

УДК 624.15

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТОГО ВАРИАНТА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ**

***Викторова Ольга Леонидовна***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и архитектура».*

***Фатеев Денис Анатольевич***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*студент.*

### **Аннотация**

Выбор оптимального типа фундаментов для здания производится по результатам сравнения технико-экономических показателей нескольких вариантов. В конструктивных расчетах учитываются особенности надземной части здания, а так же инженерно-геологические условия площадки строительства. При проектировании жилого дома рассматривались два типа фундаментов: на естественном основании и свайный. Вариант фундамента из призматических свай позволил снизить стоимость работ нулевого цикла на 20 % по сравнению с вариантом на естественном основании.

**Ключевые слова:** грунтовое основание, фундаменты на естественном основании, свайные фундаменты, конструктивный расчет, оптимальное решение.

# JUSTIFICATION OF THE ADOPTED VERSION OF THE STRUCTURAL SOLUTION OF THE FOUNDATIONS

*Viktorova Olga Leonidovna*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Urban Construction and Architecture”.*

*Fateev Denis Anatoljevich*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,  
student.*

## **Abstract**

The choice of the optimal type of foundations for a building is made based on the results of comparing the technical and economic indicators of several options. The design calculations take into account the features of the aboveground part of the building, as well as the engineering and geological conditions of the construction site. When designing a residential building, two types of foundations were considered: on a natural foundation and a pile foundation. The prismatic pile foundation option reduced the cost of zero-cycle work by 20 % compared to the shallow foundation option.

**Keywords:** ground foundation, foundations on a natural foundation, pile foundations, structural calculation, optimal solution.

Здания проектируют и возводят на определенных грунтовых основаниях. В зависимости от геологических условий площадки строительства объекта по расчёту принимается определенный тип фундамента: мелкого заложения или свайный. Именно от правильного выбора, качества проектирования фундамента и возведения зависит долговечность здания, но важна и экономическая сторона вопроса. Неоправданное завышение массы фундамента приводит к удорожанию строительных работ, занижение же несущей способности

фундамента может привести к тяжелым последствиям. Поэтому важно найти компромиссное решение среди этих противоречивых требований.

У фундаментов мелкого заложения и свайных есть свои преимущества и недостатки. Так при применении ленточного фундамента на естественном основании есть возможность в обустройстве подвальных помещений и качественного утепления нижней части здания, исходя из конструктивной необходимости заглубления фундамента. Из недостатков можно отметить невозможность возведения на некоторых видах грунтов, достаточно большая осадка здания при эксплуатации объекта; высокая себестоимость и большие трудозатраты при производстве работ на всех этапах их устройства.

Свайные фундаменты можно устраивать практически на всех типах грунтов, исключение составляют каменистые и скальные грунты. Данные фундаменты имеют высокий уровень устойчивости и долговечности, быстрые сроки возведения опорной конструкции. Отмечается низкая их себестоимость, чем у конструкции на естественном основании благодаря минимальному объему земляных и бетонных работ, сокращению сроков возведения фундаментов.

Выбор оптимального типа фундаментов для здания производится по результатам сравнения технико-экономических показателей нескольких вариантов. В расчетах учитываются особенности надземной части здания, а так же инженерно-геологические условия площадки строительства.

В качестве примера рассмотрен девятиэтажный односекционный жилой дом размерами в плане  $20,6 \times 29,4$  м. Здание кирпичное с конструктивной схемой в виде продольных и поперечных несущих стен, в здании предусматривается подвал со стенами из фундаментных блоков.

Сбор вертикальных нагрузок от надземной части на фундамент проводился для четырех характерных участков: торцевые стены, а так же стены средних осей в разных направлениях, схема представлена на рисунке 1. Для каждого участка были определены грузовые площади и введены обозначения A1, A2, A3, A4.

