунке 8. Физико-механические характеристики грунтов соответствуют предыдущим.

Нагрузки при расчете принимаем по первому предельному состоянию прочности. Колонна нагружена вертикальной нагрузкой с расчетным значением на уровне обреза фундамента , горизонтальной нагрузкой с расчетным значением , и моментом с расчетным значением .

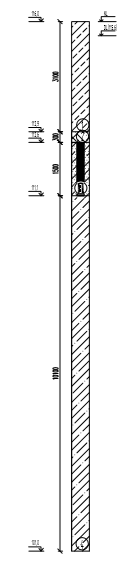


Рисунок 8 – Инженерно-геологические условия.

## 3.2 Выбор глубины заложения ростверка

При определении глубины заложения ростверка исходим из ИГУ и нормативной глубины сезонного промерзания равной dfn=2 м. Принимаем высоту ростверка 1,3 м.

## 3.3 Выбор типа и размера свай

Рассматриваем сваи забивные железобетонные цельного сплошного квадратного сечения с продольной арматурой ГОСТ 19804.1-79. Марка бетона 200. Марка сваи С3,5-20. Длина сваи равна 3,5 м, поперечное сечение сваи 200х200 мм².

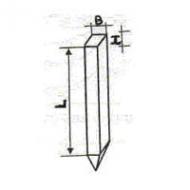


Рисунок 9 – Свая железобетонная.

## 3.4 Определение несущей способности одиночной сваи

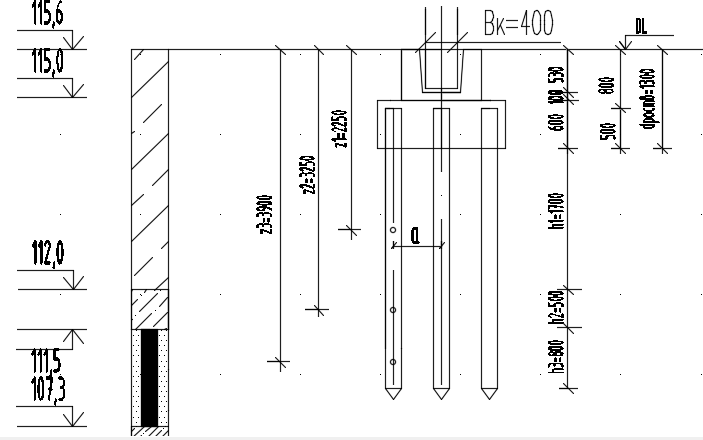


Рисунок 10 – Схема для определения несущей способности свай.

Для сваи трения несущую способность по грунту определяем по формуле:

где – коэффициент условий работы (=1);

*А* – площадь поперечного сечения сваи, ;

*-* расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи (табл. 1[3]);

*-* периметр сечения сваи, м;

*-* расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи (табл. 2[3]);

*-* толщина i-го слоя грунта, м;

Коэффициент условий работы сваи в грунте , коэффициент условий работы грунта под острием сваи , коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности для забивных свай принимаются равными 1.

Расчётная нагрузка, допускаемая на сваю:

где - коэффициент запаса, равный 1,4.

## 3.5 Определение количества свай в кусте

Число свай в фундаменте устанавливают исходя из допущений, что ростверк осуществляет равномерное распределение нагрузки на свайный куст. Расчёт ведут по первой группе предельных состояний. Ориентировочное число свай в кусте определяют по формуле:

шт

Минимальное количество свай в кусте 4 шт. Принимаем свайный куст из 6-ти свай.

## 3.6. Конструирование ростверка

Расстояние между осями висячих забивных и вдавливаемых свай должно быть не менее 3*d* (где *d* - диаметр круглого или сторона квадратного, или большая сторона прямоугольного поперечного сечения ствола сваи), а свай-стоек - не менее 1,5*d*.

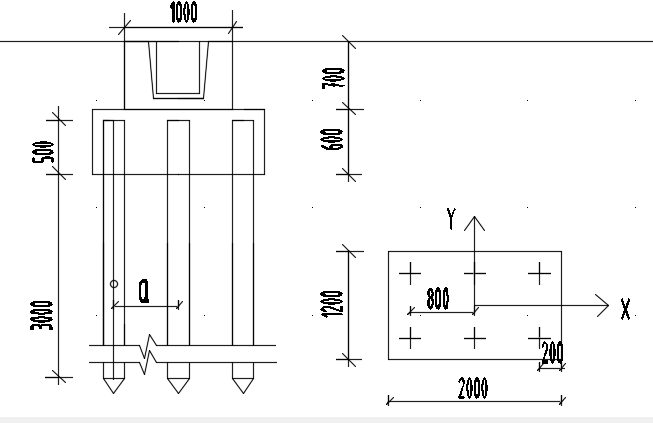


Рисунок 11 – Схема конструкции свайного фундамента.

