

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ**

*А.Г. Купцов
Е.М. Пашкин
О.Е. Вязкова*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ
"ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ"
(для специальности 0107)**

Москва 2010

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине "Инженерные сооружения" предполагает детальное изучение наиболее важных тем лекционного материала, особенно тесно связанных с массовым гражданским, промышленным и гидротехническим строительством, а, следовательно, предваряет знакомство с особенностями инженерно-геологических изысканий под подобного типа сооружения. Взаимодействие сооружения и грунтового основания, формирующее единую природно-техническую геосистему (ПТГ), является предметом оценки специалиста инженера-геолога. В курсе "Инженерные сооружения" уделяется внимание искусственному элементу изучаемой ПТГ - сооружению как элементу воздействия на основание, а именно:

- каким образом складываются нагрузки от тех или иных видов сооружений, отдельных конструкций;
- как распределены действующие силы в литосфере;
- какие изменения, помимо чисто механических, следует ожидать от того или иного вида производства;
- какие используются методы строительства и режима эксплуатации сооружений, определяющие их взаимодействие с основанием.

Расчеты оснований сооружений подробно рассматриваются в курсе "Механика грунтов". При этом сооружение чаще всего заменяется статической моделью совокупности сил, взаимодействующих с грунтовым основанием, тоже выраженным в виде модели сферы взаимодействия - геометрического пространства, наделенного признаками (показателями свойств грунтов). Расчет оснований является конечным продуктом обработки инженерно-геологической информации, накопленной в процессе изысканий, но он совершенно немислим без сформированной у изыскателя модели сферы взаимодействия сооружения с геологической средой, в которой отражены основные особенности сооружения, определяющие характер взаимодействия.

Таким образом, задача курсовой работы по дисциплине "Инженерные сооружения" сводится к приобретению студентами навыков представления сооружений в виде моделей, взаимодействующих с грунтами оснований, и простейшим расчетам взаимодействий, позволяющих в первом приближении оценить совместимость инженерного сооружения с геологическими условиями в период его проектирования и эксплуатации.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Курсовая работа состоит из двух частей.

В первой, общей части, кратко приводятся основные сведения о сооружениях согласно предлагаемой теме по следующему плану.

1. Историческая справка о возникновении отрасли строительства.
2. Основные конструкции, типы сооружений и виды взаимодействия с основанием.
3. Методы возведения сооружений.
4. Режимы эксплуатации сооружений.
5. Перспективы развития данной отрасли строительства в связи с внедрением новой техники, материалов, технологии и т.п.

Объем общей части 10-15 страниц текста с рисунками, которые при необходимости могут быть вынесены в приложения.

Вторая часть курсовой работы представляется в виде расчетной записки в соответствии с предлагаемым вариантом. Вариант расчетной записки связывается с темой общей части, обозначенной первой цифрой в варианте курсовой работы. Например, вариант № 4-11(3) соответствует теме 4, варианту расчетной записки № 11 и подварианту № 3, изменяющему постоянные параметры задания.

Темы курсовых работ и литературные источники, необходимые для их проработки и составления расчетной записки, приводятся ниже.

ТИПЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Гражданские, промышленные здания и сооружения с фундаментами неглубокого заложения.
2. Гражданские, промышленные здания и сооружения с фундаментами глубокого заложения.
3. Свайные фундаменты гражданских сооружений.
4. Свайные фундаменты промышленных сооружений.
5. Мосты. Свайные фундаменты транспортных сооружений.
6. Мосты. Фундаменты типа опускных колодцев.
7. Анкерные устройства в грунтах при возведении мостов.
8. Промышленные сооружения с фундаментами типа опускных колодцев.

9. Промышленные, гражданские сооружения с фундаментами типа "стена в грунте".
10. Основные конструкции зданий и сооружений в сейсмических областях.
11. Основные конструкции зданий и сооружений в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов.
12. Противооползневые сооружения и методы строительства.
13. Основные конструкции зданий и сооружений на участках распространения карстующихся пород.
14. Транспортные сооружения железных дорог.
15. Транспортные сооружения автомобильных дорог.
16. Гидротехнические транспортные сооружения. Нефтепроводы и газопроводы.
17. Гидротехнические транспортные сооружения. Туннели.
18. Гидротехнические транспортные сооружения. Каналы.
19. Гидротехнические сооружения. Плотины.
20. Водопропускные гидротехнические сооружения. Водосброса, шлюзы, водопроводы, водоводы.
21. Портовые ограждающие, волнозащитные и причальные сооружения.
22. Гидротехнические сооружения. Основные типы плотин.
23. Гидротехнические сооружения. Гравитационные плотины.
24. Гидротехнические сооружения. Арочные плотины.
25. Гидротехнические сооружения. Контрфорсные плотины.
26. Конструкции сооружений и фундаментов на просадочных грунтах.
27. Туннели метрополитенов.
28. Причины разрушения гражданских зданий и сооружений.
29. Причины разрушений гидротехнических туннелей и плотин.
30. Гидроаккумулирующие станции (ГАЭС). Основные сооружения.
31. Тепловые электростанции (ТЭС). Основные сооружения.
32. Атомные электростанции (АЭС). Основные сооружения.
33. Гидротермальные электростанции. Основные сооружения.
34. Гелеоэлектростанции. Основные сооружения.
35. Аэроэлектростанции. Основные сооружения.
36. Водоснабжение. Основные сооружения.
37. Аэродромы. Основные сооружения.
38. Здания башенного типа. Основные конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

Абелев Ю.М. и др. Основы проектирования я строительства на просадочных макропористых грунтах. - М.: Стройиздат, 1979.

