2. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОБСАДНОЙ ТРУБЫ СКВАЖИНЫ

Цель работы: проверить расчетом прочность и устойчивость обсадной трубы скважины, пробуренной в жесткопластическом массиве горных пород.

Исходные данные: в породном массиве пробурена скважина диаметром d, обсаженная для обеспечения устойчивости стальной трубой с толщиной t. Скважина пересекает слой покрывающей толщи пород мощностью h_1 и входит в слой обводненных пород на глубину h_2. В слое обводненных пород содержатся воды с известным гидростатическим напором. Проверить расчетом прочность и устойчивость обсадной трубы с заданными параметрами. Выполнить подбор наиболее рациональной толщины обсадной трубы по условиям прочности и устойчивости.

Привести расчетную схему и эпюры распределения геостатического и гидростатического давлений на обсадную трубу скважины.

Расчетные положения:

В рамках данного расчетно-графического задания предполагается использование жесткопластической модели массива пород. Для этой модели коэффициент бокового распора следует определять следующим образом:

$$\lambda = tg^2\left(\frac{90-\varphi}{2}\right),$$

где φ – угол внутреннего трения.

Расчетная схема для определения расчетного давления на обсадную трубу скважины приведена на рисунке 2. На эту расчетную схему нанесены типовые эпюры распределения геостатического и гидростатического давления на обсадную трубу скважины.

Для определения величины геостатического давления на глубине h от земной поверхности следует использовать следующую формулу:

$$P_{\text{геост}} = \lambda_i \gamma h = \gamma \cdot \text{h} \cdot tg^2\left(\frac{90-\varphi_i}{2}\right),$$

где λ_i и φ_i – соответственно коэффициент бокового распора и угол внутреннего трения i-го слоя.

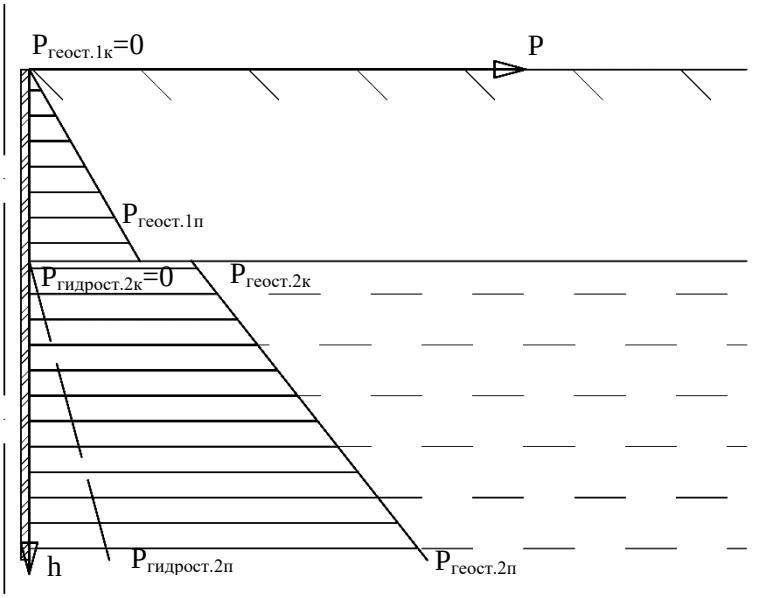


Рис. 2. Расчетная схема для определения давления на обсадную трубу скважины

Для определения величины гидростатического давления на глубине h от уровня грунтовых вод следует использовать следующую формулу:

$$P_{\text{гидрост}} = \gamma_w h,$$

где $\gamma_w = 10$ кН/м^3 – удельный вес воды.

Расчетную нагрузку на обсадную трубу следует определять по следующей формуле:

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{геост.макс}} + P_{\text{гидрост.макс}},$$

где $P_{\text{геост.макс}}$ и $P_{\text{гидрост.макс}}$ – соответственно наибольшие значения гидростатического и геостатического давлений по трассе скважины.

Стальные несущие конструкции следует проверять расчетом на прочность и устойчивость под действием расчетной нагрузки. Расчетная схема при выполнении расчетов на прочность и устойчивость приведена на рисунке 3.

