



АПСЕМЕТОВ М.Ч., КУРБАНБАЕВ А.Б. , АЙДАРАЛИЕВ А.Е.,
АБДЫМАНАПОВ Т.Н., АМИРБЕК УУЛУ М

¹КГУСТА им. Н. Исанова Бишкек, Кыргызская Республика

APSEMETOV M.CH., KURBANBAEV A.B. , AIDARALIEV A.E.,
ABDUMANAPOV T.N., AMIRBEK UULU M

KSUCTA n. a. N. Isanov Bishkek, Kyrgyz Republic
(muhtar.ap@mail.ru, aidalt@mail.ru, tilek_kalybekov@mail.ru)

РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТА НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

CALCULATION OF FOUNDATION BASES IN PERMAFROST SOILS

Бул макалада түбөлүк тонгок жерлердеги курулманын пайдубалынын чөгүүсүнүн эсептери каралган.

Өзөк сөздөр: жүк, пайдубал, жүктөө, чөгүү.

В данной статье рассматриваются расчет основания фундаментов на вечномёрзлых грунтах.

Ключевые слова: нагрузка, фундамент, основание, загрузки, осадка.

This article discusses the calculation of the Foundation base in permafrost soils..

Key words: load, Foundation, base, loading, draft.

На территориях земного шара, где среднегодовая температура воздуха ниже нуля, грунты замёрзшие зимой не успевают оттаиваться летом. В таких территориях существует круглогодичные мерзлые грунты. Проектирование и строительство зданий и сооружений на таких территориях ведется с учетом мерзлости основания. В Кыргызской Республике на высокогорных участках существует вечномёрзлые грунты.

В работе рассматривается расчет осадок оснований фундаментов на вечномёрзлых грунтах.

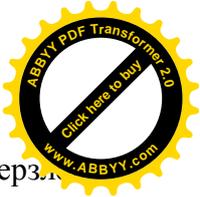
Целью расчета является определение несущей способности оснований, обеспечение прочности и устойчивости фундаментов на сдвиг по подошве и опрокидывание, ограничить абсолютные и относительные перемещения фундаментов предельными величинами, гарантирующими нормальную эксплуатацию сооружения.

Рассматриваемое сооружение представляет собой бункер вместимостью 300т для хранения селитры на металлических стойках, опирающиеся на фундаменты, основанием, которого являются вечномёрзлые грунты. Сооружение расположено в золоторудном комбинате высокогорных районах Иссык-Кульской области.

Исходными данными для расчета оснований являются результаты инженерно-геологических изысканий площадки строительства данного сооружения, которые проведены специалистами ОАО « Кыргыз ГИИЗ» от 2014г. в июне месяца.

Инженерно-геологические изыскания проводились по СНиП КР 11-01-98 «Инженерные изыскания под различные виды строительство» и СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах»[1,2].

В настоящее время по СНиП 2.02.04-88 используется два принципа проектирования и строительства на территориях, сложенных вечномёрзлыми грунтами:



Принцип I – в основаниях зданий и сооружений сохраняют вечномерзлым состояние грунта как в процессе строительства, так и в течении всего периода эксплуатации;

Принцип II – в основании зданий и сооружений используют предварительно оттаянные грунты или грунты, оттаивающие в период эксплуатации.

Проектируемый фундамент объекта опираются на сезонно мёрзлые и оттаивающие грунты. Следовательно, проектируемый фундамент проектируются и строятся по принципу II т.е. на оттаявшие и сезонномёрзлые грунты.

Расчет осадок оснований фундаментов являются основным, после этого расчета производятся расчет основания по прочности и подбирается сечения подошвы фундамента и армируются правилами железобетонных конструкций по СНиП 2.03.01-84*.

Каждая металлическая колонна (всего 6 шт) опирается на стойки плитного фундамента, причем ширина подошвы фундамента $b=8,6$ м, длина $L=13,4$ м.