Биянов Т.Ф. Плотины на вечной мерзлоте. - М.: Энергоиздат, 1983.

Бондарь Н.Г. Как работают мосты. - Киев: Наукова думка, 1986.

Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов (Основы теории и примеры расчета). Учебн. пособие для студентов строительных специальностей вузов. - 2-е изд., переработ. и доп. - М.: Стройиздат, 1978.

Воронкевич С.В. Техническая мелиорация пород. - М.: Изд-во МГУ, 1981.

Гибшман Е.Е., Аксельрод И.С., Гибшман М.Е. Мосты. - М.: Транспорт, 1965.

Глотов Н.М. и др. Основания и фундаменты: Учебн. для техникумов / Н.М.Глотов, А.П.Рыженко, Г.С.Шапиро. - 2-е изд., перераб. а доп. - М.: Стройиздат, 1987.

Гришин М.М. Гидротехнические сооружения. - М.: Энергия, 1968.

Гришин М.М., Розанов Н.П., Белый Л.Д. Бетонные плотины (на скальных основаниях) - М. Стройиздат, 1975.

Грутман И.О. Свайные фундаменты. - Киев: Будивельник, 1969.

Денисов О.Г. Основания и фундаменты промышленных и гражданских зданий - М.: Высшая школа, 1968.

Дорошевич Н.М., Клейн Г.К., Смирненкин П.П. Основания и фундаменты. - М.: Высшая школа, 1972.

Дранников А.М. Противооползневые сооружения и мероприятия для защиты городских территорий. - В кн.: Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. - Киев, 1964.

Инженерно-геологические исследования при гидротехническом строительстве (Я.Дзеваньский, И.С.Комаров, Л.А.Молоков, Ф.Рейтер - М.: Недра, 1981.

Калачев, Максимов С.Н. Инженерные сооружения – М.: Изд-во МГУ, 1991.

Коновалов СВ., Орешкин Т.М. Организация и технология строительства дорог в сложных природных условиях. – М.: Высшая школа. 1968.

Кузнецов И.К., Филиппов Г.С. Строительство в условиях вечно-

мерзлых грунтов. - М.: Стройиздат, 1964.

Леггет Р. Города и геология - М.: Мир, 1976.

Лишаков Ю.А., Ледяев А.П., Платонов И.В. Осадки земной поверхности при сооружении городских тоннелей. - Транспортное строительство, 1980, № 5.

Маковский Л.В. Городские подземные транспортные сооружения. - М.: Стройиздат, 1985.

Максимов С.Н. Инженерные сооружения (с основами строительного дела). Учебное пособие. – М., Изд-во МГУ, 1974.

Мостков В.М. Строительство тоннелей большого пролета - М.: Недра, 1983.

Ободовский А.А. Проектирование свайных фундаментов. - М.: Стройиздат, 1977.

Основания и фундаменты (краткий курс). Учебник для строит. вузов /Цытович Н.А., Березанцев В.Г., Далматов Б.И., Абелев М.Ю.//Под ред. Н.А. Цытовича. - М.: Высшая школа, 1970.

Пашкин Е.М. Инженерно-геологические исследования при строительстве туннелей. - М.: Недра, 1981.

Подземные сооружения, возводимые способом "стена в грунте" - М.: Стройиздат, 1976.

Смородинов М.И. Анкерные устройства в строительстве. – М.: Стройиздат, 1983.

Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство фундаментов способом "стена в грунте" - М.: Стройиздат, 1976.

Сваи и свайные фундаменты. Справочник-пособие /Н.С.Метелюк, Г.Ф.Шишко, А.Б.Соловьева и др. - Киев: Будивельник, 1977.

Справочник по общестроительным работам: Основания и фундаменты /Под ред. М.И.Смородинова. - М.: Стройиздат, 1974.

Трофименков Ю.Г., Ободовский А.А. Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий. - М.: Стройиздат, 1970.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЗАПИСКИ

В расчетах курсовой работы принята действующая метрическая система единиц и следующие обозначения показателей свойств грунтов и материалов в соответствии с ГОСТ и нормативами:

ρ - удельный вес грунтов, материалов, воды, кН/м³;

W - влажность грунта, доли ед.;

I_P - число пластичности, доли ед.;

I_L - показатель текучести, доли ед.;

S_r - степень влажности, доли ед.;

e - коэффициент пористости, доли ед.;

E - модуль общей деформации, МПа;

C - сцепление грунта, кПа;

φ - угол внутреннего трения грунта, град;

R - расчетное сопротивление грунта основания (предел линейной зависимости "нагрузка - осадка"), кПа;

R_0 - расчетное сопротивление грунта (для предварительного назначения размеров фундаментов), кПа.

Основные обозначения, используемые на схемах и в расчетах, следующие:

H, h - высота (глубина), м;

l, b - ширина, длина, м;

D, d - диаметр, м;

R, r - радиус, м;

U - осевой периметр сооружения, м;

δ - толщина, м;

F - площадь, м²;

N - вес надземной части сооружения, кН;

Q - вес подземной части сооружения, кН;

T - сила трения между грунтами и конструкциями, кН;

P - давление по подошве фундамента, кПа;

M - момент силы в расчетном сечении, кН·м;

W - момент сопротивления сечения фундамента, м³.