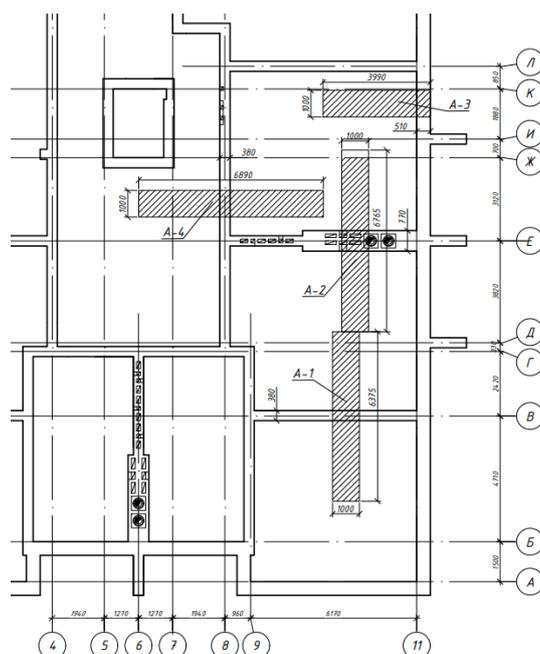


Рисунок 1 - План-схема этажа с выделенными грузовыми площадями характерных участков для сбора нагрузок

При расчете конструкций и грунтового основания по несущей способности определялись расчетные нагрузки  $N_I$ , с учетом соответствующих коэффициентов перегрузки согласно нормативных требований [1]. Нагрузки  $N_{II}$  для расчета конструкций и основания по деформациям принимались с коэффициентом перегрузки равным единице. Результат сбора нагрузок с учетом всех постоянных, длительных, полезной, а так же снеговой представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результат сбора нагрузок

Участок	$N_{II}$	$N_I$
	кН/м.п.	
A1	372	423
A2	464	523
A3	419	471
A4	502	575

Площадка строительства проектируемого жилого здания находится в г. Тамбове. Инженерно – геологический разрез представлен следующим напластованием грунтов:

ИГЭ – 1 почвенно-растительный слой мощностью 0,8 м;

ИГЭ – 2 глина тугопластичная – 3,5 м;

ИГЭ – 3 суглинок полутвердый – 6,0 м;

ИГЭ – 4 песок крупный – 10,0 м.

Анализ инженерно-геологических условий площадки строительства и конструктивных особенностей здания позволяют рассмотреть следующие виды фундаментов:

- ленточные фундаменты на естественном основании;
- свайный фундамент в виде призматических свай  $30 \times 30$  см с устройством ленточного ростверка под стены здания.

Основанием фундаментов на естественном основании служит слой ИГЭ – 2 глина тугопластичная со значительными прочностными и деформативными характеристиками.

Наличие подвала позволяет «пройти» глубину промерзания равную и расположить подошву фундамента на отметке минус 3,94 м, расчетная схема к подбору фундамента на естественном основании представлена на рисунке 2.

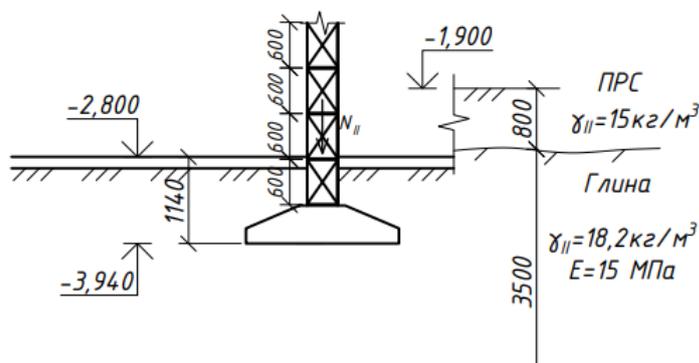


Рисунок 2 - Расчётная схема к подбору размеров фундаментов на естественном основании

Ширина подошвы фундамента подбиралась из условия, что давление под подошвой меньше расчетного сопротивления грунта:

$$P = \frac{N_{II} + Q_{\text{ф.гр.}}}{A} \leq R,$$

где  $N_{II}$  – нагрузка на фундамент, кН/м.п.;

$Q_{\text{ф.гр.}}$  – вес фундамента и грунта на обрезах фундамента, кН/м.п.

$$Q_{\text{ф.гр.}} = h_I \cdot AA \cdot \gamma_b,$$

$h_I$  – толщина слоя грунта,  $h_I = 1,14$  м;

$\gamma_b$  – осредненный удельный вес железобетона и грунта на обрезах фундамента,  $\gamma_b = 20$  кН/м<sup>3</sup>;

$A$  – площадь подошвы фундамента, в рассматриваемом случае  $A = b \cdot 1$  м.п.;

$R$  – расчетное сопротивление грунта для зданий с подвалом определяемое по формуле 5.7 [2].

