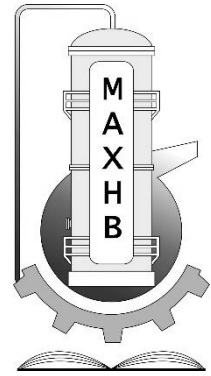


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

для студентів спеціальності

“Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних
матеріалів”

з дисципліни

“Монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв”

Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 7.05050315 “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” з дисципліни “Монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв”: [Електронний ресурс]:/ НТУУ „КПІ”; уклад. В.Л. Дахненко. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. 22 с.

*Гриф надано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ „КПІ”
(Протокол № від . 2015 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.
Відповідальний редактор Корнієнко Ярослав Микитович, професор, д.т.н,

Рецензент:

Дмитро Миколайович Корінчук, провідний науковий співробітник інституту технічної теплофізики НАН України, к.т.н.

Олександр Леонідович Сокольський, к.т.н. доцент кафедри ХПСМ, ІХФ, НТУУ(КПІ).

Навчальне видання

Дахненко Валерій Леонідович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**
для студентів спеціальності “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів”

з дисципліни
“Монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв”

Зміст

ВСТУП.....	3.
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. Розрахунок пристроїв для монтажу апаратів.....	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. Розрахунок фундаменту та поворотного шарніру.....	7
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3-4. Розрахунок якоря та монтажної щогли.....	11
Література.....	20
Додатки.....	21

ВСТУП

Дисципліна “Монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв” викладається на кафедрі МАХНВ НТУУ «КПІ» у 9 семестрі студентам, які навчаються за спеціальністю “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів”.

Дисципліна має дати знання зі складовими частинами технічної документації, системою організації, особливості технології монтажних робіт, обладнання для їх забезпечення.

Проведення монтажних та пуско-налагоджувальних робіт, а також організації технічного обслуговування та ремонту хімічного та нафтогазового обладнання, забезпечення підвищення надійності роботи обладнання; основні принципи формування експлуатаційного парку виробництва.

Використовуючи нормативно - технічну документацію, а також робочу, експлуатаційну й ремонтну документацію аналогічного обладнання, визначити способи і методи проведення ремонтних та відновлювальних робіт для технічних систем та об’єктів виробництва.

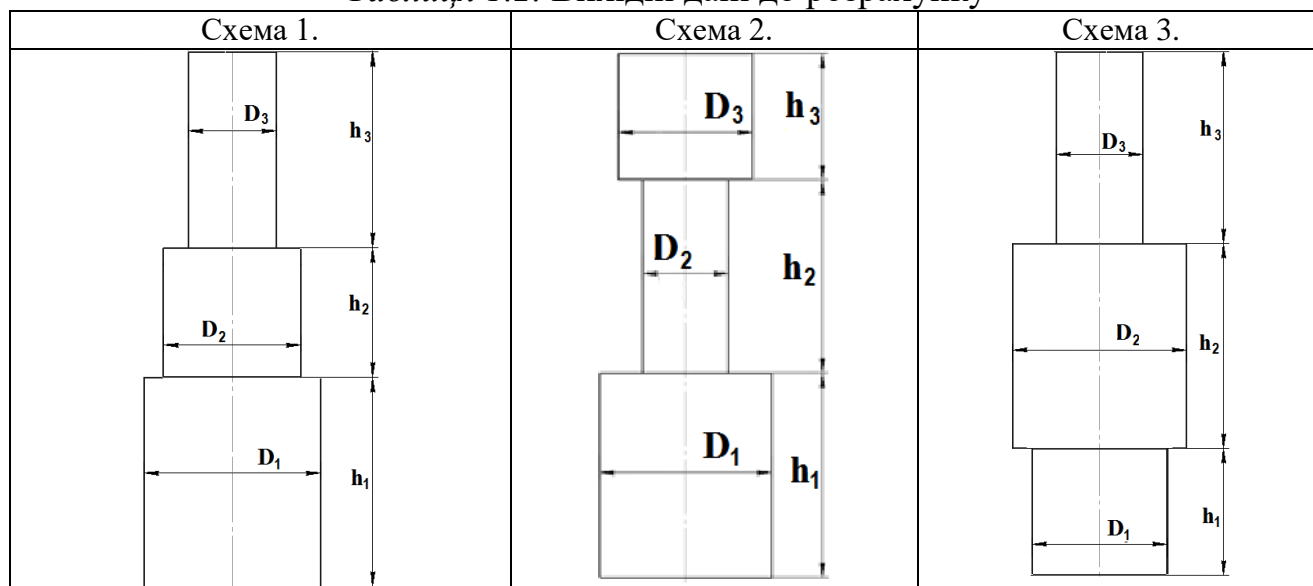
2. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.

Розрахунок пристроїв для монтажу апаратів

Розрахувати такелажне оснащення при підніманні колонного апарата вагою Q для транспортування та монтажу на фундамент, якщо апарат піднімається одним поліспастом через зрівняльну траверсу зі стропуванням за монтажні штуцери і необхідно:

- знайти центр ваги апарата;
- зробити розрахунки монтажних штуцерів, вантажопідйомних канатів (стропів) і зрівняльної монтажної траверси.
- розробити схему монтажу апарата;

Таблиця 1.2. Вихідні дані до розрахунку



Вар.	Схема	$D_1, мм$	$D_2, мм$	$D_3, мм$	$h_1, мм$	$h_2, мм$	$h_3, мм$	$\delta_1, мм$	$\delta_2, мм$	$\delta_3, мм$
1	1	4200	3400	1200	6000	5000	3000	40	30	20
2	2	5200	1200	3400	3000	4000	6000	40	30	20
3	3	1200	5200	3400	3000	4000	6000	42	34	32
4	1	5200	3400	2200	3000	4000	6000	48	32	30
5	2	4200	2200	3400	3000	4000	6000	40	30	20
6	3	2200	4200	3400	3000	4000	6000	42	34	32
7	1	4800	3400	1800	3000	4000	6000	48	32	30
8	2	4800	1800	3400	3000	4000	6000	40	30	20
9	3	1800	4800	3400	3000	4000	6000	42	34	32
10	1	3200	2400	1200	3000	4000	6000	48	32	30
11	2	3200	1200	2400	3000	4000	6000	40	30	20
12	3	1200	3200	2400	3000	4000	6000	42	34	32
13	1	3400	2200	1000	3000	4000	6000	48	32	30
14	2	3500	1000	2200	3000	4000	6000	42	34	32
15	3	1000	3500	2200	3000	4000	6000	48	32	30
16	1	3600	2100	1600	3000	4000	6000	40	30	20
17	2	3300	1600	2100	3000	4000	6000	42	34	32
18	3	1600	3300	2100	3000	4000	6000	48	32	30
19	1	2900	1800	1200	3000	4000	6000	40	30	20
20	2	3000	1200	1800	3000	4000	6000	48	32	30

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ - товщина стінки секцій апарату, мм

Визначення місць стропування обладнання

Для виключення можливості перевантаження гілок стропів, втрати стійкості або перекидання апарату необхідно знайти центр, що пов'язане з вирішенням питань про місця його стропування.

$$x_{ц.в.} = \frac{\sum(Q_i \cdot x_i)}{\sum Q_i} \text{ м,} \quad /1.1/$$

де $x_{ц.в.}$ - відстань від центра ваги до однієї із крайніх площин апарата; x_i - відстань від центра ваги окремого елемента апарата до тієї самої точки; Q_i - вага окремого елемента; $\sum Q_i$ - загальна вага апарата.

2. Підбір сталевих канатів

Тип і конструкція каната вибираються залежно від призначення троса. Для підтримувальних і несучих тросів (ванти, відтягнення, тросові доріжки) вибирається більш жорсткий канат за ГОСТом 3067-74, ГОСТом 3070-74. Для вантажних і стропових тросів застосовуються більш гнучкі канати: ГОСТ 3068-74, ГОСТ 3071-74.

Розривне зусилля каната R визначається за формулою

$$R = P \cdot K_3, \quad /1.2/$$

де P - максимальне зусилля в канаті, N ; K_3 - коефіцієнт запасу міцності, що враховує режими роботи каната і його призначення (вибирається за табл. 1, додаток А).

За знайденим розривним зусиллям, користуючись ГОСТом, підбирають канат і визначають його технологічні дані: тип, розривне зусилля, діаметр, маркувальну групу, вагу. Канат великого діаметра можна замінити декількома менших діаметрів, що відповідає міцності.

Розрахунок стропів

Стропи використовують для швидкого й зручного кріплення вантажу до гака вантажопідйомного механізму або до його траверси (рис. 1).

Зусилля, що виникає в кожній гілці стропа:

$$P_c = \frac{\sum Q_i}{n \cdot \cos \alpha} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad /1.3/$$

де n - кількість гілок стропа, α - кут нахилу гілки до вертикалі, яким задаються; K_1 - коефіцієнт динамічності привода (для ручного - 1,0, для механічного - 1,1);

K_2 - коефіцієнт перевантаження (1,0 при $n \leq 3$; 1,2 для $n > 3$).

Далі, підрахувавши розривне зусилля за формулою (1.2), підбирають трос і обчислюють довжину й вагу стропових канатів, виходячи зі схеми підйому.