Исходные данные следующие:

$N_1 = 323,628$ т – вертикальная расчетная нагрузка на плитный фундамент от постоянных и временных нагрузок с учетом коэффициентов сочетаний;

$N_{гр} = 346,007$ т – вертикальная нагрузка от собственного веса грунта на верхние части плиты фундамента;

$N_{\phi} = 415,316$ т - собственный вес ж/б плитного фундамента вместе со стойками;

$N_2 = N_{гр} + N_{\phi} = 346,607 + 415,316 = 761,923$ т (см рис.1).

На рис.2 представлена расчетная схема фундамента. Значения усилий T_y, N_1 и M_x определены по усилиям возникающих при компьютерном расчете сооружения на уровне верхней части стоек фундамента. Определяем давления на подошвы фундамента по формуле;

$$P = \frac{N}{F} = \frac{N_1 + N_2}{F} \quad (1)$$

где P – общее давление на основания фундамента,

N_2 – собственный вес фундамента и грунта

где $F = b \cdot l$ - площадь подошвы фундамента;

$$F = 8.6 \cdot 13.4 = 115.24 \text{ м}^2$$

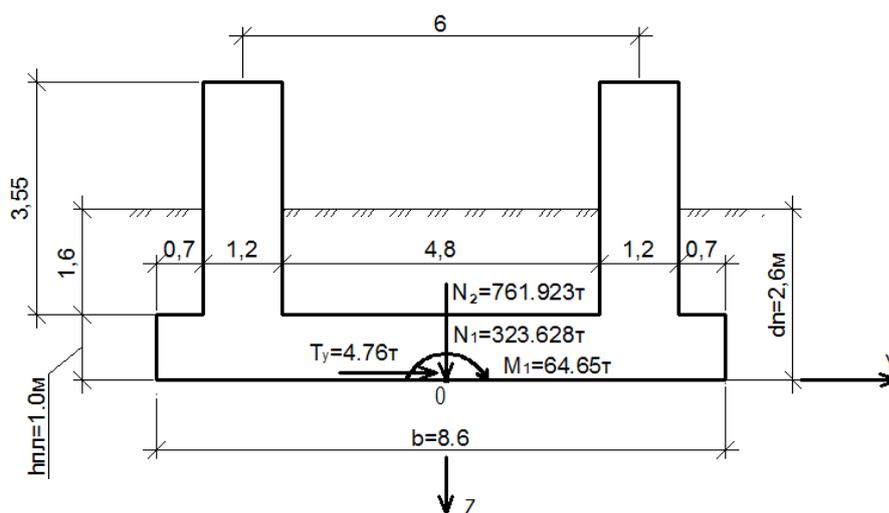


Рис. 1. Расчетная схема для определения давления на подошвы фундамента

T_y, N, M_x – горизонтальные и вертикальные силы и момент от конструкций сооружения с учетом постоянных и временных нагрузок, N_2 -вертикальная сила от



действия собственного веса конструкций фундаментов и собственного веса грунтовой призмы над железобетонной фундаментной плиты.

По формуле (1) определяем общее давление P на подошвы фундамента

$$P = \frac{323,628 + 761,923}{115,24} = \frac{1085,551}{115,24} = 9,42 \text{ т/м}^2$$

или, $P = 0,942 \text{ кг/см}^2$

На рис.3 представлена расчетная схема определения осадок фундамента.