Во второй части курсовой работы представлены варианты для расчета сооружений, использующихся в общей схеме водоснабжения городов, посёлков и промышленных предприятий. Комплекс рассчитываемых сооружений и его отдельные элементы характерны для большинства видов наземного строительства, как в обычных, так и в сложных условиях (при повышенной сейсмической балльности территории, пораженности оползневыми телами, закарстованности пород и т.п.), требующих введения в конструкцию сооружений, упрочняющих их элементов. Подобные расчеты нагрузок на основания широко используются в гражданском и промышленном строительстве, мостостроении, строительстве шахт, горнорудных сооружений и сооружений башенного типа.

В простейшем случае общая схема водоснабжения представлена из сооружений следующего каскада: насосная станция 1-го подъёма, насосная станция 2-го подъёма, водонапорная башня. Последовательно схемы сооружений водоподъемной цепи представлены на рис. 1-3.

Расчеты сооружений в курсовой работе сводятся к сбору нагрузок от надземной или подземной части сооружения и проверке надежности основания или устойчивости сооружения по заданным в вариантах параметрам.

Водоподъемные сооружения представлены насосными станциями 1-го и 2-го подъёма, подземная часть которых выполнена в виде опускных колодцев и водонапорной башней. После сбора нагрузок от подземных частей сооружений типа опускных колодцев проверяется их устойчивость на всплытие или сдвиг. Для водонапорной башни производится сбор нагрузок от надземной части сооружения, а затем рассчитанное по подошве фундамента давление сравнивается с нормативным сопротивлением грунтов основания.

В общем случае проверяется условие (при действии моментов в одной плоскости), обеспечивающее надежность основания и устойчивость сооружения

$$P_{\max} = \frac{N + Q}{F} \pm \frac{M}{W} \leq R, \quad (1)$$

где F - площадь подошвы фундамента; M - момент по подошве фундамента; W - момент сопротивления площади сечения подошвы фундамента.

Допустимым в предварительных расчетах считается превышение P_{\max} над R не более чем на 5% от R , т.е, величину $0,05R$.

Для оценки максимального и минимального давления на гранях фундамента необходимо кроме момента M знать момент сопротивления площади сечения фундамента, который рассчитывается по следующим формулам:

– для круглого сечения:

$$W = \frac{\pi R^3}{4} \quad ; \quad (2)$$

– для кольцевого сечения:

$$W = \frac{\pi}{4R} (R^4 - r^4) \quad , \quad (3)$$

где R – радиус внешней окружности;

r – радиус внутренней окружности.

СБОР НАГРУЗОК ОТ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ СООРУЖЕНИЯ С НЕСУЩИМИ СТЕНАМИ

Водонапорная башня цилиндрической формы состоит из железобетонного ствола (стен), поддерживающих металлическую емкость с конусообразной крышей. Фундаментом башни является продолжение стен одинакового с ними сечения, опирающегося на круглую плиту, также выполненную из железобетона. Расчетное сечение здания приведено на рис.1, а принятые на нем и в формулах обозначения - в таблицах 1, 2.

Таблица 1.

Варианты задания по параметрам сооружений

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Варианты				
			1	2	3	4	5
Общая высота башни	H	м	17	19	21	23	25
Высота ствола (стен)	H ₁	м	12	13,5	14,5	16	18
Высота запаса воды в ёмкости	H ₂	м	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Высота переменного запаса воды в ёмкости	H ₃	м	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Расчетное сопротивление грунтов основания	R	кПа	200	200	250	300	400

Таблица 2.

Подварианты заданий по параметрам и нагрузкам сооружения

Параметры и нагрузки	Обозначение	Ед. изм.	Подварианты		
			1	2	3
Внешний диаметр ствола	d_1	м	6,6	6,6	6,7
Внутренний диаметр ствола	d_2	м	5,4	5,4	5,3
Внешний и внутренний диаметры ёмкости	d_3 ,	м	8	8	8
	d_4	м	8	8	8
Толщина стенок и дна ёмкости	δ_2, δ_3	м	0,01	0,01	0,01
Высота кровли по оси башни	H_4	м	1,0	1,0	1,0
Глубина заложения фундамента	h	м	3	3	3
Диаметр фундамента	D	м	8,5	8,5	8,5
Толщина плиты фундамента	δ_4	м	1	1	1
Плотность:					
железобетона	ρ_1	кН/м ³	23	24	25
стали	ρ_2	кН/м ³	77	78	79
воды	ρ_3	кН/м ³	10	10	10
грунта	ρ_4	кН/м ³	18	18,1	18,2
Нагрузки:					
вес оборудования	N_5	кН	250	300	350
вес неучтенного оборудования	N_6	кН	200	250	300
Нормативные нагрузки от:					
кровли по стропильным балкам	q_1	кПа	2,0	2,1	2,2
снега	q_2	кПа	1	1	1
ветра	q_3	кПа	1,4	1,5	1,6

Фундамент водонапорной башни заглублен в основание, представленное песчаными грунтами различной крупности (от крупных до пылеватых), плотности сложения и степени влажности, в совокупности характеризующимися значением R .

Сумму вертикальных сил, действующих на фундамент, представляют суммой постоянных и временных нагрузок $N_n + N_v = N$.

К постоянным нагрузкам относятся:

 собственный вес стен N_1 ,

 вес ёмкости N_2 ,

 вес запаса воды N_3 ,

 вес чердачного перекрытия и кровли N_4 ,

 вес оборудования N_5 ,

 вес неучтенного оборудования N_6 .