На примере самого нагруженного фундамента участка А4 было определено давление под подошвой фундамента и расчетное сопротивление грунта. При ширине подошвы фундамента  $b = 3,2$  м и с учетом характеристик грунта расчетное сопротивление грунта составило:

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,0} \cdot (0,29 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 18,2 + 2,17 \cdot 1,14 \cdot 18 + (2,17 - 1) \cdot 0,9 \cdot 18 + 69 \cdot 15) = 190,6 \text{ кПа};$$

Вес фундамента и грунта на обрезах фундамента:

$$Q_{\text{ф.гр.}} = 1,14 \cdot 3,2 \cdot 20 = 73,0 \text{ кН/м.п.}$$

Тогда давление под подошвой фундамента составило:

$$P = (502 + 73)/3,2 = 180 \text{ кПа} < R = 190,6 \text{ кПа.}$$

Условие подбора размера подошвы фундамента выполнено, что позволило рассчитать фундамент по деформациям в линейной постановке.

Осадка определялась с использованием расчетной схемы грунтового основания в виде линейно-деформируемого полупространства, расчетная схема представлена на рисунке 3.

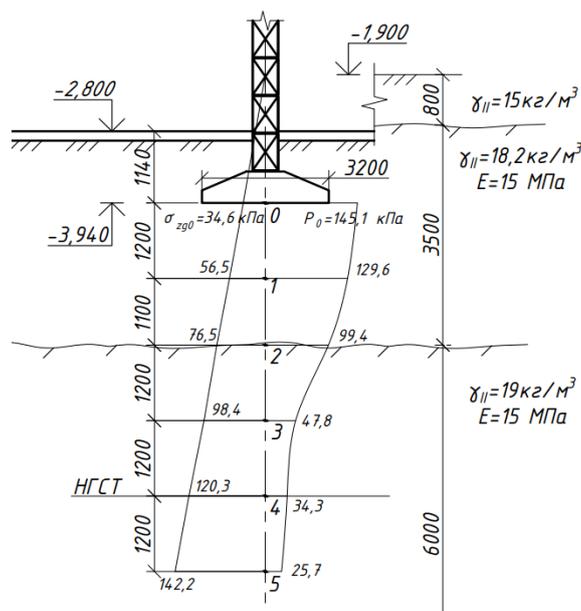


Рисунок 3 - Расчетная схема осадки ленточного фундамента

В пределах сжимаемой толщи, осадка определялась методом послойного суммирования и составила  $S = 2,3$  м, что значительно меньше расчетно-допустимого значения осадки для зданий бескаркасных с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования  $S_u = 12$  см.

Для участка А1 приняты фундаментные плиты шириной 2,4 м типоразмера и маркировки ФЛ24.30-1; для участков А2 и А3 – шириной 2,8 м и маркировки ФЛ28.24-1; для участка А4 – шириной 3,2 м и маркировки ФЛ32.12-1.

Выбор длины сваи производился на основе анализа свойств грунтов основания и характера напластования слоев. В качестве несущего выбран слой ИГЭ – 3 суглинок полутвердый с показателем текучести  $I_L = 0,24$ . Приняты призматические сваи С8 – 30 сечением  $30 \times 30$  см длиной 8 м, расчетная схема сваи представлена на рисунке 4. Устройство свай проводится забивкой дизель-молотом.