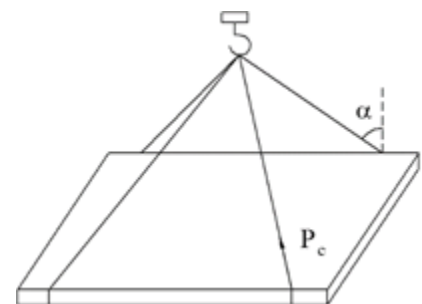


Рисунок 2 - Розрахункова схема гнучкого стропа

Розрахунок монтажних цапф (штуцерів)

Монтажні цапфи (несправжні штуцери) застосовують для стропування апаратів і являють собою сталеві патрубкі, що приварюються торцем до корпусу апарату. У середину патрубка можуть бути вварені ребра для збільшення жорсткості, до зовнішнього торця приварюється обмежувальний фланець. Величина моменту, що діє на штуцер, від зусилля в стропі:

$$M = P_c \cdot l = P_c \cdot \cos \alpha \cdot l, \quad /1.4/$$

де l - відстань від місця стропування до стінки апарата ($l=200$ мм).
находимо мінімальний момент опору поперечного перетину штуцера:

$$W = \frac{M}{[\sigma]}, \quad /1.5/$$

де $[\sigma]$ - допустиме напруження при вигині.

Для виготовлення штуцера використовують безшовні сталеві труби за ГОСТом 8732-78. За знайденим мінімальним моментом опору поперечного перетину штуцера W підбираємо розмір сталевий труби для штуцера таким чином, щоб найближче більше до розрахункового значення моменту опору поперечного перетину задовольняло вимоги

$$W_{ум} \geq W. \quad /1.6/$$

Осьовий момент опору кільцевого перетину штуцера

$$W_{ум} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}, \quad /1.7/$$

де D – зовнішній діаметр труби; d – внутрішній діаметр труби.

Далі перевіряємо міцність звареного шва за умови, що $\tau_{ш} \leq [\tau_{сп}]$.

Напруження зрізу звареного шва

$$\tau_{ш} = \frac{P_{c2}}{\beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}} + \frac{6M}{\beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}^2}, \quad /1.8/$$

де $P_{c2} = P_c \cdot \sin \alpha$ - горизонтальна складова зусилля в стропі; β - коефіцієнт провару (для ручного зварювання = 0,7); $h_{ш}$ - товщина шва (не менш ніж 40% товщини штуцера); $l_{ш}$ - довжина шва дорівнює довжині кола, діаметр якого дорівнює діаметру D штуцера; $\tau_{сп}$ - допустиме напруження на зріз.

Розрахунок траверс

Траверси застосовуються для підвішування апаратів як проміжна ланка між стропами й гаком вантажопідйомного механізму. Найбільш часто застосовуються однобалкові (двопроменеві) і трипроменеві траверси, що працюють на стиск. Розрахунок виконується в наступній послідовності. Спочатку обчислюємо стискальні зусилля N_1 в балці траверси:

$$N_1 = \frac{Q}{m} K_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad /1.9/$$

де m - число променів траверси;

Q - вага вантажу (з урахуванням ваги штуцерів і строп);

α , K_1 - див. (1.3).

Перевіряємо умову стійкості траверси:

$$\sigma = \frac{N_1}{F \cdot \varphi} \leq [\sigma], \quad /1.10/$$

де σ - напруга в матеріалі траверси; $[\sigma]$ - допустиме напруження стиску; F - площа поперечного перетину траверси; φ - коефіцієнт поздовжнього вигину (вибирається згідно з табл.Б1), що залежить від гнучкості траверси λ :

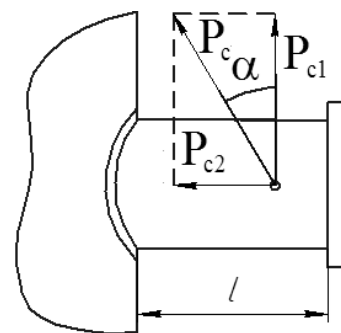


Рисунок 2 - Розрахункова схема монтажної штуцера

$$\lambda = \frac{l}{I_{\min}},$$

/1.11/

l - довжина однобалкової траверси (або довжина променя для трипроменевої); I_{\min} - мінімальний радіус інерції для обраного перетину траверси (вибирається таблицями відповідного сортаменту).

Як траверсу застосовують балки двотаврові, ГОСТ 8239-72, і швелери, ГОСТ 8240-72.

Знаходимо зусилля у N канатах, що з'єднують траверсу з гаком (рис.4). Розрахунок проводиться за формулою (3), а далі розраховуємо й підбираємо трос.

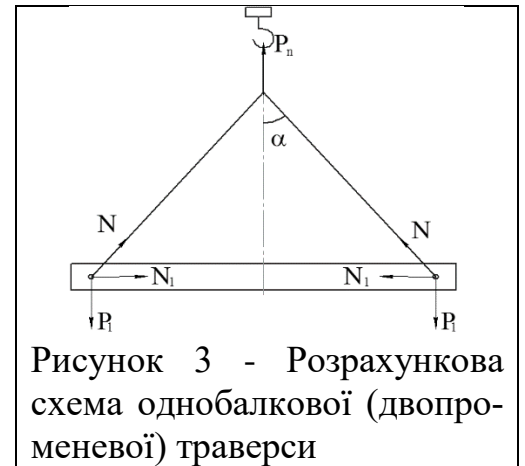


Рисунок 3 - Розрахункова схема однобалкової (двопроменевої) траверси

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.

Розрахунок фундаменту та поворотного шарніру.

Визначити розміри фундаменту та розрахувати поворотний шарнір для встановлення вертикального під апарат (завд. 1) що встановлюється на відповідному ґрунті, за умов експлуатації УХЛ-1 (зовні приміщення), за умов:

- щільність бетону для фундаменту γ_b кг/м³;
- глибина проморожування ґрунту $h_{пр.м}$;
- розподілене зусилля на ґрунт має бути не більше $q \leq 1$ кг/см²;
- максимальне вітрове навантаження $N_{віт. H}$.

Вар.	Вид ґрунту	$h_{пр.м}$	γ_b кг/м ³	$N_{віт. H}$
1	(ПК)	0,4	3100	7000
2	(ПСР)	0,45	3200	8000
3	(Сс)	0,50	3300	9000
4	(Св)	0,55	3350	7500
5	(ДПМв)	0,60	3400	8500
6	(ДПв)	0,4	3100	7000
7	(Гс)	0,45	3200	8000
8	(Гп)	0,50	3300	9000
9	(Сгс)	0,55	3350	7500
10	(Сгв)	0,60	3400	8500
11	(ПК)	0,4	3100	7000
12	(ПСР)	0,45	3200	8000
13	(Сс)	0,50	3300	9000
14	(Св)	0,55	3350	7500
15	(ДПМв)	0,60	3400	8500
16	(ДПв)	0,4	3100	7000
17	(Гс)	0,45	3200	8000
18	(Гп)	0,50	3300	9000
19	(Сгс)	0,55	3350	7500
20	(Сгв)	0,60	3400	8500
21	(ПК)	0,4	3100	7000
22	(ПСР)	0,45	3200	8000
23	(Сс)	0,50	3300	9000
24	(Св)	0,55	3350	7500
25	(ДПМв)	0,60	3400	8500

Несуча здатність кг/см² різних ґрунтів.

Пісок крупний (ПК)	6
Пісок середнього розміру(ПСР)	5
Супісь (суха) (Сс)	3
Супсь, волога (пластична) (Св)	2,5
Дрібний пісок (мало вологий) (ДПМв)	4
Дрібний пісок (вологий) (ДПв)	3
Глина (суха) (Гс)	6
Глина волога (пластична) (Гп)	4
Суглинок (сухий) (Сгс)	3
Суглинок, вологий (пластич) (Сгв)	3

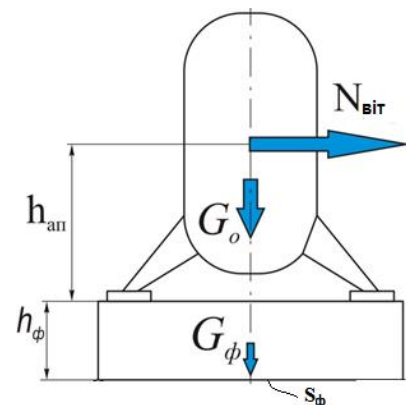


Рисунок.2.1. Схема до розрахунку фундаменту

Розрахунок фундаменту

Обираємо, наприклад, $q=0,7 \dots 0,8 \text{ кз/см}^2$.