При действии на свайный фундамент нормальной силы и изгибающего момента кусты свай проектируются таким образом, чтобы максимальная нагрузка на крайние сваи в кусте не превышала расчетной нагрузки, допускаемой на сваю:

где – нагрузка от надземных конструкций, веса ростверка и грунта на его ступенях

*y*- расстояние от главных осей до оси сваи, для которой определяется нагрузка;

- расстояние от главных осей до оси каждой сваи.

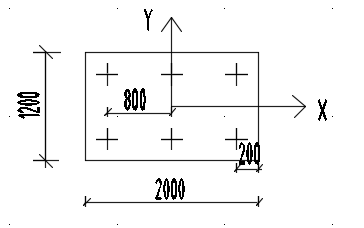


Рисунок 12 – Схема для нахождения нагрузок.

Вес ростверка: Vр=2·1,2·0,6+1·0,7·1=2,14 м3

Nр=Vр·γбет=2,14·2,4=5,136 т

Вес свай: VСВ = 0,04·3·6=0,72 м2

NСВ = Vсв·γбет =0,72·2,4=1,728 т.

Вес грунт: Vгр=V-Vр=2·1,3·1-2,14=0,46 м3

Nгр=Vгр·γгр=0,46·1,5=0,69 т

## 3.7. Учет внецентренного нагружения фундамента.

Нагрузку, приходящуюся на каждую сваю во внецентренно нагруженном фундаменте, определяем по формуле:

*N max,min= (NI+Nгр+Nр)/n ± (M1·y)/∑yi2 ;*

Рис.13. Схема внецентренного нагружения.

где n - число свай;

у - расстояние от главной оси фундамента до оси сваи, для которой определяется нагрузка;

*уi* - расстояние от оси фундамента до оси каждой сваи.

При этом должны выполняться условия:

Условия выполняются.

## 3.8 Расчёт осадки свайного фундамента

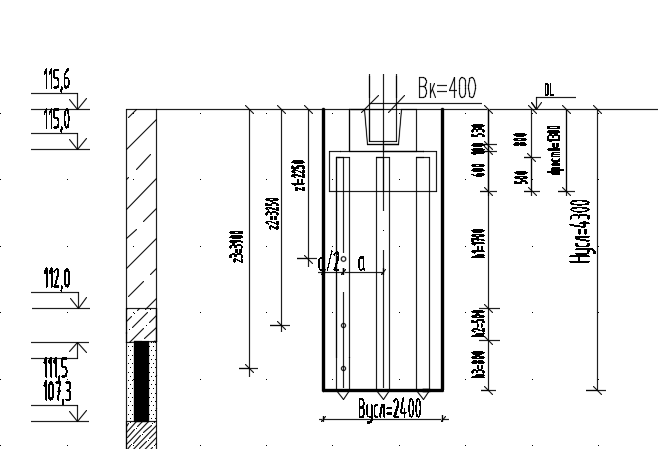


Рис. 14 – Схема для нахождения размеров условного фундамента

- расчётное значение углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоёв грунта толщиной соответственно

Условие выполняется.

Бытовое давление грунта на уровне подошвы условного фундамента:

Дополнительное вертикальное давление на уровне подошвы условного фундамента:

Грунтовую толщу разбиваем на слои высотой h = (0,20,4)⋅B, где

B = 2м – ширина фундамента.

Условие выполняется.

# 4 Технико-экономические показатели

## 4.1 Фундамент мелкого заложения

**4.1.1 Разработка траншеи**

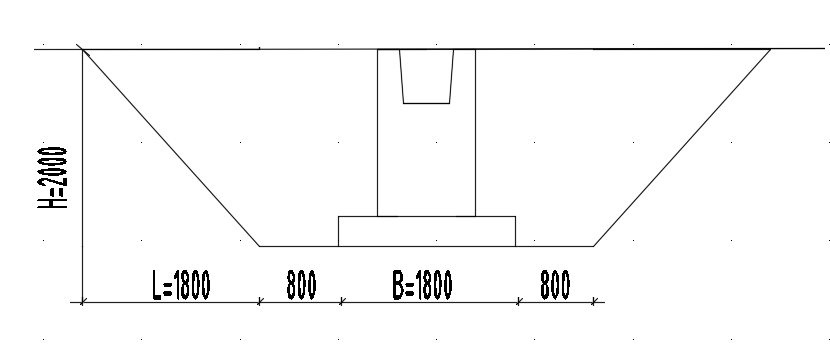


Рисунок 15 - Схема траншеи.