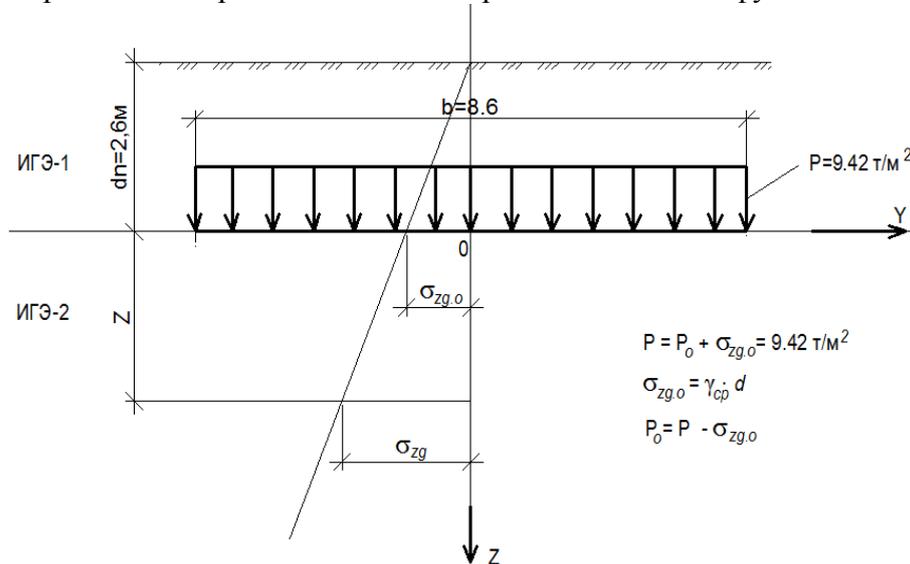


Рис.2. Расчетная схема для определения осадок фундамента

Для определения осадок фундаментов сначала определяется напряжения под фундамент в различных точках, по глубине Z .

Рассмотрим фундамент с распределенной нагрузкой по площади равной $P = 9,42 \text{ т/м}^2$.

$$P = P_0 + \sigma_{zg.o} \quad (2)$$

где P_0 -дополнительное давление под подошвы фундамента, $\sigma_{zg.o}$ - давления под подошвой фундамента от собственного веса грунта.

Напряжения вертикальные, на глубине Z от подошвы фундамента: σ_{zp} - по вертикали проходящей через центр подошвы фундамента, и $\sigma_{zр.с}$ - по вертикали, проходящей через угловую точку прямоугольного фундамента, определяются по формулам (3,4)

$$\sigma_{zp} = \alpha P \quad (3)$$

$$\sigma_{zр.с} = 0,25 \alpha P \quad (4)$$

где, α – коэффициент, принимаемый по таблице 1, приложения 1 СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений», в зависимости от соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, равной $\xi = 2z/b$ – при определении σ_{zp} и $\xi = \frac{z}{b}$ – при определении $\sigma_{zр.с}$; $P_0 = P - \sigma_{zg.o}$ – дополнительное вертикальное давление на основания; P - общее среднее давление под подошвой фундамента; $\sigma_{zg.o}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента, для нашего случая $\sigma_{zр.o} = \gamma \cdot d_n$, где γ - удельный вес грунта, расположенного выше подошвы фундамента, d_n – глубина заложения подошвы фундамента (см. рис.2).

Определяем дополнительное давление P_0 для построения эпюры σ_{zp} по глубине подошвы фундамента Z .

$$P_0 = P - \sigma_{zg.o} = 9,42 - \gamma_{cp} \cdot d_n = 9,42 - 2,06 \cdot 2,6 = 9,42 - 5,356 = 4,064 \text{ т/м}^2$$