Враховуємо глибину проморожування ґрунту ($h_{пр}+0,1$), а також висоту поверхні фундаменту над ґрунтом $0,1 \dots 0,2$ м, загальна висота фундаменту $h_{\phi}=0,8+0,1=0,9$ м. Вага обладнання та фундаменту компенсуються реакцією ґрунта:

$$(M_{обл} + M_{\phi}) \cdot g = [q] \cdot S \quad /2.1/$$

Вага фундаменту визначається з його об'єму та щільності бетону:

$$M_{\phi} = S \cdot h_{\phi} \quad /2.2/$$

Рівність моментів у точці А від сил тяжіння та вітрового навантаження дозволяє визначити мінімально необхідний діаметр дископодібного фундаменту:

Рівність моментів у точці А від сил тяжіння та вітрового навантаження дозволяє визначити мінімально необхідний діаметр дископодібного фундаменту:

$$(G_0 + G_{\phi}) \cdot \frac{d_{\phi}}{2} = N_{віт} \cdot (h_{ап} - h_{\phi}) \quad /2.3/$$

вага фундаменту:
$$G_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\phi}}{2} h_{\phi} \rho_{\phi} \quad /2.4/$$

Розрахунок поворотного шарніру

Поворотні шарніри використовуються при підйомі й установці в проектне вертикальне положення колонних апаратів, металевих димових і вентиляційних труб, а також висотних металокопункцій. При цьому способі підйому устаткування повертається навколо тимчасового шарніра, прикріпленого до його підстави й фундаменту або поруч із фундаментом. При розрахунках шарніра необхідно мати на увазі, що зусилля на шарнір $P_{ш}$, а також його горизонтальна й вертикальна складові змінюють свою величину залежно від кута підйому апарата ϕ . Вертикальна ж складова P_v при всіх способах підйому має максимальне значення на завершальній стадії підйому - при посадці апарата на фундамент. Тому основні елементи шарнірів - осі, вушка й косинки - розраховуються при максимальних значеннях P_r і P_v .

Розрахунки поворотного шарніра виконується згідно (рис. 2.2).

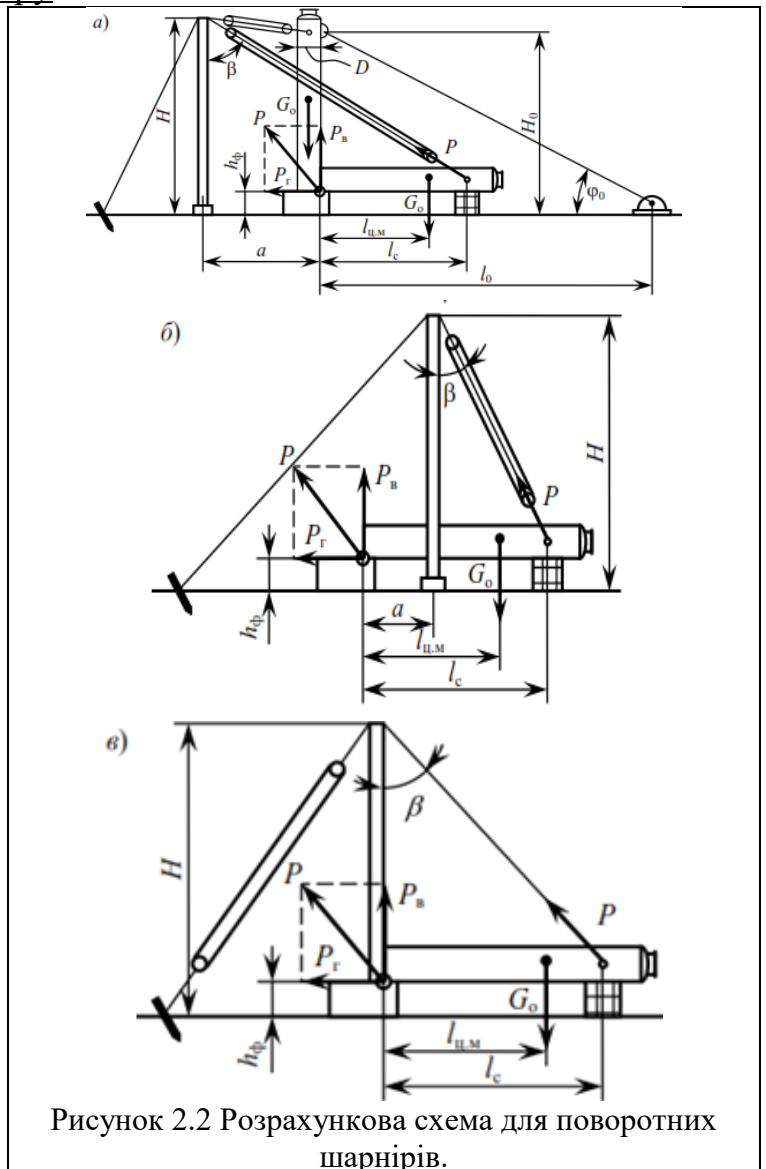


Рисунок 2.2 Розрахункова схема для поворотних шарнірів.

1. Визначаємо максимальне зусилля (кН) у піднімальному поліспасті або канатній тязі для початкового моменту підйому апарата при куті $\varphi = 0$:

$$P = \frac{10_0 k_{\text{п}} k_{\text{д}} l_{\text{ц.м.}}}{(H - h_{\varphi}) \sin \beta - a \cos \beta} \quad /2.5/$$

- для щогл або порталу, установлених між поворотним шарніром і центром маси апарата, що піднімається (рис. 2.2, б),

$$P = \frac{10_0 k_{\text{п}} k_{\text{д}} l_{\text{ц.м.}}}{(H - h_{\varphi}) \sin \beta + a \cos \beta} \quad /2.6/$$

де G_0 - маса апарата, що піднімається, т; $l_{\text{ц.м.}}$ - відстань від поворотного шарніра до лінії дії маси апарата (центру маси), м; H - висота вантажопідйомного засобу (щогли, порталу, шевера) m , яку задаємо або розраховуємо; h_{φ} - висота фундаменту, м; β - кут між піднімальним поліспастом або канатною тягою й віссю щогли, шевера або порталу; a - відстань від осі поворотного шарніра до осі щогли, шевера або порталу, м (призначається).

У цьому випадку для підйому апарата звичайно використовуються парні щогли або портал, висота якого більше висоти встаткування, що піднімається, разом з фундаментом. Підйом апарата виконується до максимально можливого кута φ ; доведення його до проектного вертикального положення здійснюється системою, що дотягає:

- для падаючого шевера або порталу, що нахиляється, при сполученні їх шарнірних опор і поворотного шарніра апарата по одній осі (рис. 2.2, в)

$$P = \frac{10_0 k_{\text{п}} k_{\text{д}} l_{\text{ц.м.}}}{H \sin \beta}; \quad /2.7/$$

- для щогл і порталу, установлених на ґрунті по осі поворотного шарніра,

$$P = \frac{10_0 k_{\text{п}} k_{\text{д}} l_{\text{ц.м.}}}{(H - h_{\varphi}) \sin \beta}; \quad /2.8/$$

У випадку підйому встаткування, що має попередній ухил до обрію на кут φ , у вищенаведених формулах відстань $l_{\text{ц.м.}}$ замінюється проекцією $l_{\text{ц.м.}}$ на горизонталь із урахуванням цього кута.

Кут β може бути визначений графічно шляхом побудови монтажною схеми в масштабі або по формулах:

- при установці вантажопідйомного засобу за поворотним шарніром і стропуванню апарата за монтажні штуцера

$$\text{tg } \beta = \frac{l_{\text{с}} + a}{H - (h_{\varphi} + 0,5D)}; \quad /2.9/$$

- при установці вантажопідйомного засобу між поворотним шарніром і центром маси апарата

$$\text{tg } \beta = \frac{l_{\text{с}} - a}{H - (h_{\varphi} + 0,5D)}; \quad /2.10/$$

- при установці щогл або порталу по осі поворотного шарніра

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l_c}{H - (h_\phi + 0,5D)}; \quad /2.11/$$

- при сполученні опор шевера з поворотним шарніром

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l_c}{H - 0,5D}, \quad /2.12/$$

де l_c - відстань від опори апарата до місця стропування, m (величиною l_c задаємося);
 D - діаметр апарата, m .

2. Знаходимо максимальне значення горизонтального зусилля (кН) на шарнір, що виникає в початковий момент підйому апарата при $\varphi=0$, незалежно від місця установки вантажу піднімального засобу

$$P_r = P \sin \beta. \quad /2.13/$$

3. Визначаємо максимальне вертикальне зусилля (кН), що діє на шарнір у момент посадки апарата на фундамент при куті φ , близькому до 90° , незалежно від місця установки вантажопідйомного засобу

$$P_B = 10_0 k_\pi k_d (1 + 0,6 D \operatorname{tg} \varphi_0 / H_0), \quad /2.14/$$

де $6,0 D$ - відстань від осі шарніра до осі апарата; приблизно вважаємо, що відстань від стінки апарата до осі шарніра становить $1,0D$ (діаметра апарата); φ_0 - кут нахилу гальмового відтягнення до горизонту (рис. 2.2, а); $\operatorname{tg} \varphi_0 = (H_0 + h_\phi) / l_0$ (висотою кріплення гальмівної стяжки до апарата H_0 і відстанню від поворотного шарніра до місця кріплення гальмівної стяжки l_0 задаються).

4. Розраховуємо вісь шарніра:

1) знаходимо максимальний згинальний момент (кН·см) в осі шарніра між опорними вушками основи шарніра (рис. 2.3, а), підставляючи у формулу найбільше із зусиль P_r або P_B (як правило, $P_B > P_r$):

$$M_{\text{ш}} = P_a l_{np} / (4n_k), \quad /2.15/$$

де l_{np} - відстань між провушинами, $см$ (величиною l_{np} задаються); n_k - кількість косинок, що з'єднують опорну частину апарата з віссю шарніра (величиною n_k задаються);

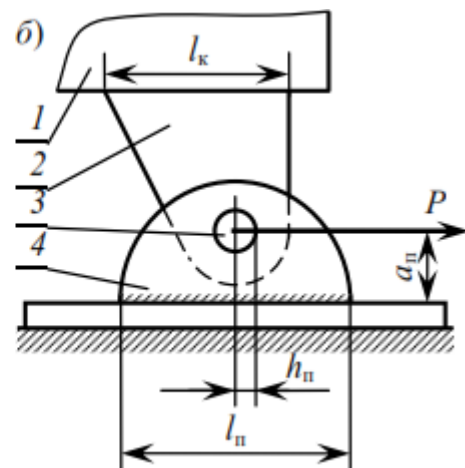
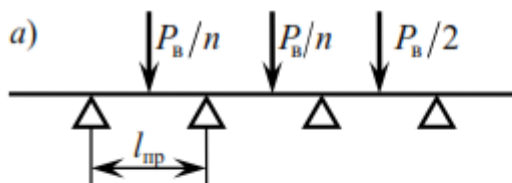


Рис. 2.3. Поворотний шарнір:
 а - розрахункова схема; б - вузол шарніра;
 1 - апарат, що піднімається, 2 - косинка, 3 - вісь шарніра, 4 - вушко підстави шарніра

2) визначасмо мінімальний момент опору перетину осі шарніра, $см^3$

$$W_{\text{ш}} = M_{\text{ш}} / (m 0,1R); \quad /2.16/$$

3) підраховуємо мінімальний діаметр осі шарніра, $см$

$$d = \sqrt[3]{10W_{\text{ш}}}; \quad /2.17/$$

4) перевіряємо вісь шарніра на зріз, задаючись маркою стали

$$\frac{P_e}{2n_{\kappa}\pi d^2/4} \leq mR_{\text{сп}}. \quad /2.18/$$

5. Розраховуємо опорні вушка підстави шарніра:

1) перевіряємо опорні вушка на зріз, задаючись кількістю вушок n_{Π} , відстанню (см) від зовнішньої крайки вушка до отвору h_{Π} і товщиною листа (см) для вушка δ_{Π} ,

$$\frac{P_{\Gamma}}{2n_{\Pi}h_{\Pi}\delta_{\Pi}} \leq mR_{\text{сп}}; \quad /2.19/$$

2) перевіряємо вушко на зминання

$$\frac{P_{\text{в}}}{n_{\Pi}\delta_{\Pi}d} \leq mR_{\text{см.шн}}; \quad /2.20/$$

3) знаходимо згинальний момент у вушку (кН·см), задаючись відстанню (см) від опори вушка до центру отвору для осі шарніра a_{Π} ,

$$M_{\Pi} = P_{\Gamma}a_{\Pi}/n_{\Pi}; \quad /2.21/$$

4) визначаємо мінімальний момент опору вушка, см

$$W_{\Pi} = M_{\Pi}/(m \cdot 0,1 \cdot R); \quad /2.22/$$

5) підраховуємо довжину опорної частини вушка, см

$$l_{\Pi} = \sqrt{6W_{\Pi}/\delta_{\Pi}}; \quad /2.23/$$

6) перевіряємо міцність звареного шва кріплення опорного вушка до підстави шарніра на вигин і зріз, враховуючи, що вушко приварене без оброблення крайок кутовим швом по обидва боки

$$\sqrt{\left(\frac{P_{\Gamma}}{n_{\Pi}\beta \cdot h_{\text{ш}}l_{\text{ш}}}\right)^2 + \left(\frac{6M_{\Pi}}{\beta \cdot h_{\text{ш}}l_{\text{ш}}^2}\right)^2} \leq mR_y^{\text{св}}, \quad /2.24/$$

де β - коефіцієнт, що враховує глибину провару (для ручного зварювання $\beta=0,7$); $h_{\text{ш}}$ - товщина шва, див; $l_{\text{ш}}$ - загальна довжина звареного шва, см; $l_{\text{ш}} = l_{\Pi} - 1$.

6. Косинка шарніра, приварена до підстави апарата, що піднімається, розраховується аналогічно вушкам опори шарніра з тою різницею, що розрахункові навантаження, що діють на них, приймаються рівними максимальній вертикальній складовій $P_{\text{в}}$, причому це зусилля ділиться на кількість косинок n .

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3-4.

Розрахунок якоря та монтажної щогли

Розрахувати якор для закріплення лебідки, та щогли для підйому вертикального апарату (згідно вар. зв.1).

Розрахунки якорів

Для закріплення різних елементів такелажу: вант, поліспастів, відтяжок, деяких видів підйомнотранспортних машин, зокрема лебідок, застосовуються якорі. Залежно від конкретних умов на монтажному майданчику, а також величини навантажень застосовуються різні типи якорів: інвентарні наземні й напівзаглиблені, заглиблені або горизонтальні, пальові.

У кожному конкретному випадку вибирається найбільш доцільний тип якоря

й проводиться розрахунки його основних елементів, що забезпечують надійну роботу при впливі на якір розрахункових монтажних навантажень.

Розрахунки наземних інвентарних якорів

Розрахунки якоря цього типу полягає у визначенні його маси, що забезпечує стійкість якоря від зрушення й перекидання (рис. 3.1).

1. Визначаємо сумарну масу залізобетонних масивів, що забезпечує стійкість якоря від зрушення, m

$$G = 0,1(N_1/f + N_2)k_{yc},$$

де N_1 і N_2 - горизонтальна й вертикальна складові зусилля в тязі N , кН, при куті нахилу тяги до горизонту α ; $N_1 = N \cos \alpha$, $N_2 = N \sin \alpha$; f - коефіцієнт тертя ковзання якоря по ґрунту; k_{yc} - коефіцієнт запасу стійкості якоря від зрушення, $k_{yc} = 1,5$.

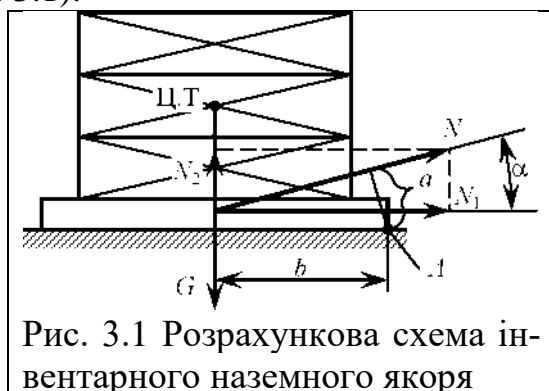


Рис. 3.1 Розрахункова схема інвентарного наземного якоря

Для якорів з металевими рамами досвідченим шляхом отримані значення коефіцієнта тертя f для різних ґрунтів у випадку додатка зусилля до якоря під найбільш вигідним кутом $\alpha = 27^\circ 40'$:

для піску сухого втрамбованого 0,785 - 0,835

для чорнозему щільного сирого 0,895 - 0,955

для напівчорнозему сирого 0,990 - 0,995

Якщо рама якоря, що не має шипів або упорних стінок зі швелерів, установлюється на твердому покритті, то коефіцієнт тертя ковзання вибирається з даних, наведених у Табл.1 (додат. Б); при установці бетонних масивів безпосередньо на ґрунт коефіцієнт тертя ковзання приймається рівним 0,5.

2. Підраховуємо необхідну кількість бетонних блоків обраних розмірів і мас g

$$m = G/g.$$

3. Перевіряємо якір на стійкість від перекидання щодо ребра A

$$10Gb > k_{yo} Na,$$

де b - плече утримуючого моменту від маси якоря, m , рівні 0,5 довжини рами; k_{yo} - коефіцієнт стійкості якоря від перекидання, $k_{yo} = 1,4$; a - плече перекидаючого моменту від зусилля N у тязі, m ($a = b \sin \alpha$).

Розрахунок напівзаглиблених якорів

Такі якорі складаються із залізобетонних блоків масою по 7,5 т, розміром, як правило, 900 x 900 x 4000 мм, частина з яких заглиблюється в ґрунт. Тяга кріпиться до заглибленого блока блокам. Довга грань заглиблених блоків розташовується перпендикулярно вантажній канатній тязі.

Особливістю розрахунків якоря цього типу на відміну від наземного є наявність додаткового опору зрушенню від сили реакції ґрунту на передню упорну стінку бетонного масиву, що дозволяє знижувати масу якоря.

Розрахунки напівзаглибленого якоря зводиться до перевірки якоря на відрив від ґрунту вертикальної складової зусилля, що діє на якір, визначенню питомого

тиску на стінку котловану гранню заглибленого блоку від горизонтальної складової зусилля, що діє на якір, і порівнянню цього тиску із припустимим. Розрахунковий питомий тиск повинний бути менше припустимого, що забезпечує відсутність зрушення ґрунту, а значить і якоря.

Перевірка якоря на зрушення не виконується, тому що зусилля, що зрушує, компенсується реакцією на якір стінки котловану.

Також не потрібна перевірка якоря на перекидання. Це пояснюється тим, що перекидаючий момент, створюваний тяговим канатом, закріпленим за самий нижній заглиблений блок, що значно менше втримує від маси якоря. Крім того, якір, що полягає із блоків, не зв'язаних між собою жорстко, не є монолітною конструкцією.

Напівзаглиблений якір розраховується в такий спосіб (рис. 3.2).