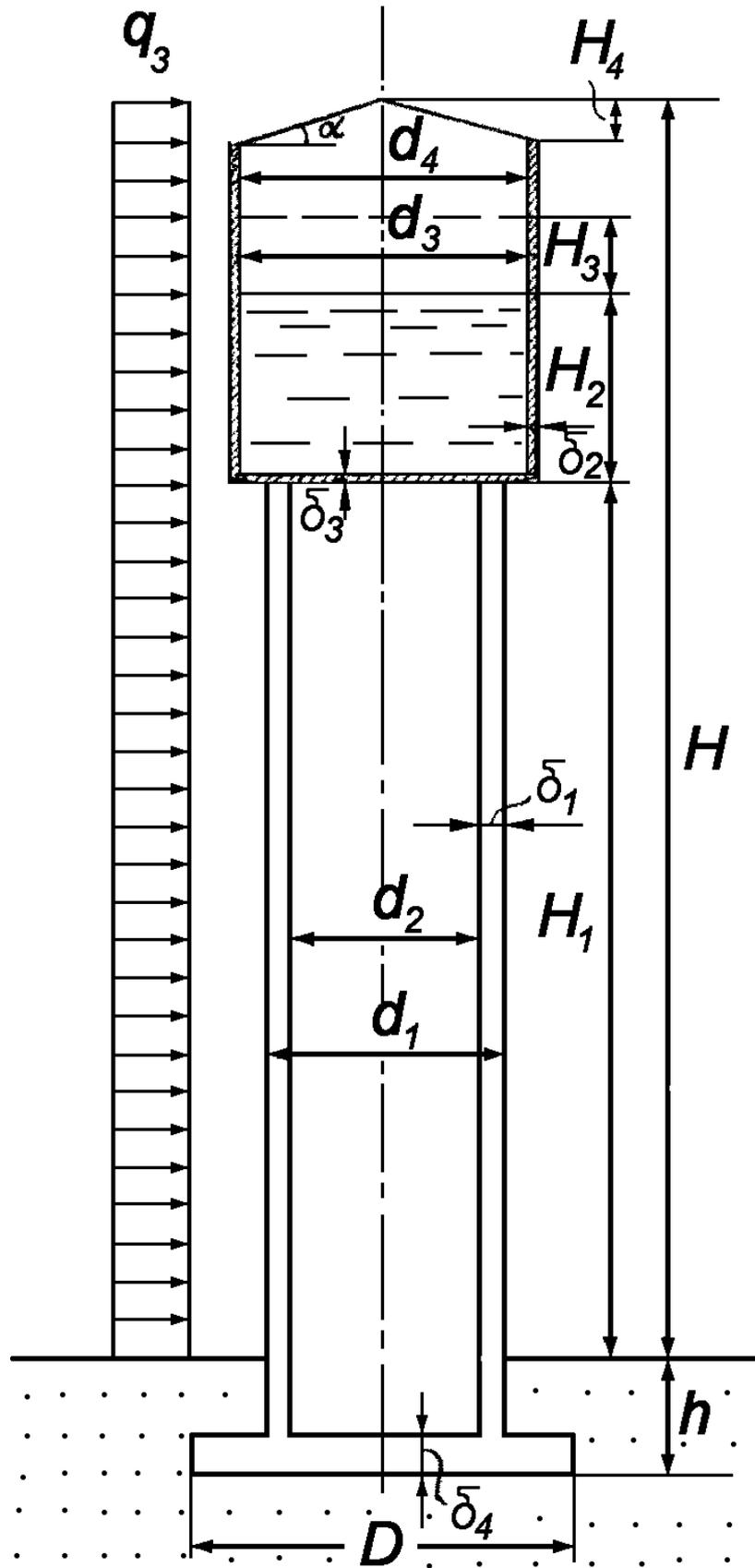


Рис. 1. Расчетное сечение водонапорной башни

К временным:

переменный вес воды в ёмкости N_7 ,

снеговая нагрузка N_8 .

Сумма вертикальных сил составит:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 .$$

Постоянные нагрузки

Собственный вес стен до обреза фундамента рассчитывается по формуле

$$N_1 = U \cdot \delta_1 \cdot H_1 \cdot \rho_1 , \quad (4)$$

в которой осевой периметр U может быть определен из выражения $U = \pi \cdot d_{\text{ср}}$, где $d_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$ представляет собой средний диаметр кольца.

Аналогично подсчитывают вес стенок ёмкости, а по известным формулам - вес днища ёмкости, вес постоянного и переменного запаса воды и получают значения N_2 , N_3 , N_7 .

Чердачное перекрытие в башне совмещено с конструкцией кровли и его вес в этом случае учитывается при расчете нагрузки от кровли, собранной из листового железа по стропильным балкам. Нагрузка от кровли рассчитывается с учетом нормативной нагрузки q_1 , выбранной в зависимости от конструкции крыши, и площади кровли F_1 , м²:

$$N_4 = q_1 \cdot F_1 .$$

Для конусообразной крыши площадь кровли F_1 можно подсчитать по формулам:

$$F_1 = \frac{\pi d_3}{2} \sqrt{\frac{d_3^2}{4} + H_4^2} = \frac{\pi d_3^2}{4 \cos \alpha} ,$$

где α - угол наклона кровли к горизонту.

Вес оборудования N_5 подсчитывается ориентировочно, например, в промышленных сооружениях с подъемным краном грузоподъемностью 50-100 кН вес оборудования принимается равным утроенной грузоподъемности крана, вес же неучтенного оборудования N_6 определяется по нормативам. N_5 и N_6 приведены в вариантах заданий.