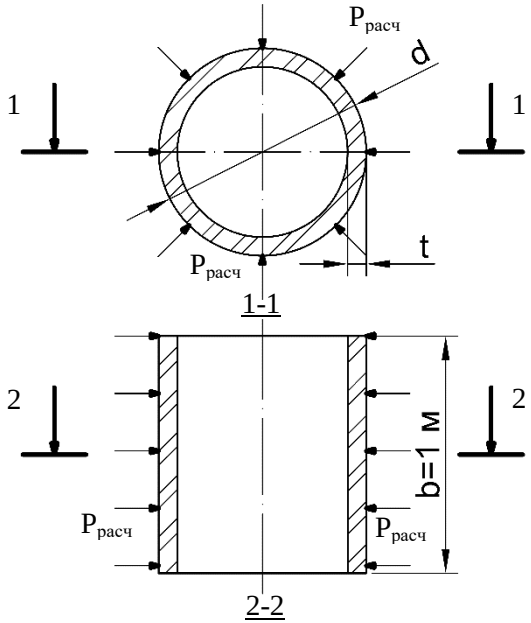


Рис. 3 Расчетная схема участка обсадной трубы для проверки расчетом на прочность и устойчивость

Проверку расчетом на прочность следует выполнять исходя из следующего условия:

$$\sigma = \frac{P_{\text{расч}} \cdot r_{\text{ср}}}{b \cdot t} \leq \sigma_{\text{доп}},$$

где $r_{\text{ср}} = (d + t)/2$ – радиус трубы по середине толщины стенки; $\sigma_{\text{доп}} = 370$ МПа – расчетное сопротивление материала трубы (стали).

Расчет минимально необходимой толщины стенки трубы по условию прочности следует выполнять по вышеприведенной формуле, выразив из нее t и полагая, что $\sigma = \sigma_{\text{доп}}$.

Проверку расчетом на устойчивость следует выполнять исходя из следующего условия:

$$P_{\text{кр}} = \frac{3 \cdot E^* \cdot I}{r_{\text{ср}}^3} \geq P_{\text{расч}},$$

где $E^* = \frac{E}{1-\upsilon^2}$ – условная физическая жесткость материала трубы (стали); $E = 210$ ГПа – модуль упругости стали; $\upsilon = 0{,}2$ – коэффициент Пуассона стали; $I = \frac{bt^3}{12}$ – момент инерции продольного
сечения трубы.

Расчет минимально необходимой толщины стенки трубы по условию устойчивости следует выполнять по вышеприведенной формуле, выразив из нее t и полагая, что $P_{\text{расч}} = P_{\text{кр}}$.

В качестве минимально необходимой толщины стенки трубы следует принимать максимальную расчетную толщину стенки, полученную по условиям прочности и устойчивости.

Последовательность выполнения расчетно-графической работы:

1. Выполняется определение величин геостатического давления по трассе обсадной трубы скважины и отстраивается эпюра.
2. Выполняется определение величин гидростатического давления по трассе обсадной трубы скважины и отстраивается эпюра.
3. Определяется величина расчетной нагрузки на обсадную трубу скважины.
4. Выполняется проверка обсадной трубы с заданными параметрами на прочность. Определяется минимально необходимая толщина стенки обсадной трубы по условию прочности.
5. Выполняется проверка обсадной трубы с заданными параметрами на устойчивость. Определяется минимально необходимая толщина стенки обсадной трубы по условию устойчивости.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ №2

№ варианта	h_1, м	γ_1, кН/м^3	φ_1, град.	h_2, м	γ_2, кН/м^3	φ_2, град.	d, мм	t, мм
1	46	20,5	14	185	21,3	18	195	5
2	70	21,2	12	150	23,2	15	225	4
3	38	14,3	15	165	24,8	22	135	4
4	61	15.9	11	225	20,8	20	180	4
5	55	16.3	13	155	23.4	22	195	6
6	44	16.7	17	250	22.6	22	225	3
7	60	17.1	12	155	21.8	24	150	5
8	73	17.5	15	250	18,6	14	120	3
9	86	17.9	11	225	23,4	16	205	4
10	99	18.3	13	155	24,8	18	290	4
11	112	18.8	12	250	21,2	15	215	3
12	91	18,7	9	165	22,6	22	165	4
13	70	15.9	11	225	21,3	20	235	5
14	49	16.3	15	225	22,4	22	195	6
15	91	21,2	12	155	23,2	24	225	4
16	99	14,3	15	250	24,8	14	135	2
17	112	15.9	11	225	20,8	16	195	2
18	91	16.3	13	155	23.4	18	225	3
19	70	16.7	17	225	22.6	17	135	5
20	49	17.1	9	120	21.8	15	180	6