Перевіряємо якір на відрив від ґрунту вертикальним зусиллям

$$10G + T > k_y N_2,$$

де G - маса якоря, т (величиною G задаються, уважаючи, що вона повинна трохи перевищувати тягове зусилля, що діє на якір); T - сила тертя заглибленого блоку якоря про стінку котловану, кН; при коефіцієнті тертя f , рівному 0,5, $T = N_1 f$; N_1 - горизонтальна складова зусилля N , кН, що діє на якір, $N_1 = N \cos \alpha$ (α - кут нахилу тягового каната до горизонту); k_y - коефіцієнт стійкості якоря, $k_y = 1,4$; N_2 - вертикальна складова зусилля N , кН, $N_2 = N \sin \alpha$.



Рис. 3.2. Розрахункова схема інвентарного напівзаглибленого якоря.

2. Підраховуємо питомий тиск грані заглибленого блоку на стінку котловану, МПа

$$\sigma_r = N_1 / (l_b h_b \eta) < [\sigma_r],$$

де l_b - довжина заглибленого блоку, см; h_b - висота заглибленого блоку, см; η - коефіцієнт зменшення, що допускається тиску, що враховує нерівномірність змінання (приймається рівним 0,25); $[\sigma_r]$ - питомий тиск, що допускається, на ґрунт даної категорії, МПа, приймається для:

щільно злежалого гравію	0,50 -	0,80
щільно злежалого сухого піску	0,30 -	0,50
сухої глини	0,30 -	0,40
мокрого піску	0,10 -	0,30
мокрої глини	0,05	0,20
болотистого ґрунту, торфу	0,025 -	0,05

Розрахунки заглиблених якорів

Залежно від величини сприйманого зусилля горизонтальних якорів, що представляють собою заглиблені горизонтально розташовані анкери у вигляді колод, обрізків сталевих труб або бетонних плит прямокутного перетину з виводом на поверхню каната або тяжа, виготовленого із профільної сталі, виконуються двох типів. Для навантажень до 200 кН використовуються якорі полегшеного типу, у яких анкери укладаються безпосередньо в котлован, а навантажень понад 200 кН - посилені якорі зі зміцненням вертикальної стінки котловану щитом з колод.

Розглянемо порядок розрахунків якорів цих типів з анкерами з колод або сталевих труб.

Розрахунки полегшених заглиблених якорів. При розрахунках заглиблених якорів визначаються:

- стійкість якоря від виривання при дії вертикальних сил;
- тиск на ґрунт від горизонтальних сил;
- перетин елементів якоря.

Розрахунки виконуються в наступному порядку:

1. Перевіряємо стійкість якоря при дії вертикальних сил (рис.3.3, а)

$$10G_r + T > k_y N_2,$$

де G_r - маса ґрунту котловану, m ; T - сила тертя анкера про стінку котловану, kH ; k_y якоря: k_y - коефіцієнт стійкості

$k_y = 3$; N_2 - вертикальна складова зусилля в тязі якоря, kH .

Ці величини можуть бути знайдені по наступних формулах:

$$G_r = \frac{a+b}{2} H l \gamma,$$

де a й b - розміри котловану, m ; H - глибина закладення анкера, m ; l - довжина анкера, m ; γ - об'ємна маса ґрунту, t/m^3 (у середньому $\gamma = 1,5 t/m^3$),

$$T = f N_1 = f N \cos \alpha,$$

де f - коефіцієнт тертя анкера по ґрунту (приймається для дерева $f=0,5$, для сталі $f=0,45$); N - зусилля в тязі якоря, kH , з урахуванням коефіцієнтів перевантаження й динамічності; α - кут нахилу вантажної тяги якоря до горизонту.

2. Визначаємо питомий тиск на ґрунт від дії горизонтальних сил (Мпа)

$$\sigma_r = N_1 / (l d m) \leq [\sigma_r],$$

де d - діаметр анкера, cm ; n - кількість колод або труб, що стикаються зі стінкою котловану; η - коефіцієнт зменшення, що допускається тиску, що враховує нерівномірність змінання (приймається рівним 0,25); $[\sigma_r]$ - питомий тиск, що допускається, на ґрунт даної категорії при розрахунковій глибині закладеного анкера, МПа; приймається по раніше розглянутій групі ґрунтів.

3. Анкер на міцність може розраховуватися для двох випадків: якір з однієї тягою й із двома тягами (рис. 3.3, б). У якорях з бетонними анкерами вантажні тяги приварюються до балок, закладених по всій довжині бетонного масиву, і розрахунки на міцність таких анкерів звичайно не виконуються. Нижче приводяться розрахунки для анкерів з однієї й двома тягами.

Якір з однієї тягою. Визначаємо максимальний згинальний момент в анкері, $kHcm$

$$M = q l^2 / 8 = N l / 8,$$

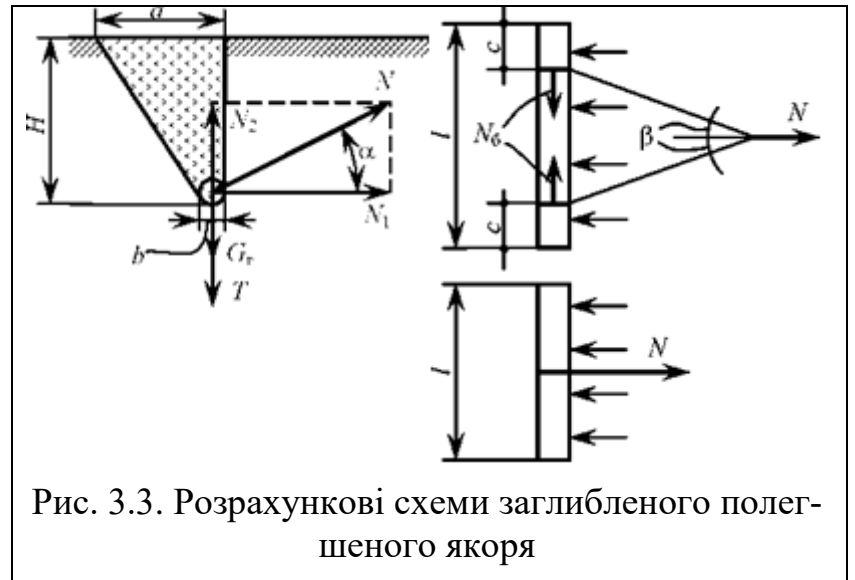


Рис. 3.3. Розрахункові схеми заглибленого полегшеного якоря

де q - рівномірно розподілена навантаження на анкер, $q = N/l$.

Знаходимо необхідний момент опору перетину анкера в цілому, $см^3$

$$W_{тр} = M / (m \cdot 0,1R),$$

де m - коефіцієнт умови роботи, $m = 0,85$; R - розрахунковий опір анкера, що працює на вигин (для колод $R = 13$ МПа, для труб R визначається по таб.2 (додат. Б) для прокатної сталі).

Залежно від обраного матеріалу визначаємо перетин анкера, побравши його з одного або декількох колод або труб. Перетин анкера зі сталевих труб підбирається по табл.3 (додат. Б) так, щоб сумарний момент опору перетину W_x був найближчим більшим до $W_{тр}$. Для анкера з колод визначаємо їх діаметр по формулі

$$d = \sqrt[3]{10W_{тр} / n},$$

де n - кількість колод (величиною n задаються).

Розрахунки якоря із двома тягами. Визначаємо максимальний згинальний момент в анкері, $кНсм$

$$M = Nc^2 / (2l),$$

де c - відстань від кінця анкера до крапки кріплення, $см$.

Знаходимо зусилля, що стискає анкер, $кН$

$$N_6 = \text{tg} \beta N / 2,$$

де β - кут між тягою й напрямком зусилля N .

Перевіряємо анкер на міцність при його вигині й стиску, задаючись діаметром колод або сталевих труб і їх кількістю

$$N_6 / F + M / W_x \leq mR,$$

де F - сумарна площа перетину колод або труб, $см^2$ (для колод $F = 0,785d^2n$; для сталевих труб F визначають по табл.3 (додат. Б); W_x - сумарний момент опору перетину колод або труб, $см^3$ (для колод $W_x = 0,1 d^3n$, для сталевих труб W_x визначають по табл.3 (додат. Б).

Розрахунок посилених заглиблених якорів. Принцип розрахунків цього типу якоря аналогічний розрахункам полегшеного якоря (рис. 3.4).

1. Визначаємо стійкість якоря від дії вертикальних сил

$$10G_r + T > k_y N_2,$$

де G_r - маса ґрунту котловану, т, $G_r = Haly$;

k_y - коефіцієнт стійкості якоря: $k_y = 2$.

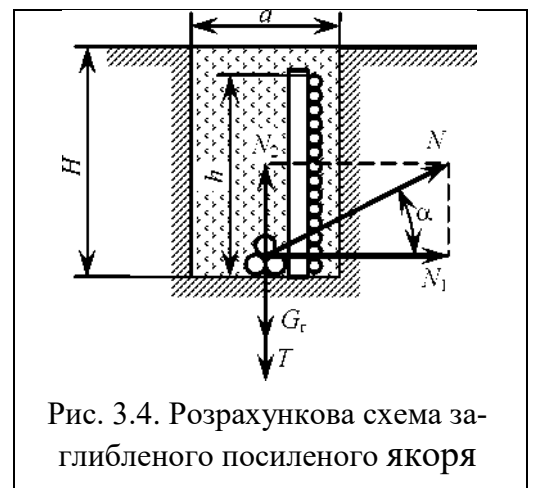
Інші позначення й розрахунки такі ж, як і для полегшеного якоря. Коефіцієнт тертя анкера по стіnce з колод приймається рівним 0,4.