Временные нагрузки

Снеговая нагрузка устанавливается в зависимости от конструкции кровли, её площади F_1 и нормативного веса снегового покрова на 1 м^2 проекций кровли q_2 кПа по формуле

$$N_8 = q_2 \cdot F_1 .$$

Вес переменного запаса воды, создающий временные нагрузки, легко подсчитывается по уже упоминавшимся известным формулам.

Ветровая нагрузка рассчитывается исходя из нормативного давления ветра q_3 кПа, зависящего от скоростного напора ветра, аэродинамического коэффициента и площади стен здания, воспринимающих давление ветра. Для сооружений башенного типа цилиндрической формы давление ветра принимается равномерно распределенным по вертикальному сечению F_0 через диаметр башни на высоту от земной поверхности. Сила ветра составляет

$$N_9 = q_3 \cdot F_0 .$$

Горизонтальная сила давления ветра приложена на половине высоты башни и создает момент силы относительно обреза фундамента M_1 или его подошвы M , которые можно вычислить из выражений:

$$M_1 = 0,5 \cdot N_9 \cdot H$$

$$M = N_9 \cdot (0,5H + h)$$

Нагрузки от фундамента

Сбор постоянных нагрузок от фундамента на основание подробно рассматривается в следующем разделе. Нагрузки от фундамента Q составляют определенную долю в весе всего сооружения и в общем случае складываются из веса фундамента Q_ϕ и веса грунта на обрезах фундамента $Q_г$, т.е. $Q = Q_\phi + Q_г$. Q_ϕ и $Q_г$ могут быть подсчитаны с учетом формулы 4, т.е. исходя из объёмов конструкций или грунтов на обрезах фундамента и плотности материалов и грунтов основания.

Задание (варианты 1 - 5):

- произвести сбор нагрузок на основание от водонапорной башни (рис.1);
- рассчитать давление по подошве фундамента и сравнить с заданным расчетным сопротивлением грунтов;
- сделать вывод о надежности основания и устойчивости сооружения.

Данные промежуточных расчетов представить по форме 1.

Необходимые для расчетов параметры представлены в таблицах 1, 2.

Форма 1.

Сбор нагрузок и проверка устойчивости сооружения

Постоянные нагрузки на фундамент:

вес стен, $N_1 =$

вес ёмкости, $N_2 =$

вес запаса воды, $N_3 =$

вес чердачного перекрытия и кровли, $N_4 =$

вес оборудования, $N_5 =$

вес неучтенного оборудования, $N_6 =$

Временные нагрузка за фундамент:

вес переменного запаса воды, $N_7 =$

вес снега, $N_8 =$

Ветровая нагрузка:

сила давления ветра, $N_9 =$

момент силы давления ветра на обресе фундамента, $M_1 =$

момент силы давления ветра на подошве фундамента, $M =$

Постоянные нагрузки на основание от фундамента:

вес фундамента, $Q_\phi =$

вес грунта на обрезах фундамента, $Q_2 =$

Площадь фундамента, $F =$

Давление на грунты основания, $P_{max} =$

Расчетное сопротивление грунтов, $R =$

СБОР НАГРУЗОК ОТ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ СООРУЖЕНИЙ

Распределение сил, действующих на основание от подземной части сооружения, рассматривается на примере насосных станций 1-го и 2-го подъёма. Каждая из них состоит из надземной части и глубокой подземной части, вмещающей основное оборудование и резервуар с запасом воды. Подземная часть сооружения выполнена по типу прямоугольного опускного колодца с бетонными стенами и железобетонным днищем. Колодец имеет внутреннюю вертикальную перегородку из бетона, отделяющую многоэтажное помещение с оборудованием от резервуара с запасом воды (рис. 2).

Сумму вертикальных сил, действующих на грунты основания от подземной части сооружения и отнесенных к центру тяжести опускного колодца можно представить как:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 ,$$

где Q_1 - вес стен колодца; Q_2 - вес перегородок внутри колодца; Q_3 - вес днища и пола; Q_4 - вес перекрытий внутри колодца; Q_5 - вес оборудования; Q_6 - вес запаса воды в резервуаре.

Q_1 , Q_2 , Q_3 рассчитываются аналогично формуле 4 в зависимости от плотности материалов и геометрических параметров сооружения. Также легко можно подсчитать вес запаса воды Q_6 .

Вес оборудования Q_5 устанавливается исходя из фактического веса насосов, трубопроводов и других механизмов.

Общий вес перекрытий между этажами Q_4 как и для надземной части сооружения устанавливается в зависимости от площади F_3 и нормативных значений, обуславливающих надёжность работы:

$$Q_4 = n \cdot q_4 \cdot F_3 ,$$

где n - число междуэтажных перекрытий;

q_4 - нормативные нагрузки от конструкций, кПа.