Объем грунта в котловане:

где - площадь котлована понизу;

- площадь котлована поверху;

- высота котлована.

=60,56303,27 руб.-стоимость разработки котлована под данный фундамент.

= 82,83 руб. -стоимость монолитных работ.

С= =386,10 руб.

## 4.2 Свайный фундамент

### 4.2.1 Разработка траншеи

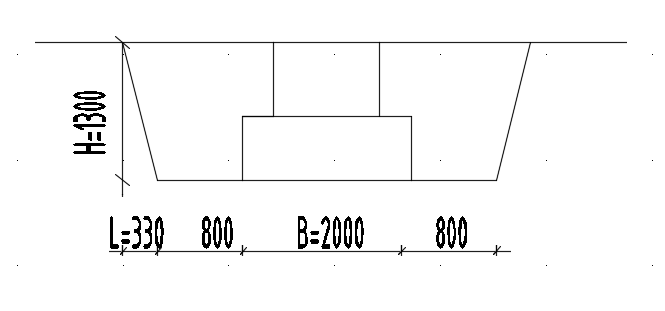
****

Рисунок 16 - Схема котлована.

Объем грунта в котловане:

где - площадь котлована понизу;

- площадь котлована поверху;

- высота котлована.

88,40340,52 руб.-стоимость разработки котлована под данный фундамент.

= 74,26 руб. -стоимость монолитных работ для свай.

= руб. -стоимость монолитных работ для ростверка.

С= =481,12 руб.

# 

# 5. Сравнение технико-экономических показателей различных видов фундаментов

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Показатель** | **ФМЗ** | **Свайный фундамент** |
| **Стоимость** | 386,10 руб. | 481,12 руб. |

Таким образом, возведение фундамента мелкого заложения более экономично. Принимаем его за основной вариант для данного здания.

# 6 Проектирование остальных фундаментов

## 6.1 Проектирование фундамента №2

Для расчета выбираем фундамент № 2 в осях ”Г”-”4” - отдельно стоящий, под железобетонную колонну 400х400 *мм*. Инженерно-геологические условия приведены на рис.20. Физико-механические характеристики грунтов соответствуют пункту 1.1.2.

Колонна нагружена вертикальной нагрузкой с расчетным значением на уровне обреза фундамента , изгибающей нагрузкой с расчетным значением изгибающего момента .

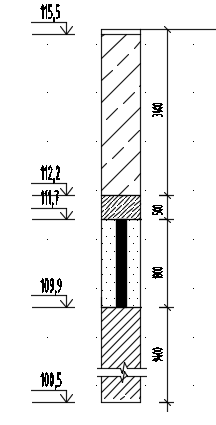


Рисунок 17 - Схема нагрузок на фундамент № 2

### 6.1.1. Определение глубины заложения фундамента.

При выборе глубины заложения фундамента следует руководствоваться рядом факторов, основными из которых являются:

* инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки;

*По инженерно- геологическим условиям слои №2 и №3 годятся в качестве основания.*

* климатические особенности;

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов *dfn*  рассчитывается по формуле:

где *d0* – величина, принимаемая в зависимости от вида грунта, для супеси *d0* =0,28;

*Mt* – безразмерный коэффициент, равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за холодный период года в данном районе.

Расчетная глубина сезонного промерзания определяется по формуле:

где – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения,

* конструктивные особенности возводимого фундамента;

***Принимаем глубину заложения фундамента d=2 м***

### 6.1.2. Определение размеров подошвы фундамента.

Проектирование по второму предельному состоянию сводится к определению размеров подошвы фундамента.

Размеры подошвы фундамента мелкого заложения следует выбрать исходя из условия:

Среднее давление по подошве фундамента:

где – нагрузка от надземных конструкций;

– вес конструкции фундамента;

– вес грунта на ступенях фундамента;

– размеры подошвы фундамента.

По методу М. В. Лалетина среднее давление по подошве фундамента под колонну представим в виде:

где – коэффициент пропорциональности сторон поперечного сечения колонны;

– средний удельный вес материала фундамента и грунта на его ступенях;

*B* – ширина подошвы фундамента, при построении графика *Р(в)* является переменной неизвестной величиной;

*–* глубина промерзания грунта, м;

*-* коэффициент, зависящий от

Расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента бесподвальной части сооружения (график *R(в)*) определяется по формуле:

где и – коэффициенты условий работы, определяются по табл. 3 [2].