2. Розраховуємо питомий тиск на ґрунт від дії горизонтальних сил, $МПа$

$$\sigma_r = N_1 / (lh\eta) < [\sigma_r],$$

де h - висота вертикального щита, $см$.

3. Розрахунки перетину анкера аналогічний розрахункам полегшеного якоря.



Підбір пальових якорів

Пальові якорі застосовуються для кріплення різних елементів такелажного оснащення і являють собою одну або трохи дерев'яних (з колод) або металевих (із труб, швелерів або двотаврів) паль, забитих у ґрунт і зв'язаних між собою канатами.

Залежно від зусилля, що діє на пальовий якір, вибирають схему його конструкції (рис. 3.5)

і по табл. 3.1 визначають основні конструкційні розміри його елементів. Металеві якорі підбирають також по наступній табл. 3.2.

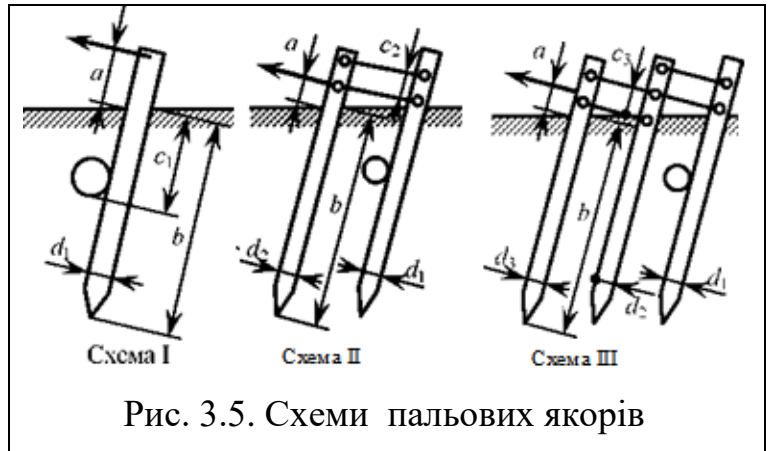


Рис. 3.5. Схеми пальових якорів

Таблиця 3.1.

Розміри зварних якорів

Зусилля в якорі, кН	a	b	Схема I		Схема II		Схема III	
			c ₁	b ₁	c ₂	b ₂	c ₃	b ₃
10	300	1500	400	180	-	-	-	-
15	300	1500	400	200	-	-	-	-
20	300	1500	400	260	-	-	-	-
30	300	1500	400	200	900	220	-	-
40	300	1500	400	220	900	250	-	-
50	300	1500	400	240	900	260	-	-
60	300	1500	400	200	900	220	900	280
80	300	1500	400	220	900	250	900	300
100	300	1500	400	240	900	260	900	330

Таблиця 3.2.

7. Характеристика сталевих пальових якорів із труб або зварених між собою полками двох швелерів або двотаврів

Профіль	Розміри перенумер профілю	Довжина мм	Зусилля на якір, кН
Труба	219/8	2500	30
Швелер	22	2400	30
	27	2650	50
Двотавр	18	2500	30
	22	2950	50

РОЗРАХУНОК ЩОГЛИ

У монтажній практиці знайшли застосування щогли вантажопідйомністю до 500 т і висотою до 60 м, а при використанні їх у спареному виді можливий підйом масою до 1000 т з відривом їх від ґрунту й масою до 1500 т без відриву від ґрунту.

Монтажні щогли можуть використовуватися в різних варіантах, наприклад, у вертикальному й похилому положенні; з відтягненням і без відтягнення вантажу; із двома поліспастами, розташованими симетрично, і з одним поліспастом, підвишеним на консолі.

Розрахунки щогл для цих варіантів має свої особливості:

1) загальні розрахунки для типів щогл:

- розрахунки мінімальної висоти щогли;
- розрахунки сумарних стискальних зусиль, що діють по осі щогли;
- розрахунки згинальних моментів (крім щогл із симетричним навантаженням);

2) розрахунки, що ставляться до певного типу щогли:

- розрахунки трубчастої симетрично навантаженої щогли;
- розрахунки трубчастої консольно навантаженої або похилої щогли;
- розрахунки гратчастої симетрично навантаженої щогли;
- розрахунки гратчастої консольно навантаженої або похилої щогли.

Визначення мінімальної висоти монтажної щогли.

Мінімальна висота щогли (m) визначається в такий спосіб:

- при підйомі встаткування способом ковзання з відривом від землі (рис. 3.6 а)

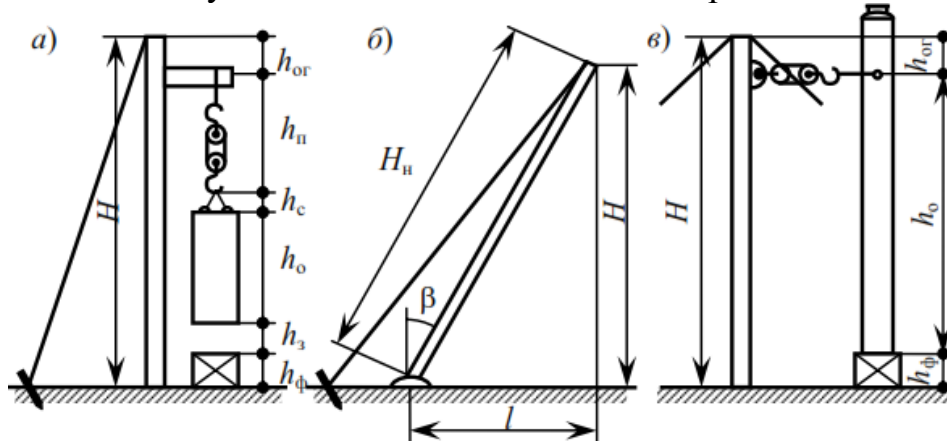


Рис.3.6. Розрахункові схеми висоти монтажної щогли.

$$H = h_{\phi} + h_{з} + h_{о} + h_{с} + h_{п} + h_{ог} ,$$

де h_{ϕ} - висота фундаменту, м; $h_{з}$ - запас висоти над фундаментом (у середньому $h_{з}=0,5$ м); $h_{о}$ - відстань від підстави апарата до місця стропування, м; $h_{с}$ - висота стропа, м (задаються залежно від поперечних габаритів устаткування й способу стропування); $h_{п}$ - висота поліспасти в стягнутому виді, м (визначається по таб.4, додат. Б залежно від вантажопідйомності); $h_{ог}$ - висота оголовка щогли, м (залежить від конструкції оголовка й становить звичайно 0,5...1,0);

- при підйомі встаткування способом повороту навколо шарніра (рис. 3.6, в)

$$H = h_{\phi} + h_{о} + h_{ог}$$

У цьому випадку висота щогли підбирається з розрахунку, при якому положення піднімального поліспасти буде близьким до горизонтального при проектному положенні встаткування, що піднімається.

Висоту похилої щогли визначають із урахуванням кута нахилу щогли до вертикалі β (рис. 3.6, б)

$$H_{п} = H / \cos \beta .$$

Знаходження сумарного стискального зусилля, що діє по осі щогли. Залежно від способу використання щогл стискальне зусилля, кН, спрямоване по осі щогли, визначається по одній з наступних формул:

- для вертикальної щогли із двома поліспастами, розташованими симетрично (рис. 3.7, а)

$$N = 10G_{о}k_{п}k_{д} + 20G_{г.п.}k_{п} + 10G_{м}k_{п} + 2S_{п} + S_{н.в} ;$$

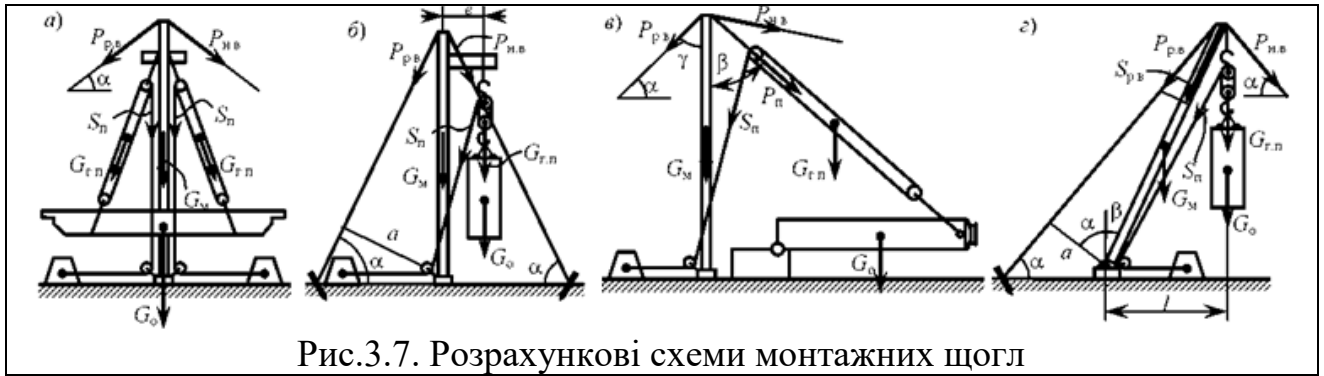


Рис.3.7. Розрахункові схеми монтажних щогл

- для вертикальної щогли з одним поліспастом, підвішеним на консолі (рис.3.7,б)

$$N = 10G_0 k_{\Pi} k_d + 10G_{r.\Pi} k_{\Pi} + 10G_M k_{\Pi} + S_{\Pi} + S_{н.в} + S_{р.в} ;$$