Сумму вертикальных нагрузок от надземной и подземной частей здания, отнесенную к площади подошвы фундамента (без учёта моментов действующих относительно центра тяжести сооружения), сравнивают с расчетным сопротивлением грунтов основания R и делают вывод об устойчивости основания сооружения, исходя из условия

$$\frac{N + Q}{F} \leq R .$$

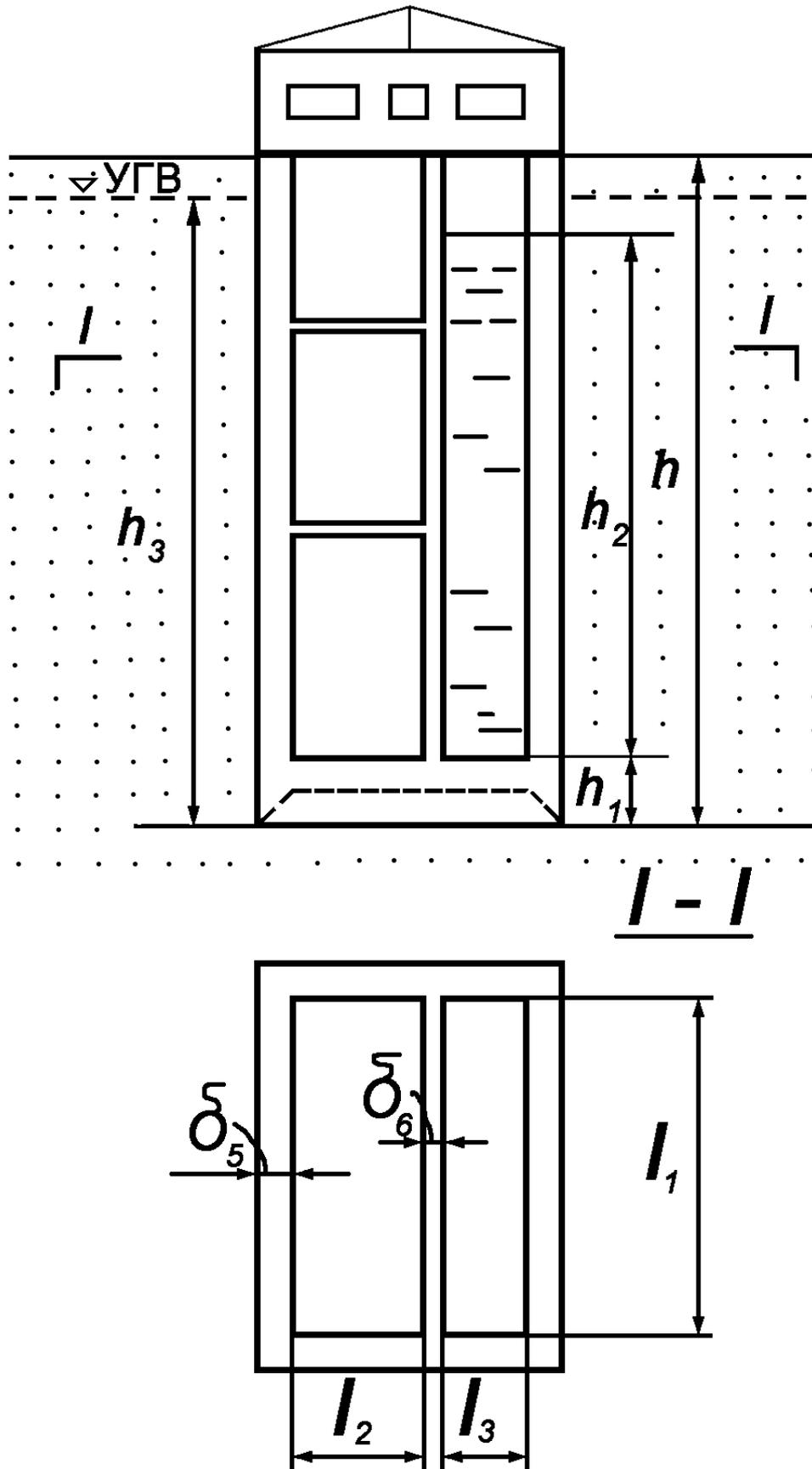


Рис. 2. Схема и расчетное сечение насосной станции 2-го подъёма.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОПУСКНОГО КОЛОДЦА

При проектировании сооружений типа опускных колодцев производятся расчеты на период строительства и эксплуатации, к которым относятся:

- определение толщины стен колодца из условий его опускания;
- расчет стен колодца на разрыв;
- расчет стенки на прочность;
- расчет ножевой части;
- расчет днища на изгиб;
- расчет устойчивости опускного колодца.

В последнем случае проверяется устойчивость против всплытия и сдвига. При этом в значительной мере необходима информация об инженерно-геологических условиях территории, в частности, о положении уровня грунтовых вод, показателях свойств грунтов, слагающих основание, и прочего.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛОДЦА ПРОТИВ ВСПЛЫТИЯ

После сооружения колодца возможно его всплытие под действием гидростатических сил. Проверка на всплытие осуществляется установлением коэффициента всплытия k_{ϵ} , который должен удовлетворять соотношению $k_{\epsilon} \geq 1,25$ и рассчитывается на период строительства по формуле:

$$k_{\epsilon} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + 0,5T_1}{h_3 \rho_3 F} , \quad (5)$$

где T_1 – полная сила трения стен колодца о грунт.

Сила T_1 находится из выражения:

$$T_1 = U_1 \cdot \sum h_i \cdot f_{li} , \quad (6)$$

где U_1 – внешний параметр колодца; h_i – мощность слоя грунтов в разрезе; f_{li} – нормативная, удельная сила трения, определяемая по таблице 3.

Таблица 3.

