

# Научно-техническая экспертиза: возможность надстройки нежилого помещения подстанции

## Scientific and technical expertise: the possibility of superstructure of a non-residential substation

**Хрянина О.В.**

канд. техн. наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство»  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и  
строительства  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

**Hryanina O.V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department "Geotechnics and road construction", Penza State University of Architecture and Construction  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

### Аннотация

Проведено натурное визуальное обследование фактического технического состояния несущих и ограждающих конструкций нежилого двухэтажного здания. Анализируются результаты лабораторных исследований по определению физико-механических характеристик грунтов основания на образцах, отобранных из шурфа под подошвой фундаментов здания. Выполнено определение прочностных характеристик грунта на приборе одноплоскостного сдвига. Приводятся результаты поверочных расчетов несущей способности грунтов основания. Формулируются выводы и рекомендации.

**Ключевые слова:** обследование, техническое состояние, несущие и ограждающие конструкции, надстройка, лабораторные исследования, физико-механические характеристики грунтов, несущая способность, фундамент.

### Abstract

Urgent problems of ensuring national economic interests of the country in system of world economic communications are considered. Taking into account movement of world economy to the world economic crisis of the 2020th years caused by big cycles of economic activity current trends of development of world economic communications are determined. The prospects of development of world economic communications in modern conditions taking into account dynamics of direct foreign investments are determined.

**Keywords:** world economic communications, tendencies, prospects, development, direct foreign investments.

Опыт реконструкции жилых, общественных и промышленных зданий в различных городах страны (Москве, Санкт-Петербурге, Тольятти, Рязани, Самаре, Пензе и т.д.) показал, что повышение нагрузок при надстройке зданий возможно без усиления фундаментов и дополнительного упрочнения грунтов основания, если использовать резервы несущей способности грунтов [1].

За время эксплуатации сооружения грунты основания под действием нагрузки уплотняются и приобретают более высокие прочностные характеристики и более низкие деформативные.

Для зданий, эксплуатируемых в различных грунтовых условиях 3-8 лет и не имеющих недопустимых деформаций, расчетное сопротивление грунта основания может быть повышено в 1,05–1,50 раза [2].

**Цель работы:** обследование технического состояния нежилого помещения, расположенного на северной окраине г. Пензы, принадлежащего подстанции Пенза – 1 «Пензенских электрических сетей» и выдача научно-технического заключения о возможности надстройки его еще на этаж с использованием облегченных конструктивных элементов.

Здание, которое планируется надстроить, расположено на территории подстанции Пенза –1 «Пензенских электрических сетей» на северной окраине г. Пензы. Площадка строительства находится на водораздельном склоне, обращенном в сторону долины р. Сура. Рельеф площадки спокойный с уклоном в северо-восточном направлении [3].

Инженерно-геологические условия площадки строительства представлены следующими напластованиями грунтов:

- почвенно-растительный слой – 0,5–1,0 м;
- глина серо-зелено-желтоватобурая, слабоизвестковистая, с вкраплениями погребенной почвы, полутвердая ожелезненная карбонатная – вскрытой мощностью до 9,5 м.

Здание лабораторного корпуса представляет собой прямоугольное здание размером в плане по наружному отводу 12,8x13,0 м. Здание двухэтажное бесподвальное в кирпичном исполнении с несущими продольными стенами из кирпича глиняного обыкновенного. Наружные стены имеют толщину 550–560 мм, внутренние – 380 мм.

Фундаменты – ленточные сборные из фундаментных подушек и стеновых блоков. По обмерам из шурфа ширина подошвы фундамента под внутреннюю стену 1,4 м, под наружную – 1,0 м. Глубина заложения подошвы 1,2 м. Общее состояние фундаментов и стен удовлетворительное.

Перекрытия из сборных пустотных плит. Крыша – плоская, совмещенная с мягкой кровлей. Каких-либо существенных деформаций, разрушений, препятствующих нормальной эксплуатации здания не зафиксировано.

### **Определение физико-механических характеристик грунтов**

Физико-механические характеристики грунтов основания определялись в лаборатории механики грунтов Пензенского государственного университета архитектуры и строительства на образцах грунта нарушенной структуры, отобранных с площадки строительства. Определялись основные характеристики, необходимые для расчета фундаментов. Все испытания проводились в соответствии с нормативными документами.

*Природная влажность  $\omega$ .* Влажность грунта природная определялась в соответствии с ГОСТ 5180-2015 весовым методом путем высушивания образцов грунта в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С. Всего испытано 5 образцов грунта. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Определение природной влажности грунта**

Номер бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с влажным грунтом, г	Масса бюкса с сухим грунтом, г	Природная влажность, %	Среднее значение
110	21,6	71,2	60,2	28,5	28,6
145	21,9	73,3	61,8	28,8	
287	23,2	73,4	62,3	28,5	
351	23,3	78,3	66,0	28,8	
368	23,4	70,8	60,5	27,8	

Нормальное значение природной влажности 28,6%.

*Природная плотность  $\rho$* . Плотность грунта природная определялась методом режущего кольца в соответствии с ГОСТ 5180-2015. Всего было испытано пять образцов грунта. Результаты испытания представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Определение плотности грунта в ненарушенном состоянии**

Номер кольца	Масса пустого кольца, г	Объем кольца, см <sup>3</sup>	Масса кольца с грунтом, г	Природная плотность, г/см <sup>3</sup>	Среднее значение
4	42,6	50,0	137,9	1,91	1,90
7	42,7		137,0	1,89	
11	42,3		136,9	1,89	
16	43,6		140,0	1,93	
8	42,6		137,0	1,89	

Нормальное значение природной плотности 1,90 г/см<sup>3</sup>.

*Плотность минеральных частиц  $\rho_s$* . Плотность минеральных частиц грунта для отдельных разновидностей грунтов меняется в небольших пределах, нами не определялась, а взята по результатам наших испытаний подобных грунтов и по литературным данным, равным 2,73 г/см<sup>3</sup>.

*Коэффициент пористости  $e$* . Коэффициент пористости рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \left( 1 + \frac{W}{100} \right) - 1, \quad (1)$$

где:  $e$  – коэффициент пористости,  
 $\rho_s$  – плотность минеральных частиц,  
 $\rho$  – плотность природная,  
 $W$  – влажность природная.

$$e = \frac{2,73}{1,90} \left( 1 + \frac{28,6}{100} \right) - 1 = 0,85$$

*Пористость грунта  $n$* . Пористость грунта рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $n$  – пористость грунта,  
 $e$  – коэффициент пористости.

$$n = \frac{0,85}{1 + 0,85} \cdot 100\% = 45,9\% .$$

Степень влажности грунта  $S_R$ . Степень влажности грунта (доля заполнения пор грунта водой) определялась по формуле:

$$S_R = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w \cdot 100}, \quad (3)$$

где  $S_R$  – степень влажности грунта,  
 $\rho_s$  – плотность минеральных частиц,  
 $W$  – природная влажность,  
 $e$  – коэффициент пористости,  
 $\rho_w$  – плотность воды, равная 1,0 г/см<sup>3</sup>.

$$S_R = \frac{2,73 \cdot 28,6}{0,85 \cdot 1,0 \cdot 100} = 0,92$$

По ГОСТ 25100-2011 – грунт водонасыщенный.

### Определение прочностных характеристик грунта

Прочностные характеристики грунта определялись в соответствии с ГОСТ 12248-2010 путем испытания образцов грунта на срез (сдвиг) в сдвиговом приборе. Всего было испытано восемь образцов грунта.

Результаты испытаний следующие:

Таблица 3

Вертикальное (уплотняющее)		Горизонтальное (сдвигающее)	
давление	$\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>	давление	$\tau$ кг/см <sup>2</sup>
	0,50		0,80
	1,00		0,85
	1,50		0,95
	2,00		1,05
	1,00		0,85
	0,50		0,80
	2,00		1,05
	1,50		0,95

Количество испытанных образцов достаточно для статистической обработки результатов методом наименьших квадратов. По этому методу в соответствии с ГОСТ 20522-2012 прочностные характеристики определены по формулам:

$$tg\varphi = \frac{n \sum \sigma \tau - \sum \sigma \cdot \sum \tau}{n \sum \sigma^2 - (\sum \sigma)^2} \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{n} (\sum \tau - \sum \sigma \cdot tg\varphi) \quad (5),$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта,  
 $C$  – удельное сцепление,  
 $n$  – число определений.

Имеем:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{8 \cdot 9,55 - 10,0 \cdot 7,3}{8 \cdot 15,0 - 100,0} = \frac{76,4 - 73,0}{120 - 100} = \frac{3,4}{20} = 0,170$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} 0,170 \approx 10^\circ$$

$$C = \frac{1}{8}(7,3 - 10 \cdot 0,170) = \frac{7,3 - 1,7}{8} = 0,70 \text{ кг/см}^2$$

В соответствии с СП 22.13330.2016 для дальнейших расчетов принимаем:

– угол внутреннего трения  $\varphi = \frac{10^\circ}{1,1} = 9^\circ$ ;

– удельное сцепление  $C = \frac{0,70}{1,5} = 0,467 \text{ кг/см}^2$ ;

$$C = 0,467 \text{ кг/см}^2 = 46,7 \text{ кПа}.$$

### Расчет фундаментов

Расчет фундаментов заключается в подборе размеров подошвы из условия проверки напряжений под подошвой [4]. В соответствии с СП 22.13330.2011 среднее давление под подошвой фундамента от нормативных нагрузок не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания, то есть должно выполняться условие:

$$p = \frac{N_{II}}{A_\phi} \leq R \quad (6),$$

где  $p$  – среднее давление под подошвой фундамента;  
 $N_{II}$  – полная нормативная нагрузка на фундамента;  
 $A_\phi$  – площадь подошвы фундамента;  
 $R$  – расчетное сопротивление грунта основания.

#### Определение расчетного сопротивления грунта основания

Расчетное сопротивление грунта основания определялось по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{C1} \cdot \gamma_{C2}}{K} \left[ M_\gamma K_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II} \right] \quad (7),$$

где

$\gamma_{C1}$  – коэффициент условий работы грунтов основания;

$\gamma_{C2}$  – коэффициент условий работы сооружения совместно с основанием;

$K$  – коэффициент надежности определения физико-механических характеристик грунтов основания;

$M_\gamma, M_q, M_c$  – коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения грунта несущего слоя;

$K_z$  – коэффициент, зависящий от ширины подошвы фундамента;

$b$  – ширина подошвы фундамента;

$\gamma_{II}$  – среднее значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента;

$\gamma'_{II}$  – то же, залегающих выше подошвы фундамента;

$d_1$  – глубина заложения подошвы фундамента;

$d_b$  – глубина подвала;

$C_{II}$  – удельное сцепление грунта.

В нашем случае имеем:

$\gamma_{c1} = 1,2$ ,  $\gamma_{c2} = 1,07$ ,  $K = 1$ , для  $\varphi = 9^\circ$ ,  $M_\gamma = 0,16$ ,  $M_q = 1,64$ ,  $M_c = 4,05$ ,  
 $K_z = 1,0$ ,  $b = 1,4$  м,  $\gamma_{II} = 1,90 \cdot 9,81 = 18,6$  кН/м<sup>3</sup>,  $d_1 = 1,2$  м,  $\gamma'_{II} = 14,0$  кН/м<sup>3</sup>,  
 $d_b = 0$ ,  $C = 46,7$  кПа.

Расчетное сопротивление грунта равно:

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,07}{1,0} (0,16 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 18,6 + 1,64 \cdot 1,2 \cdot 14,0 + 0 + 4,05 \cdot 46,7) =$$

$$= 1,284(4,17 + 27,55 + 0 + 189,14) = 1,284 \cdot 220,86 = 283,6 \text{ кПа}$$

$$R = 283,6 \text{ кПа} = 28,36 \text{ т/м}^2 = 2,836 \text{ кг/см}^2.$$

Подбор размеров подошвы фундамента, проверка напряжений под подошвой производится на действие нормативных нагрузок в табличной форме (табл. 4).

Таблица 4

**Сбор нагрузок**

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка кг/ м <sup>2</sup>
<i>Постоянные</i>		
1	Гидростатический ковер	20,0
2	Стяжка из цементного раствора 50 мм, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$	90,0
3	Утеплитель: керамзит 200 мм, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ ,	260,0
4	пенобетон 120 мм, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$	
	Пароизоляция	5,0
	Плита покрытия	300,0
	Перегородки 2x100,0	200,0
	Полы – керамогранит по подготовке 2x70,0	140,0
	Плиты перекрытия 2x300,0	600,0
<i>Временные</i>		
	Снеговая	126,0
	На покрытие	75,0
	Полезная по СНиП 200,0x2	400,0
<b>ИТОГО</b>		<b>2216,0</b>

Проверим напряжения под наиболее нагруженной внутренней несущей стеной.

Собственный вес стены равен:

$$Q_{cm} = (0,38 + 0,02) \times 1,0 \times 6,3 \times 1800 = 4536,0 \text{ кг/ м}$$

Собственный вес фундамента:

$$Q_\phi = 1,4 \times 1,0 \times 1,2 \times 2000 = 3360,0 \text{ кг/ м}$$

Грузовая площадь для сбора нагрузок равна:

$$A_{ст} = \frac{(6,195 - 0,360) + (6,195 - 0,360)}{2} \times 1,0 = 5,84 \text{ м}^2$$

Полная нормативная нагрузка на 1 погонный метр длины ленточного фундамента составит:

$$N_{II} = 2216,0 \times 5,84 + 4536,0 + 3360,0 = 12941,0 + 4536,0 + 3360,0 = 20840,0 \text{ кг/м} = 20,84 \text{ т/м} = 208,4 \text{ кН/м.}$$

Среднее давление под подошвой фундамента равно:

$$p = \frac{N_{II}}{A} = \frac{208,4}{1,4 \times 1,0} = 148,9 \text{ кПа} < R = 283,6 \text{ кПа.}$$

Требования норм проектирования естественных оснований СП 22.13330.2011 выполняются с запасом.

### *Проверка напряжений с учетом надстройки здания на этаж*

При надстройке здания часть нагрузки будет снята, а именно:

– гидроизоляционный ковер	– 20,0 кг/ м <sup>2</sup>
– стяжка 20 мм	– 90,0 кг/ м <sup>2</sup>
– утеплитель – керамзит и пенобетон	– 260,0 кг/ м <sup>2</sup>
– пароизоляция	– 5,0 кг/ м <sup>2</sup>
<b>ИТОГО</b>	<b>375,0 кг/ м<sup>2</sup></b>

При надстройке здания нагрузки возрастут и из значения составят:

- кровля - металлочерепица	7,0	кг/ м <sup>2</sup>
- обрешетка, контрбрус 40х60 мм	15,0	кг/ м <sup>2</sup>
- пароизоляция - пленка «Ютафол»	3,3	кг/ м <sup>2</sup>
- разреженная обшивка из досок	15,0	кг/ м <sup>2</sup>
- металлический каркас фермы	36,0	кг/ м <sup>2</sup>
- утеплитель URSA 200 мм	5,0	кг/ м <sup>2</sup>
- пароизоляция пленка	3,3	кг/ м <sup>2</sup>
- сплошной настил из досок 30 мм	21,0	кг/ м <sup>2</sup>
- обрешетка из брус 40 х 60 мм	15,0	кг/ м <sup>2</sup>
- 2 слоя гипсокартона	25,0	кг/ м <sup>2</sup>
- перегородки	100,0	кг/ м <sup>2</sup>
- Полы – линолеум по деревянному настилу с металлической балочной клеткой	52,0	кг/ м <sup>2</sup>
- Полезная нагрузка по СНиП	200,0	кг/ м <sup>2</sup>
<b>Итого</b>	<b>498,0</b>	<b>кг/ м<sup>2</sup></b>

Кроме того добавляется:

– собственный вес стены 1 погонного метра на высоту 3,3 м по составу:

