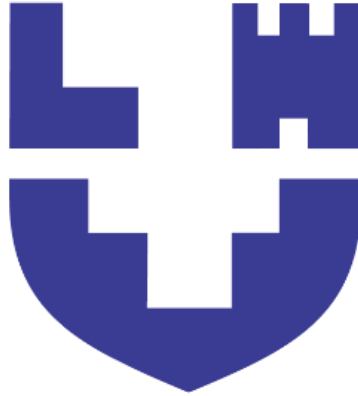


Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА ТА
ВИРОБНИЧА БАЗА БУДІВНИЦТВА

Методичні вказівки для практичних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань 19 Архітектура та будівництво
(G Інженерія, виробництво та будівництво)
спеціальності 192 (G19) Будівництво та цивільна інженерія
денної та заочної форм навчання

ЛУЦЬК 2026

УДК 624(07)
Б90

До друку
Голова вченої ради
факультету архітектури, будівництва та дизайну

О. АНДРІЙЧУК

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н. ПОЛЩУК

Затверджено вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ,
протокол № ____ від « ____ » _____ 2026 року

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ,
протокол № ____ від « ____ » _____ 2026 р.

Завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії _____ О. УЖЕГОВА

Укладачі: _____ О. ЧАПЮК, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та
цивільної інженерії ЛНТУ;

_____ О. ПАХОЛЮК, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва
та цивільної інженерії ЛНТУ

Рецензент: _____ О. УЖЕГОВА, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри
будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ

Відповідальна за випуск: _____ О. УЖЕГОВА, кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ

Будівельна техніка та виробнича база будівництва [текст]: методичні вказівки для
Б90 практичних занять студентів для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-
професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура
та будівництво (G Інженерія, виробництво та будівництво) спеціальності 192 (G19)
Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / укладачі
О.ЧАПЮК, О. ПАХОЛЮК. – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 78 с.

У методичних вказівках наведено постановку задачі, порядок розрахунків і короткі
пояснення до виконання практичних вправ з курсу „Будівельна техніка та виробнича база
будівництва”.

Методичне видання складене відповідно до програми нормативної дисципліни
професійного спрямування «Будівельна техніка та виробнича база будівництва» та
призначене для здобувачів, які навчаються на ОП «Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форм навчання.

© О.С. Чапюк, 2026
© О.А. Пахолук, 2026

ЗМІСТ

	Вступ	3
1	Будівельний комплекс. Визначення об'єму складів	4
2	Будівельний комплекс. Розрахунок потреби будівництва в транспортних засобах	7
3	Кар'єри корисних копалин та виробництво заповнювачів для бетону	14
4	Кар'єри корисних копалин та виробництво заповнювачів для бетону. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА КАР'ЄРАХ	23
5	Виробництво бетонних сумішей та будівельних розчинів та їх транспортування	29
6	Виробництво бетонних сумішей та будівельних розчинів і їх транспортування. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ	33
7	Машини для земляних робіт. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКРЕПЕРА	37
8	Машини для земляних робіт. ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ КОΠΑННЯ ОДНОКОВШОВОГО ЕКСКАВАТОРА	42
9	Вантажопідійомні машини і механізми. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЛЕБІДКИ	46
10	Вантажопідійомні машини і механізми. ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ОСНОВНИХ РОБОЧИХ РУХІВ БАШТОВИХ ТА САМОХІДНИХ СТІЛОВИХ КРАНІВ	51
11	Вантажопідійомні машини і механізми. РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ БАШТОВОГО КРАНА	57
	Література.....	77

Вступ

Мета методичних вказівок полягає в закріпленні та поглибленні теоретичних знань, отриманих студентами в лекційному курсі, практичному ознайомленні з методиками розрахунків конструктивних, технологічних і економічних показників елементів будівельної техніки та виробничої бази будівництва.

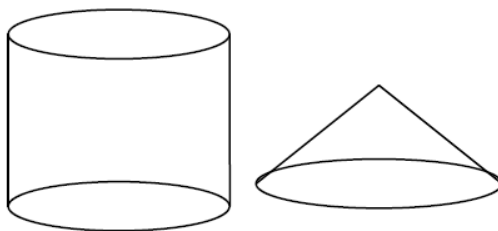
Кожна вправа містить постановку задачі, порядок розрахунків, розрахункові параметри, перелік прийнятих позначень і короткі теоретичні пояснення. Значення всіх необхідних параметрів і коефіцієнтів наведено в таблицях та на рисунках. Практичні вправи можуть використовуватись і як індивідуальні завдання.

Закінчуються методичні рекомендації переліком літературних джерел, що використовувались.

Практичне заняття №1. Будівельний комплекс

Визначення об'єму складів

№1. Визначити діаметр циліндричного силосу для зберігання цементу. Висота силосу h м. Треба зберігати (*№варіанту*) т цементу. Насипна щільність цементу $1,3 \text{ т/м}^3$. Коефіцієнт заповнення силосу $0,9$.



а)

б)

Рис.1

$$\text{а) } V = \pi R^2 H;$$

$$\text{б) } V = \frac{1}{3} \pi R^2 H;$$

$$V = m / \rho.$$

№2. Визначити кількість циліндричних силосів, які входять до складу цементу ємкістю $50 \times$ (*№варіанту*) т. Висота силосної банки h м, діаметр b м. