

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт «Недропользования»

Кафедра «Нефтегазовое дело»

Отчет по лабораторной работе №10
«Расчёт фундаментов»

Вариант 4

Выполнил
Студент, НДбз - 18 - 1

А.С. Батурин

Принял
Доцент к. т. н.

В. И. Зайцев

Иркутск – 2023 г.

Лабораторная работа 10. Расчёт фундаментов

Цель работы: определение размеров опорной поверхности фундамента.

Краткие теоретические сведения. Основное требование: удельная нагрузка на поверхность фундамента и грунта не должна превышать допустимую нагрузку.

Фундаменты подразделяют на стационарные и на временные облегчённой конструкции, например, для буровых установок.

Сборные фундаменты облегчённой конструкции из нормализованных элементов допускают набор плит нужной формы и размеров, демонтаж вместе с оборудованием и повторное использование на новом месте монтажа. Используют железобетонные плиты размером 3х1х0,6 м и 2х1х0,6 м, брусья 2х0,6х0,6 м и 1,2х0,6х0,6 м, а также пирамидальные тумбы разной высоты и с основанием 1,1х1,1 м. Плиты и брусья используют отдельно или группами по 2-3 шт. в зависимости от нагрузки на опору. Так, подвыщечный блок в местах опор ног башенной вышки Уралмаш-4Э укладывают две плиты размером 3х1х0,6 м, а под лебёдку – три плиты размером 2х1х0,6 м.

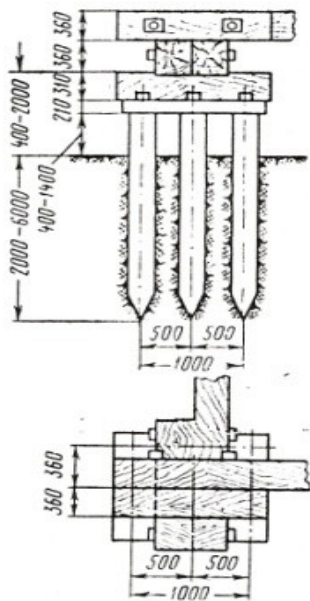


Рис. 1. Свайные опоры

Когда сопротивление грунта низкое, насыпают слой балласта из гравия или делают выкладку из деревянных брусьев, или укладывают слой бетона толщиной 0,3÷0,5 м, на который потом устанавливают металлическое основание. Иногда используют свайные основания. Допускаемую нагрузку на одну сваю Q можно определить по формуле

$$Q = [\sigma]_{сж} \cdot A_c + \tau \cdot U \cdot L, \quad (1)$$

где $[\sigma]_{сж}$ – допускаемое напряжение сжатия, МПа; A_c – площадь поперечного сечения сваи, m^2 ; τ – удельное сопротивление трения на боковой поверхности сваи, m ; U – периметр сваи, m ; L – глубина погружения сваи, m .

Для удельного сопротивления трения можно принять следующие значения τ в МПа:
Пески и гравелистые грунты:

плотные	0,06
средней плотности	0,03
рыхлые	0,01
Суглинки и глины:	
твёрдые	0,04
пластичные	0,02
текучие	0,0075
Супесь (различной плотности)	0,01÷0,02 л
(разной плотности)	0,001÷0,005

Нагрузки на фундамент

Размеры опорной поверхности A_{ϕ} основания зависят от типа фундамента и определяются по формуле:

$$A_{\phi} \geq K_{\phi} \cdot Q_{\phi} / [\sigma]_{сж} > K_{\phi} (Q_{\phi} + G_{\phi} + G_{об} + G_o) / [\sigma]_{сж} \quad (2)$$

где Q_{ϕ} – наибольшая нагрузка на фундамент, Н; Q_{ϕ} – вертикальная нагрузка на вышку, Н; G_{ϕ} – нагрузка от веса вышки, Н; $G_{об}$ – нагрузка от веса оборудования вышки, Н; G_o – нагрузка от веса основания вышки, Н; K_{ϕ} – коэффициент нагрузки.

Нагрузки G_{ϕ} , $G_{об}$, G_o – определяют по паспортным данным установки, а вертикальную нагрузку на вышку можно определить по максимальной нагрузочной способности крюка вышки.

Коэффициент нагрузки принимается для башенных вышек $K_{\phi}=1,2$, для мачтовых $K_{\phi}=1,1$.

То есть, максимальные расчётные нагрузки на ноги вышек, по которым рассчитывается фундамент, увеличивают на 20 и 10% соответственно по причине неравномерного распределения нагрузки на ноги из-за неодинаковой осадки грунта под фундаментом, отклонений верхней части вышки от оси скважины, действий горизонтальных сил на вышку (ветровая нагрузка).

Нагрузки на фундамент одной ноги башенных $Q_{\phi.б.}$ и мачтовых $Q_{\phi.м.}$ вышек вычисляют по формулам:

$$Q_{\phi.б.} = K_{\phi} \cdot Q_{\phi} / 4 \sin \alpha, \quad (3)$$

$$Q_{\phi.м.} = K_{\phi} \cdot Q_{\phi} / 2 \sin \alpha, \quad (4)$$

где α – угол наклона ноги вышки к горизонтали. Для башенных вышек этот угол находится в пределах $80 - 83^{\circ}$, а для мачтовых равен 84° . При таком значении углов принимается $\sin \alpha = 1$.

Допускаемые напряжения сжатия для некоторых материалов даны в табл. 1.

Таблица 1

Материал	Допускаемые напр. сжат., МПа	Материал	Допускаемые напр. сжат., МПа
Бетон	0,8÷5,5	Сосна вдоль волокон	3,0÷3,5
Кирпич	0,8÷5,0	Сосна поперёк волокон	0,5÷2,5

В результате расчёта получаем минимальную площадь фундамента для данных нагрузок.

Нагрузки на грунт

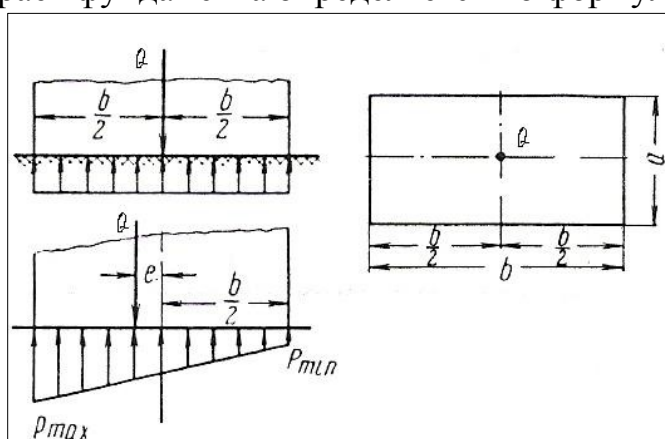
Для длинных фундаментов под значительные сооружения и установки площадь подошвы фундамента определяется из условия устойчивости грунта.

Ввиду большой сжимаемости грунтов основной опасностью при эксплуатации сооружения установка – фундамент являются смещения и деформации фундамента от просадки грунта, которые могут привести к потере горизонтальности, деформациям, трещинам и разрушению фундамента.

При центральном положении нагрузки Q давление P распределяется по всей площади A опоры равномерно

$$P = Q/A, \quad (5)$$

При размещении нагрузки с эксцентриситетом e (рис.2) давление у краёв фундамента определяется по формуле



$$P = (Q/A) \mp (M/W), \quad (6)$$

где M – момент силы относительно центра тяжести подошвы фундамента.

$$M = Q \cdot e, \quad (7)$$

W – момент сопротивления сечения фундамента по подошве.

$$W = a \cdot b^2/6, \quad (8)$$

а и b – соответственно ширина и длина фундамента.

Рис. 2. Эпюры давлений

При $e > b/6$ пользуются эмпирическими формулами:

При $e \leq b/4$

$$P_{\max} = Q/[(a \cdot b) \cdot (1 + 4 \cdot l/b)] \quad (9)$$

При $e > b/4$

$$P_{\max} = Q/[a \cdot (b - 2 \cdot e)], \quad (10)$$

где l – глубина заложения фундамента.

Для случаев достаточно простых, которые могут встретиться в практике эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования, следует лишь обеспечить максимальное совпадение по вертикали центра тяжести сооружения с центром опоры на грунт, соответственно увеличивая размеры подошвы фундамента (допустимый эксцентриситет 5%) и проверяя расчётную нагрузку на допускаемое давление на грунт.

Нормальным считается грунт, допускающий нагрузку $0,2 \div 0,25$ МПа при глубине заложения фундамента 2м.

Таблица 2

Материал	Допускаемое давление на грунт, МПа	Материал	Допускаемое давление на грунт, МПа
----------	------------------------------------	----------	------------------------------------

Грунт скальный	2÷5	Глина сухая твёрдая	0,25÷0,5
Гравий	0,5÷0,8	Глина мягкая	0,1÷0,25
Песок крупный плотный	0,5÷0,6	Глина мокрая	0,1
Песок сухой	0,2÷0,3	Щебень	0,4÷0,6

Глубина заложения фундамента в пучинистых грунтах должна быть ниже глубины промерзания грунта. Пески крупной и средней крупности, крупнообломочные, гравийные грунты с песчаным заполнением и скальные грунты при любом положении уровня грунтовых вод относятся к непучинистым грунтам. Поэтому глубина залегания фундаментов в таких грунтах может определяться их высотой или плоскость обреза фундамента может быть немного выше уровня почвы.

Соппротивление нагрузке материала фундамента (бетон, дерево) больше, чем сопротивление грунта, поэтому часто площадь подошвы делают больше площади обреза фундамента. При этом боковые грани фундамента получаются наклонными или ступенчатыми.

Расчет 1. Наибольшая масса башенной установки, давящая на фундамент, составляет 190 т. Фундамент – бетонные плиты с допускаемым напряжением сжатия $[\sigma]_{сж} = 2,0$ МПа. Подобрать размеры бетонных плит для каждой ноги установки и выбрать материал грунта

Нагрузка на фундамент

$$Q_{\phi} = m \cdot g = 190 \cdot 9,81 = 1,86 \text{ МН},$$

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

Общая площадь фундамента

$$A_{\phi} = K_{\phi} \cdot Q_{\phi} / [\sigma]_{сж} = 1,2 \cdot 1,86 / 2 = 1,12 \text{ м}^2.$$

В качестве фундамента под каждую ногу башенной установки можно применить бетонную плиту размером $1 \times 1 \times 0,6$ м. Тогда нагрузка на одну плиту будет

$$Q_{\phi.б.} = K_{\phi} \cdot Q_{\phi} / Z = 1,2 \cdot 1,86 / 4 = 0,56 \text{ МН}.$$

В качестве грунта выбираем щебень при эксцентриситете нагрузки $e = 0$, то есть, вектор нагрузки совпадает с центром тяжести плиты.

Тогда давление на грунт будет равно

$$P_r = Q_{\phi.б.} / A_{\phi} = 0,56 / (1 \cdot 1) = 0,56 \text{ МПа}.$$

Получается значение больше допускаемого $[P_r] = 0,5 \div 0,8$ МПа.

Увеличиваем длину плит до $2,5 \times 1 \times 0,6$ м

Тогда $P_r = 0,56 / (1 \cdot 2,5) = 0,223$ МПа,

что входит в диапазон допускаемого давления на грунт. Таким образом, принимаем бетонные плиты размером $2,5 \times 1 \times 0,6$ м, а в качестве грунта – песок крупный. При определении давления на грунт нагрузка от самого фундамента обычно не принимается во внимание, так как она составляет менее 5% от общей рассчитанной нагрузки.

Расчет 2. Вышка башенного типа на металлическом крупноблочном основании, максимальная нагрузка на фундамент ноги вышки 400 кН. Грунт

– песок крупный, уровень грунтовых вод – 15 м, глубина промерзания – 1,8 м. Фундаменты проектируются из железобетонных блоков. Нагрузка на плоскость обреза фундамента распределённая, равнодействующая нагрузка в центре фундамента.

Требование расчёта по деформациям сводится к условию

$$P_r \leq [P_r]$$

В зависимости от консистенции и коэффициента пористости песочного грунта принимаем допустимое давление на грунт $[P_r] = 0,5$ МПа.

Предварительная площадь подошвы фундамента рассчитывается по формуле

$$A_{\phi} = Q_{\phi.б.} / [P_r] = 400 / 500 = 0,8 \text{ м}^2$$

По конструкции опоры подвыщечного основания предварительная ширина подошвы фундамента назначается 1 м, тогда её длина будет равна 0,8 м.

В качестве фундамента путём подбора по каталогу назначается железобетонный блок Ф – 15 (фундамент длиной $l = 1,5$ м), габариты блока: ширина 1 м, длина 1,5 м, высота 2,7 м, масса блока 1,7 т.

Поскольку глубина заложения фундамента в песочных грунтах должна приниматься не менее глубины промерзания грунта, то глубина заложения фундамента принимается равной 1,8 м.

Среднее давление на грунт с учётом нагрузки от массы фундамента будет составлять

$$P_r = 400 + 17 / 1 \cdot 1,5 = 417 / 1,5 = 278 \text{ кПа} = 0,278 \text{ МПа.}$$

Требование расчёта удовлетворительно, так как

$$P_r < [P_r] = 0,5 \text{ МПа.}$$

Вывод: Определили размеры опорной поверхности фундамента двумя способами, рассчитали нагрузки на фундамент, подобрали размеры плит, которые входят в диапазон допустимого давления на грунт.