- для вертикальної щогли з одним поліспастом, спрямованим до щогли під кутом (рис. 3.7, в)

$$N = P_{\Pi} k_{\Pi} k_d \cos \beta + 10G_{r.\Pi} k_{\Pi} + 10G_M k_{\Pi} + S_{\Pi} + S_{н.в} + S_{р.в} ;$$

- для похилої щогли з одним поліспастом, підвішеним на консолі (рис. 3.7, з)

$$N = 10G_0 k_{\Pi} k_d \cos \beta + 10G_{r.\Pi} \cos \beta + 5G_M k_{\Pi} \cos \beta + S_{\Pi} + S_{н.в} + S_{р.в} ,$$

де G_0 - маса встаткування, що піднімається, t ; $G_{r.\Pi}$ - маса вантажного поліспасти, t (виходить шляхом розрахунків); G_M - маса щогли, t (визначаємо спочатку орієнтовно): для трубчастої щогли, використовуючи дадат. 15, підбираємо перетин сталевий труби, а по дадат. 7 знаходимо масу 1 м труби g^T для цього перетину $G_M = g^T H$; для ґратчастої - залежно від G_0 і H по формулі $G_M = (0,002...0,005)G_0 H$, для схеми підйому (рис. 3.7, в) $G_M = (0,0002...0,0005)1,5P_{\Pi} H$; P_{Π} - зусилля у вантажному поліспасті, kH (перебуває розрахунками); S_u - зусилля в ґалузях, що збігає, поліспасти, kH (визначається при розрахунках поліспасти); $S_{н.в}$ - стискальне зусилля від неробочих вант, kH (визначається по формулах: для вертикальної щогли $S_{н.в} = n P_{н.в} \sin \alpha$, для похилої щогли $S_{н.в} = n P_{н.в} \sin(\alpha - \beta)$); n - кількість неробочих вант (величиною n задається); $P_{н.в}$ - зусилля первісного натягу вант (визначається по дадат. 17); α - кут нахилу вант до горизонту (не більш 45°); β - кут нахилу щогли до вертикалі (призначають залежно від необхідного вильоту щогли l (рис. 3/7, з)); $S_{р.в}$ - стискальне зусилля від робочої задньої ванти, kH , яке знайдеться:

- для вертикальної щогли з консольною підвіскою поліспасти й з поліспастом, спрямованим під кутом до щогли, по формулі

$$S_{р.в} = P_{р.в} \sin \alpha ;$$

- для похилої щогли шляхом графічної побудови (рис. 3.7 з) або виходячи з наступних співвідношень:

β	5	10	15	20	25	30
S	0,1P	0,2P	0,35P	0,5P	0,7P	0,9P

де P - зусилля, прикладене до оголовка щогли, kH , без обліку впливу неробочих вант:

- для вертикальної щогли $P = 10G_0 k_{\Pi} k_d + 10G_{r.\Pi} k_{\Pi} + S_{\Pi}$;
- для похилої щогли $P = 10G_0 k_{\Pi} k_d + 10G_{r.\Pi} k_{\Pi} + 5G_M k_{\Pi}$;

P - зусилля в робочій задній ванті, кН:

- для вертикальної щогли з консольною підвіскою поліспасти

$$P_{p.v} = Pe/a + P_{n.v};$$

- для вертикальної щогли з поліспаством, спрямованим під кутом до щогли

$$P_{p.v} = P_n \sin \beta / \sin \gamma;$$

- для похилої щогли

$$P_{p.v} = Pl/a;$$

e - ексцентриситет підвіски поліспасти, м, дорівнює відстані від осі щогли до крапки підвіски поліспасти (0,2.. 0,9 м); l - величина вильоту щогли, м, $l = H_n \sin \beta$; a - відстань від п'яти щогли до задньої ванті, м; для вертикальної щогли $a = H \cos \alpha$; для похилої щогли $a = H_n \cos(\alpha + \beta)$, при цьому кут закладення задньої ванті α зменшується зі збільшенням кута нахилу щогли β і може бути знайдений з наступного співвідношення:

β	0	5	10	15	20	25	30
α	45	42,5	40	37,5	35	32,5	30

β , α - кути між щоглою й поліспаством, щоглою й робочою задньою вантою (рис. 3.7, в) визначаються розрахунками.

Визначення згинального моменту в щоглі. Згинальний момент визначається для щогл із консольною підвіскою поліспасти, коли сумарне стискаюче навантаження не збігається з поздовжньою віссю щогли, а також для похилих щогл, що звиваються під дією власної маси.

Обоє типу цих щогл зазнають позацентрового стискання, яке характеризується одночасним впливом на них поздовжнього стискального зусилля й згинального моменту. Симетрично навантажена вертикальна щогла працює на центральний стиск, і згинальний момент у ній відсутній. Щогла з одним поліспаством, закріпленою на консолі у випадку кріплення робочої задньої ванті до другої консолі, розташованої діаметрально, є симетрично навантаженою, і згинальний момент у ній також відсутній.

Згинальні моменти (κH см) підраховуються для наступних випадків:

- для вертикальної щогли з консольною підвіскою поліспасти:

у місці кріплення поліспасти

$$M_0 = (10G_o k_n k_d + 10G_n k_n + S_n) e;$$

у середньому перетині щогли на висоті 2/3 від її підстави

$$M_{cp} = 2(10G_o k_n k_d + 10G_n k_n + S_n) e/3;$$

- для похилої щогли з консольною підвіскою поліспасти:

у місці кріплення поліспасти

$$M_0 = (10G_o k_n k_d \cos \beta + 10G_n k_n \cos \beta + S_n) e - 10G_m k_n l/8;$$

у середньому перетині щогли на висоті 2/3 від її підстави:

$$M_{cp} = 2(10G_o k_n k_d \cos \beta + 10G_n k_n \cos \beta + S_n) e/3 - 10G_m k_n l/8;$$

- для похилої щогли при кріпленні поліспасти й задньої робочої ванті за симетрично розташованими консолі (згинальний момент тільки від власної маси щогли)

$$M = 10G_m k_n l/8.$$

У випадку, якщо галузі, що збігає, поліспада проходить усередині щогли, як це часто зустрічається в ґратчастих щоглах, зусилля в ній S_u при підрахунку згинального моменту не враховується.

Розрахунки трубчастих щогл. Симетрично навантажена щогла, що працює на центральний стиск. Виконавши розрахунки по визначенню мінімальної висоти щогли H і сумарного стискального зусилля N , як було зазначено вище, приступаємо до розрахунків поперечного перерізу щогли й перевірки її на стійкість. Ця частина розрахунків виконується в наступному порядку.

1. Визначаємо необхідну площу поперечного перерізу щогли, $см^2$

$$F_{тр} = N / (\varphi_0 m \cdot 0,1R),$$

де φ_0 - коефіцієнт поздовжнього вигину (орієнтовно призначається рівним для сталевих труби $\varphi_0=0,4$); m - коефіцієнт умов роботи (дадат. 5), для монтажних щогл $m=0,9$; R - розрахунковий опір при стиску для прокатної сталі (дадат. 2); для сталі класу С38/23 $R=210$ МПа.

2. Знаходимо розрахункову довжину щогли, м

$$H_m = \mu H,$$

де μ - коефіцієнт приведення розрахункової довжини (дадат. 16). Для монтажної щогли $\mu = 1$.

3. По таблиці (дадат. 7) підбираємо перетин сталевих труби (зовнішній діаметр і товщину стінки), визначаючи площу перетину $F^r \geq F_{тр}$ ($см^2$) і радіус інерції r ($см$).

4. Визначаємо гнучкість щогли

$$\lambda = H_m / r \leq [\lambda],$$

де $[\lambda]$ - гранична гнучкість (дадат. 13), для трубної щогли $[\lambda]=180$.

5. По дадат. 14 визначаємо коефіцієнт поздовжнього вигину φ , відповідний до розрахункової гнучкості λ .

6. Отриманий перетин труби для щогли перевіряємо на стійкість

$$N / (F^r \varphi) \leq mR.$$

При дотриманні даного нерівності міцність і стійкість щогли будуть забезпечені за умови, що розрахункова гнучкість λ менше граничної $[\lambda]$. А якщо ні, то необхідно підібрати інший перетин сталевих труби, що забезпечує дотримання цих умов.