$$P_0 = 4.064 \text{ т/м}^2$$

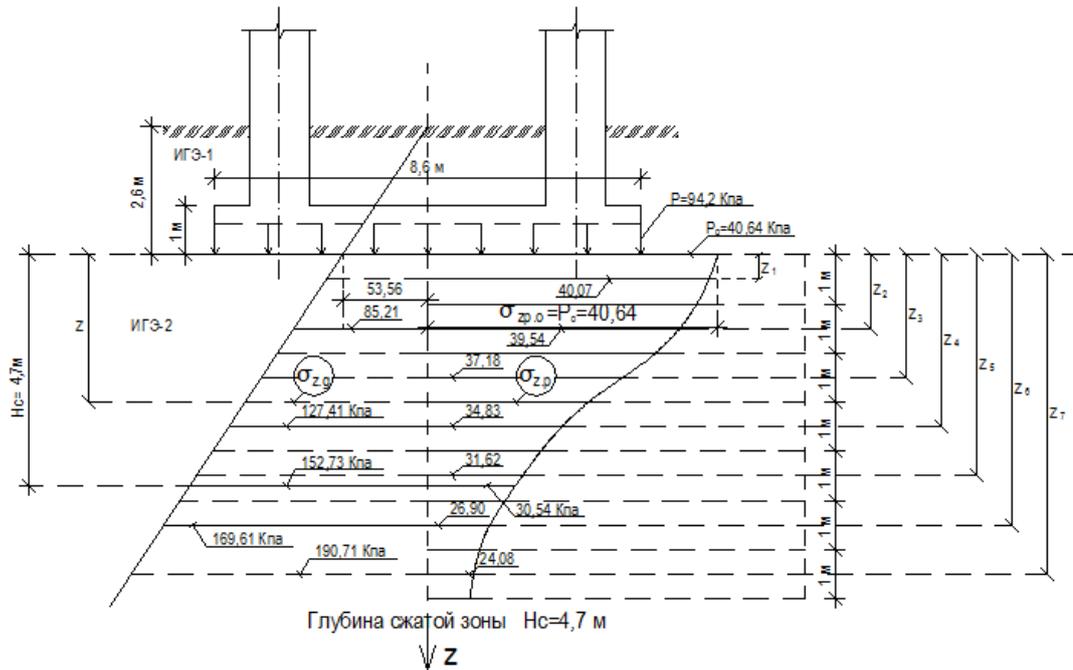


Рис.3. Эпюры σ_{zp} и σ_{zg} для определения осадки фундамента под точкой О (центр подошвы)

Построим эпюры σ_{zp} и σ_{zg} для фундамента с размерами $b=8,6\text{ м}$ и $L=13,4\text{ м}$.

Фундамент относится к прямоугольным сечением подошвы, в нашем случае $\eta = \frac{L}{b} =$

1,56. Тогда расчет фундамента производится как прямоугольный плитный фундамента, $\eta = 1,56$.

Плотность грунта ИГЭ-1 до 2,6м принимаем $\rho=2,06 \text{ т/м}^3$, а $\gamma=20,6 \text{ кН/м}^3$, где $\gamma = \rho \cdot g$ – удельный вес природного грунта при оттаявшем состоянии (ИГЭ-1).

Ниже 2,7м находятся грунты ИГЭ-2 –вечномерзлые.

Площадка строительства согласно инженерно-геологических изысканий ОАО «Кыргыз ГИИЗ» на вечномерзлых грунтах с деятельным слоем.

Деятельный слой сезонномерзлые грунты представлены дресвянными, щебенистыми, глыбовыми с крупнообломочным слабодистым грунтом глинистым включением до 20% ИГЭ-1, до глубины 2,7м.

Ниже этой глубины находятся вечномерзлые грунты ИГЭ-2.

Для расчета оснований приняты значения физико-механических характеристик из отчета инженерно-геологического изыскания ОАО «Кыргыз ГИИЗ».

Глубина заложения подошвы фундамента $d_n=2,6\text{ м}$, средние плотности грунтов при оттаявшем состоянии приняты для :

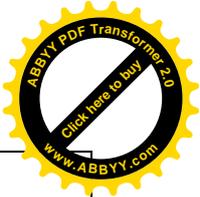
ИГЭ-1 $\rho=2,06 \text{ т/м}^3$; ИГЭ-2 $\rho=2,11 \text{ т/м}^3$, а плотности высушенного грунта $\rho_d=1.83$ и $2,00\text{ т/м}^3$, соответственно для ИГЭ-1 и ИГЭ-2 (отчет инженерно-геологического изыскания) и ГОСТ 25100-95 [4].

Дополнительное давление для фундамента

$$P_0 = 4.064 \text{ т/м}^2 = 40.64 \text{ кН/м}^2 = 40,64 \text{ кПа.}$$

Используя формулы (3) и (4) определяем напряжения по глубине точек, расположенных под центром и краями фундамента.

Под центром фундамента под точкой О будет по формуле (3) $\sigma_{zp}=\alpha P_0$. На таблице 1 представлены результаты расчета напряжений σ_{zp} .



	$\xi = \frac{2Z}{b}$ $P_o^{кФ} = 40,64 \text{ КПа}$ $\sigma_{z_p} = \frac{2\alpha \cdot P_o}{4} =$ $0,5 \alpha P \square$
--	---

Из таблицы видно, что напряжения под фундаментами по глубине σ_{z_p} намного меньше расчетного сопротивления грунтов на сжатие ИГЭ-1 и ИГЭ-2 и т.д.

На рисунках 3, 4. показаны глубины сжатой зоны H_c , для средних и крайних частей фундамента.

Из таблиц 1, 2 и по рис. 4,5 видно, что глубина сжатой зоны для точки О будет (рис.4) $H_c = 4,7 \text{ м}$, для точек В и Д – $H_c = 2,1 \text{ м}$ (рис.4)

Определяем дополнительные осадки S_d точек О, В и Д по методом элементарного суммирования по формуле $S_d = \sum S_i$, где S_i – осадки каждого i -го слоя основания.

По СНиП 2.02.01-83* дополнительные осадки S_d точек О, Д и В определяется по формуле

$$S_d = \beta \sum \frac{\sigma_{z_{pi}} \cdot h_i}{E_i} \quad (5)$$

где β – безразмерный коэффициент равный 0,8; $\sigma_{z_{pi}}$ – среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -м слое грунта; h_i и E_i – соответственно толщина и модуль деформации i -го слоя; n – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания. $E = 21 \text{ МПа} = 21000 \text{ КПа}$ (СНиП 2.02-01-83* табл.3, прил. 1)

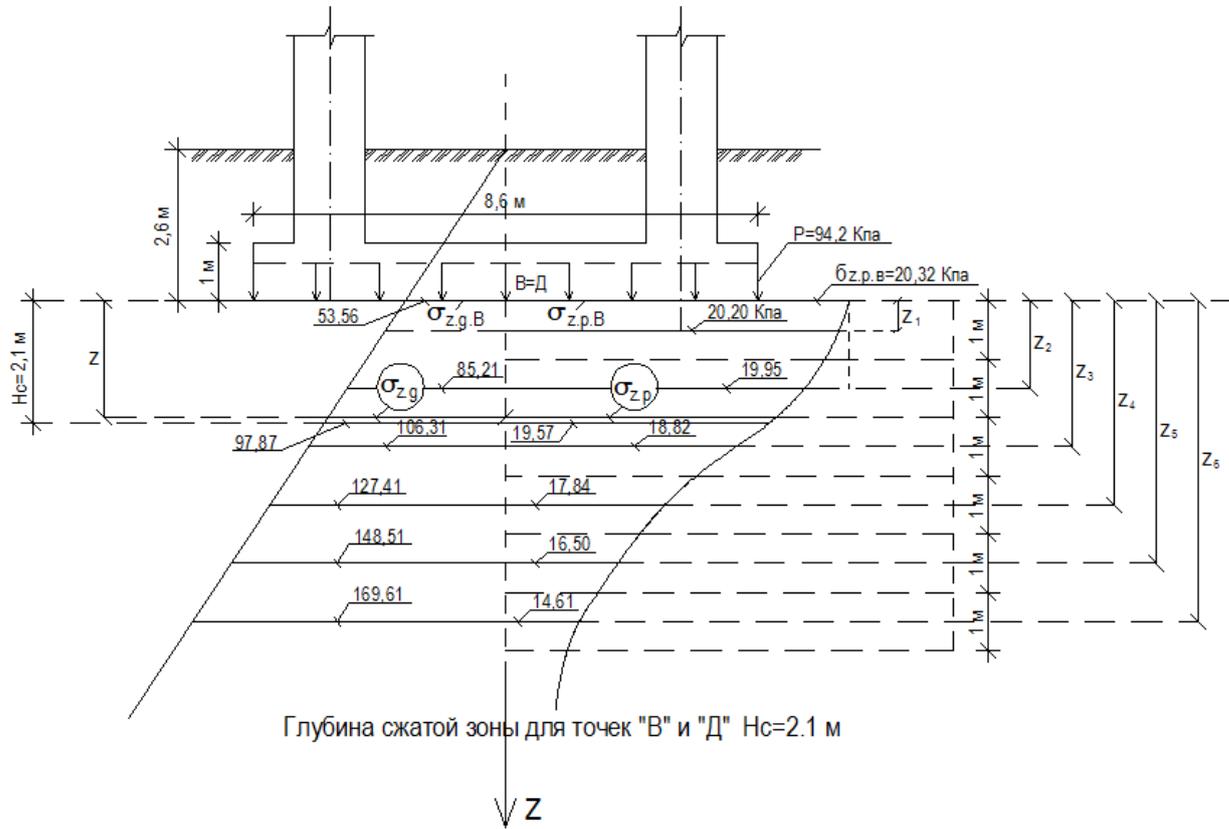


Рис.4. Эпюры σ_{z_p} и σ_{z_g} для определения осадки фундамента под точками В и Д (крайние точки подошвы)



Для определения дополнительной осадки S_d используем данные инженерно-геологического изыскания ОАО «Кыргыз ГИИЗ», табл. 1,2 и рис.4,5 данного параграфа. Определяем осадку точки О.

$$S_d^o = 0,8 \left(\frac{40,7 \cdot 1,0 + 39,54 \cdot 1,0 + 37,18 \cdot 1,0 + 34,83 \cdot 1,0 + 31,62 \cdot 0,7}{21000} \right) = 0,8 \left(\frac{173,754}{21000} \right) = 0,00662\text{м} = 0,662\text{см}$$

Определяем осадок точек В и Д.

$$S_d^{ДВ} = 0,8 \left[\frac{1,0 \cdot (20,20 + 19,95 + 19,57 \cdot 0,1)}{21000} \right] = 0,8 \left(\frac{42,107}{21000} \right) = 0,0016\text{м} = 0,16\text{см}$$

Итак средняя часть среднего фундамента перемещается на 0,662см, а крайние части – на 0,16 см.

Средняя осадка фундамента будет

$$S_{cp} = \frac{S^p + S^d + S^o}{3} = \frac{0,662 + 0,16 + 0,16}{3} = 0,32\text{см.}$$

Относительная осадка средних и крайних точек $\Delta S = 0,662 - 0,16 = 0,5\text{см}$;

Расчеты показывают что фундамент по СНиП 2.02.01-83* приложение 4, по второму предельному состоянию проходит или

$$i = \frac{\Delta S}{l} = \frac{0,5\text{см}}{13,4\text{м}} = \frac{0,5}{1340} = 0,000373 < i_u = 0,004 \text{ т.е.}$$

$i < i_u$, $i = 0,000373 < 0,004$ следовательно, проектируемый фундамент по СНиП 2.02.01-83*[3] приложение 4 удовлетворяет требованию по второму предельному состоянию.

В данной конструкции можно использовать искусственное уплотненное основание из гравийно-песчаных грунтов оптимальной фракции. При определении напряжения по глубине Z с учетом собственного веса уплотненного грунта можно использовать работу [5].

Список литературы

1. СНиП КР 11-01-98 «Инженерные изыскания под различные виды строительства» Бишкек 1998 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gosstroy.gov.kg/wp-content/uploads/2015/07/Katalog-1-chast.pdf>
2. СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» Москва 2005 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854682.pdf>
3. СНиП 2.02.01-83* СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА «Основания зданий и сооружений». Москва 1985. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200033>
4. ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» Межгосударственный стандарт [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000030>
5. Апсеметов М.Ч. Учет собственного веса грунта при решении задач Буссинеска [Текст] / М.Ч.Апсеметов / Вестник КГУСТА. – 2016. - 1(51) - С. 375-379.