Значение нормативной удельной силы трения f_1 , кПа

Тип (вид) грунта	f_1 при погружении колодца до	
	10 м	20 м
Гравийный грунт	35	50
Пески крупные и средней крупности	30	40
Пески мелкие	25	35
Пески пылеватые	20	30
Глины и суглинки (в зависимости от консистенции)	15-20	20-30
Глины (вязкие, содержащие гравий)	25	50

Если $k'_e < 1,25$, то делают проверку на всплытие в период эксплуатации по формуле:

$$k'_e = \frac{Q + N + 0,5T_1}{h_3 \rho_3 F} \quad . \quad (7)$$

При $k'_e > 1,25$ в процессе строительства опускного колодца необходимо предусмотреть водопонижение, действующее вплоть до сдачи насосной станции в эксплуатацию.

Если и на период эксплуатации насосной станции $k'_e < 1,25$, то необходимо рекомендовать переконструирование колодца, в первую очередь за счет увеличения толщины днища и нижней части стен опускного колодца.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВ СДВИГА

Расположение насосной станции 1-го подъёма и схема направлений взаимодействующих сил представлены на рис. 3.

Расчет устойчивости подземной части сооружения против сдвига предусматривает вычисление коэффициента запаса против сдвига k_c из следующего выражения

$$k_c = \frac{T_2 + P_n + 2T_3}{P_a} \quad , \quad (8)$$

где T_2 и T_3 – сила трения соответственно днища и боковых поверхностей колодца; P_n и P_a – сила соответственно пассивного и активного давления грунта.

Сила трения по днищу колодца на период строительства вычисляется из выражения

$$T_2 = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot f ,$$

где f - коэффициент трения грунта о бетон, принимаемый равным 0,2-0,25 для глин, 0,45-0,55 для песков и 0,25-0,45 для суглинков, супесей и пылеватых песков.

Сила трения по боковой поверхности колодца T_3 рассчитывается также, как T_1 с учетом площади боковой поверхности:

$$T_3 = h \cdot (l_2 + l_3 + 2\delta_5 + \delta_6) \cdot f_1 .$$

Силы активного и пассивного давления грунтов на стенки колодца определяются по формулам:

$$P_a = E_a \cdot l ,$$

$$P_n = E_n \cdot l .$$

где l – длина стенки испытывающей давление грунтов, E_a и E_n – соответственно активное и пассивное давление грунтов на 1 м длины стенки колодца в кН/м. E_a (E_n) находится из эпюры распределения напряжений по стенке колодца (рис. 3).

Полное активное давление на 1 м длины стенки для однородных по разрезу крупнообломочных и песчаных грунтов при сцеплении $C=0$ определяется из выражения

$$E_a = 0,5 \cdot \rho_4 \cdot h_i^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi) ,$$

а для всех типов грунтов, обладающих сцеплением ($C \neq 0$, $C > 0$) по формулам:

$$E_a = 0,5[\rho_4 \cdot h_i \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi) - 2 \cdot C \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\varphi)] \cdot (h_i - h_c);$$

$$h_c = \frac{2C}{\rho_4 \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\varphi)} ,$$

где h_c - глубина от дневной поверхности, до которой стенка не испытывает давление со стороны грунта, обладающего сцеплением.