Список літератури

1. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов / Гальперин М.И. и др. - М.: Стройиздат, 1982. -350 с.
2. Матвеев, В.В. Примеры расчёта такелажной оснастки / В.В. Матвеев. – Л. : Стройиздат, 1979. – 320 с.
3. Никитин, Н.В. Краткий справочник монтажника и ремонтника / Н.В. Никитин, Ю.Ф. Гаршин, С.Х. Меллер. – М. :Энергоиздат, 1983. – 168 с.
4. Справочник техника-конструктора. - Изд.3-е, перераб. и доп./Я.А.Самохвалов, М.Я.Левицкий, В.Д.Григораш. – Киев: Техніка,1978.- 592 с.
5. ГОСТ 3081-80. Канаты двойные.
6. Мікульонок І. О. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв / І. О. Мікульонок. — К. : ІЗМН, 1998. — 256 с.

7. Мікульонок І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв / І. О. Мікульонок. — К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2010. — 412 с.
8. Молоканов Ю.К., Харас З.Б. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1973. - 300 с.
9. Кичихин Н.Н. Изготовление и монтаж технологических металлических конструкций.- М.: Стройиздат, 1980.- 255 с.
10. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. — Л. : Химия, 1981. — 368 с.
11. Фарамазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. — М. : Химия, 1988. — 304 с.
12. К.М. Гайдамак, Б.А. Тыркин Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности /М. : Высш. шк., 1983. — 271 с.
13. Рахмилевич З. З. Справочник механика химических и нефтехимических производств / З. З. Рахмилевич, И. М. Радзин, С. А. Фарамазов. — М. : Химия, 1985. — 592 с.
14. Берлинер Ю. И. Технология химического и нефтяного машиностроения / Ю. И. Берлинер, Ю. А. Балашов. — М. : Машиностроение, 1976. — 256 с.
15. Краткий справочник по грузоподъемным машинам/Чернега В.И. и др. - Киев: Техника, 1988.
16. Кичихин Н.Н. Изготовление и монтаж технологических металлических конструкций.- М.: Стройиздат, 1980.- 255 с.
17. Анурьев В. И.Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 томах. -5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. Т1. – 728 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 1.

Коефіцієнт запасу міцності сталевих канатів K_3

Призначення каната	Привід	Коеф. запасу
Вантажний для кранів, лебідок, поліспастів	Ручний	4,5
	Машинний	5,0-6,0
Строповий канат		6,0

Таблиця 2

Коефіцієнт поздовжнього вигину ϕ для сталі марки 3

Гнучкість λ	Коеф. ϕ	Гнучкість λ	Коеф. ϕ	Гнучкість λ	Коеф. ϕ
0	1,000	70	0,810	140	0,360
5	0,995	75	0,780	145	0,340
10	0,990	80	0,750	150	0,320
15	0,980	85	0,720	155	0,305
20	0,970	90	0,690	160	0,290
25	0,960	95	0,645	165	0,275
30	0,950	100	0,600	170	0,260
35	0,935	105	0,560	175	0,245
40	0,920	110	0,520	180	0,230
45	0,905	115	0,485	185	0,220
50	0,890	120	0,450	190	0,210
55	0,875	125	0,425	195	0,200
60	0,860	130	0,400	200	0,190
65	0,835	135	0,380		

Таблиця 3

ГОСТ 3081-80. Канат подвійний

Діаметр каната, мм	Маса 1000 м змащеного каната, кг	Маркувальна група, Н/мм ² (кгс/мм ²)				Максимальна довжина каната, що виготовляється, м
		1370 (140)	1570 (160)	1770 (180)	1960 (200)	
		Загальне розривне зусилля всіх дротів у канаті, Н (не менш)				
12,5	650,0	—	111000	124500	138500	1500
14,0	782,5	—	133500	150500	167000	1500
15,0	927,6	—	158500	178000	198000	1500
16,5	1085,0	—	185500	208500	231500	1000
17,5	1255,0	187500	214500	241000	268000	1000
19,0	1485,0	221500	253500	285000	317000	1000
20,5	1681,0	251000	287000	323000	359000	1000
21,5	1890,0	282500	323000	363500	404000	1000
22,5	2115,0	316000	361000	406000	451000	1000
25,0	2560,0	382500	437500	492000	546500	1000
27,5	3050,0	457000	522000	587500	652500	1000
29,0	3630,0	542500	620000	697500	775000	1000
31,5	4251,0	636000	726500	817500	908500	1000
34,0	4923,0	736500	841500	947000	1050000	1000
35,5	5415,0	810000	925500	1040000	—	1000
38,0	5935,0	887500	1010000	1140000	—	1000
40,5	6723,0	1005000	1145000	1290000	—	1000
43,0	7585,0	1130000	1290000	1450000	—	1000
45,5	8605,0	1280000	1465000	1650000	—	1000

Додаток Б

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів тертя ковзання f

Матеріал контактних поверхонь	Стан поверхонь	Значення f	Матеріал контактних поверхонь	Стан поверхонь	Значення f
Сталь по сталі	Сухі	0,15	Сталь по снігу	-	0,02
	Змащені	0,10	Сталь по піщанику	Сухі	0,42
Сталь по дереву	Сухі	0,40	Дерево по дереву	Сухі	0,50
	Змащені	0,11		Змащені	0,15
Сталь по бетону	Сухі	0,45	Дерево по бетону	Сухі	0,50
Сталь по гравію	Сухі	0,45	Дерево по снігу	-	0,035

Таблиця 2

Розрахункові опори прокатної сталі

Напружений стан	Умовні позначення	Розрахункові опори, МПа, для сталі класу			
		С 38/23	С 44/29	С 46/33	С 52/40
Розтягання, стискання,	R	210	260	290	340
Зріз	R_{cp}	130	150	170	200

Таблиця 3

Основні розрахункові дані сталевих безшовних гарячедеформованих труб

Діаметр, мм		Товщина стінки δ , мм	Площа перетину F^T , см ²	Момент інерції I^T , см ⁴	Момент опору W^T , см ³	Радіус інерції r , см	Маса 1 м g^T , кг
Наружний d_n	Внутрішній d_v						
273	257	8	66,6	5853	429	9,37	52,28
	253	10	82,6	7157	525	9,31	64,86
	249	12	98,4	8398	615	9,23	77,24
	245	14	114,0	9582	702	9,18	89,42
	241	16	129,0	10710	785	9,12	101,14
	237	18	144,0	11780	863	9,04	113,20
	233	20	159,0	12800	938	8,97	124,79
159	147	6	28,8	845	106	5,41	22,64
	143	8	37,9	1085	136	5,35	29,79
	139	10	46,8	1304	164	5,28	36,75
	135	12	55,4	1507	190	5,21	43,5
	131	14	63,8	1692	213	5,15	50,06
	127	16	71,9	1861	324	5,09	56,43
	123	18	79,7	2014	253	5,03	62,29
	119	20	87,3	2153	270	4,97	68,56
325	309	8	79,7	10010	616	11,2	62,54
	305	10	99,0	12290	756	11,1	77,68
	301	12	118,0	14470	891	11,1	92,63
	297	14	137,0	16570	1020	11,0	107,38
	293	16	155,0	18590	1144	10,9	121,93
	289	18	174,0	20530	1263	10,9	136,28
	285	20	192,0	22380	1377	10,8	150,44
426	406	10	131,0	28290	1328	14,7	102,60
	402	12	156,0	33470	1572	14,6	122,52
	398	14	181,0	38500	1808	14,6	142,25
	394	16	206,0	43900	2260	14,5	161,78
	390	18	230,0	48400	2530	14,4	181,11
	386	20	255,0	53000	2770	14,3	200,25

Таблиця 4

Технічна характеристика монтажних блоків

Тип або умовне позначення	Вантажопідйомність, т	Кількість роликів	Діаметр роликів	Діаметр канату (максимальний), мм	Довжина поліспа-сту у стягнутому виді, м	Маса блоку, кг
БМ-1,25	1,25	1	120	9	–	6
БМ-2,5	2,5	1	150	13	–	14
Б5-200	5	1	200	17,5	–	48
Б10-300	10	1	300	17,5	–	48
Б10-300	15	1	400	30,5	–	112
БМ-25М	25	1	405	28,5	–	130
БМ-63	63	1	630	43,5	–	405
Б-10	10	2	400	24	2,5	135
БМ-15	15	2	400	26	2,7	206
Б20-3	20	3	400	26	3,0	248
БМ-25	25	3	400	26	2,9	331

Тип або умовне позначення	Вантажопідйомність, <i>m</i>	Кількість роликів	Діаметр роликів	Діаметр канату (максимальний), <i>мм</i>	Довжина поліспасти у стягнутому виді, <i>м</i>	Маса блоку, <i>кг</i>
БМ-30	30	3	400	24	3,2	407
БМ-50	50	3	474	24	2,7	760
БМ-100	100	3	474	28,5	3,4	1740
Б30-4	30	4	400	26	3,0	460
БМ-32	32	4	300	24	2,3	205
Б50-4	50	4	400	28,5	2,2	281
БМ-40	40	5	400	26	3,3	579
БМ-40	50	5	450	24	3,0	775
БМ-100	100	5	700	28,5	3,7	1605
Б50-30	50	6	400	24	2,3	335
БМ-50	50	7	400	26	4,3	1667
БМ-75	75	7	475	26	3,1	1667
БМ-130	130	7	550	33	3,5	2040
БМК-160	160	8	450	32,5	3,3	1366
БМ-200	200	10	405	27	3,4	1400
БМ-280	280	11	545	40	4,5	3160
БМ-630	630	13	630	42	5,1	6000 (нерухомого) 5610 (рухомого)