*k* – коэффициент, принимаемый, равным единице;

– коэффициенты, принимаемые по таблице 4 [2], при ;

– коэффициент, принимаемый равным единице при *b <* 10 м;

*B* – ширина подошвы фундамента, при построении графика *R(в)* является переменной неизвестной величиной;

– усредненное, расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента с учетом взвешивающего действия воды, т/м3;

– усредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы, тс/м3;

– расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, т/м2;

*d* – глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки.

Принимаем В=1,9 м; L=1,9 м

***Размеры подошвы фундамента*: 1,9 х1,9м*.***

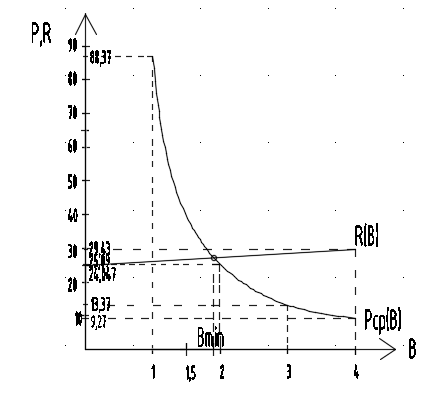


Рисунок 18 – Графическое определение ширины подошвы фундамента.

## 6.1.3. Конструирование фундамента

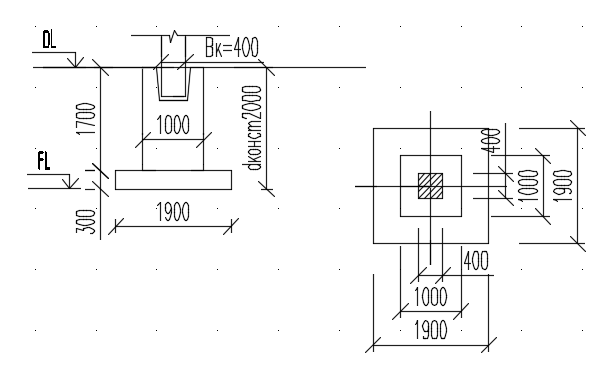


Рисунок 19 – Фундамент под железобетонную колонну

Должно выполняться условие:

Нагрузка от веса фундамента:

Нагрузка от веса грунта:

Фактическое среднее давление под подошвой фундамента:

Фактическое расчетное сопротивление грунта:

26,60 24,86

условие выполняется.

### 6.1.4. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования.

Осадка основания Sc использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства определяется методом послойного суммирования по формуле:

где: – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

– среднее значение дополнительного вертикального напряжения в *i*-м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней *zi-1* и нижней *zi* границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента;

и – соответственно толщина и модуль деформации *i*-го слоя грунта;

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

Суммирование производим до глубины, на которой выполняется условие:

Напряжения в грунте от его веса определяются по формуле:

где:

где:

Грунтовую толщу разбиваем на слои высотой h = (0,20,4)⋅B, где B = 1,9 м – ширина фундамента.

Условие выполняется.

*Полученная осадка меньше максимально допустимой.*

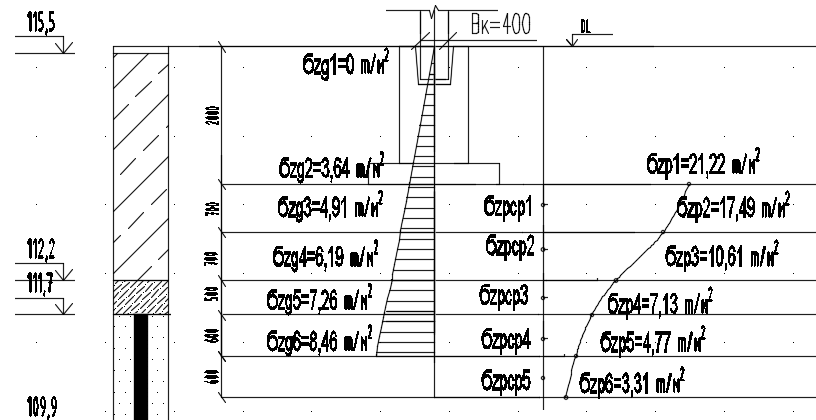


Рисунок 21 – Эпюры .