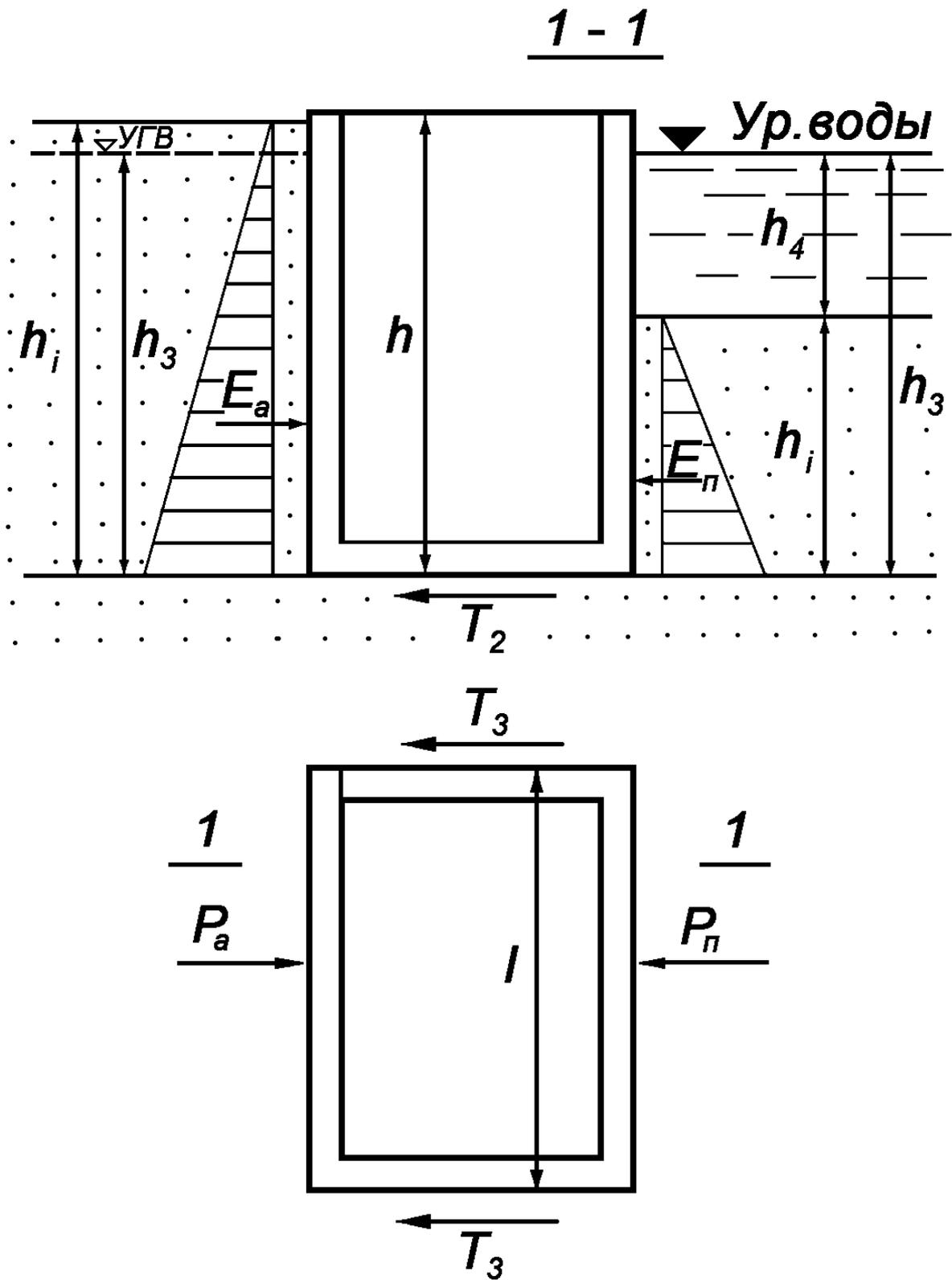


Рис. 3. Схема расчета устойчивости опускного колодца против сдвига

Сооружение считается устойчивым, если k_c больше коэффициента запаса против сдвига, представленного в табл. 4 и назначаемого в зависимости от класса капитальности сооружения.

При расчете на сдвиг круглого колодца его контур заменяют квадратом со сторонами, равными диаметру D , и расчет производят как для прямоугольного колодца.

Таблица 4.

Расчетные сочетания нагрузок и воздействий	Допускаемый коэффициент запаса при классе капитальности сооружений			
	I	II	III	IV
Основные	1,3	1,2	1,15	1,1
Особые	1,1	1,1	1,05	1,05

Задание (варианты 6-17).

Произвести сбор нагрузок от подземной части сооружения на основание. Рассчитать давление по подошве фундамента и сравнить с расчетным сопротивлением грунтов.

– для вариантов **6 - 11** оценить устойчивость опускного колодца против всплытия, считая, что уровень грунтовых вод находится на глубине 2 м от дневной поверхности аллювиальной террасы;

– для вариантов **12 - 17** оценить устойчивость опускного колодца против сдвига на основное сочетание нагрузок, считая, что насосная станция 1-го подъема (сооружение II класса капитальности) расположена на косогоре, поверхность УГВ и уровня воды в водоёме располагаются на одинаковых абсолютных отметках (h_3), глубина воды со стороны водоема $h_4 = 6\text{ м}$ (рис. 3).

Сделать общий вывод о надёжности основания и устойчивости сооружения. Данные промежуточных расчетов представить по форме 2. Необходимые для расчетов параметры представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5.

Варианты заданий по параметрам подземной части насосной станции
1-го или 2-го подъёма

Параметр	Обозначение	Един. изм.	Варианты					
			6; 12	7; 13	8; 14	9; 15	10; 16	11; 17
Глубина опускного колодца	h	м	15	16	17	18	19	20
Высота днища	h ₁	м	2	2	2,5	2,5	3	3
Высота запаса воды в резервуаре	h ₂	м	11	12	13	14	15	16
Число междуэтажных перекрытий	n		2	2	2	3	3	3
Расчетное сопротивление грунтов основания	R	кПа	200	200	250	300	350	400

Таблица 6.

Подварианты заданий по параметрам и нагрузкам сооружения
и грунтов основания

Параметры и нагрузки	Обозначения	Един. изм.	Подварианты		
			1	2	3
Длина перегородки, резервуара, помещений	l ₁	м	7	8	9
Ширина помещений	l ₂	м	3	3	4
Ширина резервуара	l ₃	м	2	2,4	2,8
Толщина стен колодца	δ ₅	м	1	1	1
Толщина перегородки	δ ₆	м	0,5	0,6	0,7
Плотность:					
железобетона	ρ ₁	кН/м ³	23	24	25
бетона	ρ ₅	кН/м ³	21	22	23
грунта	ρ ₄	кН/м ³	18,0	18,1	18,2
Угол внутреннего трения грунтов основания	φ	град	32	34	36
Сцепление грунтов основания	C	кПа	-	-	-
Нагрузки:					
вес наземной части сооружения	N	кН	1000	1200	1400
вес оборудования	Q ₅	кН	500	550	600
Нормативные нагрузки конструкций междуэтажных перекрытий	q ₄	кПа	3,7	3,8	3,9

Сбор нагрузок и проверка устойчивости сооружения

Постоянные нагрузки:

Вес надземной части сооружения, $N =$

Вес стен колодца, $Q_1 =$

Вес перегородок, $Q_2 =$

Вес днища и пола, $Q_3 =$

Вес перекрытий, $Q_4 =$

Вес оборудования, $Q_5 =$

Вес запаса воды, $Q_6 =$

$$Q = \sum Q_i$$

Площадь фундамента, $F =$

Давление на грунты основания, $P =$

Расчетное сопротивление грунтов, $R =$

Сила трения стен колодца о грунт, $T_1 =$

Коэффициент всплытия, $k_e =$

$$k'_e =$$

Сила трения по днищу, $T_2 =$

Сила активного давления на стенку, $P_a =$

Сила пассивного давления на стенку, $P_n =$

Коэффициент запаса против сдвига, $k_c =$