- облицовка из металлочерепицы:  
8,0х3,3=26,4 кг/м
- обрешетка, контрбрус 40х60 мм:  
15,0х1,0х3,3=49,5 кг/м
- высокополимерная пленка Ютафол:  
3,3х1,0х3,3=10,9 кг/м
- разреженная обшивка из досок:  
15,0х1,0х3,3=49,5 кг/м
- металлический каркас стены:

	21,0x1,0x3,3=69,3 кг/м
– обшивка из досок 30 мм:	25,0x1,0x3,3=82,5 кг/м
– утеплитель URSA 150 мм:	3,3x1,0x3,3=10,9 кг/м
– обшивка из досок 30 мм:	25,0x1,0x3,3=82,5 кг/м
– 2 слоя гипсокартона:	12,5x1,0x2x3,3=82,5 кг/м
Итого вес стены	464,0 кг/м.

Полная нормативная нагрузка на 1 погонный метр внутренней несущей стены с учетом надстройки здания на этаж составит:

$$N_{II}^I = (2216,0 - 375,0 + 498,0) \cdot 5,84 + 4836,0 + 3360,0 = 2339,0 \cdot 5,84 + 4836,0 + 3360,0 = 21856,0 \text{ кг/м} = 218,6 \text{ кН/м.}$$

Среднее давление под подошвой фундамента внутренней несущей стены с учетом надстройки составит:

$$p = \frac{N_{II}^I}{A} = \frac{218,6}{1,4 \times 1,0} = 156,1 \text{ кН/м}^2 = 156,1 \text{ кПа,}$$

$$p = 156,1 \text{ кПа} \ll R = 283,6 \text{ кПа.}$$

Требования норм проектирования естественных оснований СП 22.13330.2011 и после надстройки здания выполняются с запасом.

### Основные выводы и рекомендации:

1. Натурные визуальные обследования фактического технического состояния несущих и ограждающих конструкций здания не выявили каких-либо недопустимых разрушений и деформаций, нарушающих нормальную эксплуатацию здания. Все конструкции находятся в удовлетворительном состоянии.
2. Выполненные расчеты несущей способности грунтов основания по физико-механическим характеристикам, определенным по результатам лабораторных испытаний образцов, отобранных из шурфа, отрытого возле подошвы фундаментов, подтвердили достаточно высокую прочность грунтов основания. Расчетное сопротивление грунта несущего слоя составит 286,3 кПа.
3. Проверка напряжений под подошвой наиболее нагруженного фундамента внутренней стены с учетом надстройки здания еще на этаж показала, что в этом случае требования норм проектирования фундаментов выполняются с запасом.
4. Учитывая все вышеизложенное считаем, что здание лабораторного корпуса по ул. Аустрина в г. Пензе может быть надстроено еще на один этаж без усиления существующих фундаментов.
5. Для обеспечения равномерной передачи давления от надстраиваемого этажа на существующие несущие стены необходимо по всем несущим стенам, продольным и поперечным устроить непрерывный монолитный железобетонный пояс высотой не менее 200 мм, шириной не менее 250 мм с армированием по 4 стержня арматурой класса А III в верхней и нижней зонах пояса диаметром 12 мм.



6. По завершении строительства вокруг здания необходимо для отвода поверхностных вод устроить отмостку шириной 1,0 м с уклоном от здания не менее 3,0%.

### **Литература**

1. *Чичкин А.Ф., Хрянина О.В.* Реконструкция сооружения посредством перепланировки и надстройки //Моделирование и механика конструкций. 2016. №3. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.18/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.18/at_download/file).

2. *Коновалов П.А.* Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М., 2004.

3. *Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Ахрамеев А.В.* Инженерно-геологические особенности глинистых грунтов территории Сурской оросительно-обводнительной системы//Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва. – 2014. – С. 51–53. ISBN 978-5-9282-1217-9.

4. *Чичкин А.Ф., Кузнецов А.Н., Хрянина О.В.* Расчет оснований и проектирование фундаментов. Учебное пособие: Пенза, ПГУАС, 2012.