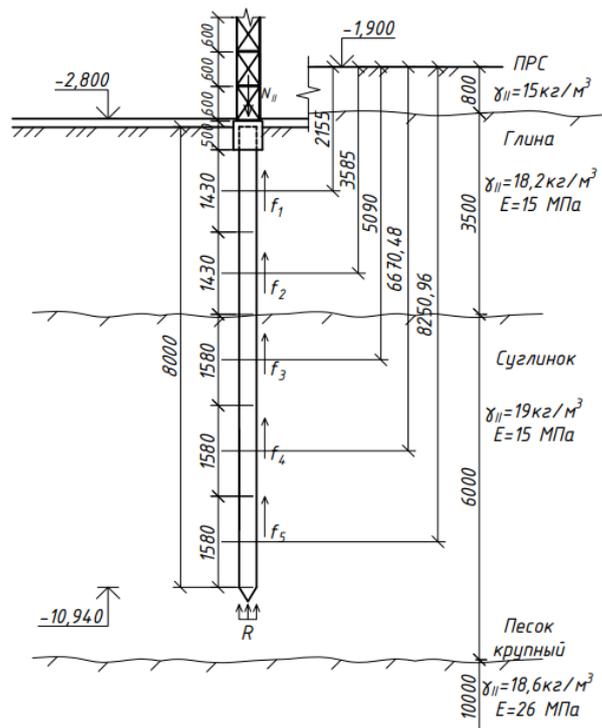


Рисунок 4 - Расчётная схема сваи

При определении несущей способности сваи учитывается расчетное сопротивление грунта под острием  $R = 4067$  кПа и вдоль боковой поверхности  $f_i$  по таблицам 7.15- 7.17 [3].

Несущая способность висячих и вдавливаемых свай определялась по формуле 7.8[3] и составила:

$$F_d = \gamma_c(RA\gamma_{CR} + U\sum f_i h_i \gamma_{cf}) = 750,2 \text{ кН.}$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

$\gamma_{CR}$ ,  $\gamma_{cf}$  – коэффициенты условий работы сваи под остриём и вдоль боковой поверхности сваи с учётом влияния способа погружения сваи,  $\gamma_{CR} = \gamma_{cf} = 1$ .

$A$  – площадь опирания сваи на грунт,  $0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$ ;

$U$  – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи,  $0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ м}^2$ ;

$h_i$  – толщина  $i$ -ого слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью, м.

При определении несущей способности сваи по формуле 7.2 [3] расчётно-допускаемая нагрузка на сваю составила:

$$N_{рд} = F_d / \gamma_n = 750,2 / (1 \cdot 1,4) = 535,8 \text{ кН.}$$

Под стены здания сваи расставляются в ряд с шагом в пределах  $3d < C < 6d$  и объединяются ростверком высотой  $h_{р-ка} = 0,5$  м, шириной  $b_{р-ка} = 0,5$  м. Вес ростверка  $Q_{р-ка} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 25 = 6,25$  кН/м.п.

Тогда шаг свай составил:  $C \geq N_{рд} / (N_I + Q_{р-ка}) = 535,8 / (575,0 + 6,25) = 0,9$  м.

Согласно рассчитанных нагрузок от стен можно варьировать шаг свай от 0,9 до 1,2 м в зависимости от участка здания. Общее количество свай под здание составило 250 шт.

### **Выводы**

Конструктивный расчет двух вариантов фундаментов позволил подобрать размеры ленточных фундаментов, глубину их заложения, длину и количество призматических свай. Таким образом, можно оценить сметную стоимость возведения ленточного и свайного фундаментов, т.е. экономическую составляющую конструктивного решения.

При укрупненном расчете сметной стоимости устройства сборного фундамента на естественном основании учитывались земляные работы по отрыву котлована с обратной засыпкой от пола подвала до подошвы фундамента, монтаж фундаментных блоков и фундаментных плит, включая стоимость строительных материалов. Сметная стоимость варианта составила 4 400,0 тыс. руб.

При определении стоимости варианта из свайных фундаментов учитываются земляные работы по отрыву котлована с обратной засыпкой от пола подвала до низа ростверков, забивка свай дизель-молотом, устройство монолитного ростверка и монтаж фундаментных блоков, включая стоимость строительных материалов. Сметная стоимость составила 3 600,0 тыс. руб.

Разработка второго варианта фундамента из призматических свай позволяет снизить стоимость работ нулевого цикла на 20 % по сравнению с вариантом фундаментов мелкого заложения.

**Библиографический список:**

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. М.: ОАО ЦПП, 2016.

2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. М.: ОАО ЦПП, 2017.

3. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М.: ОАО ЦПП, 2011.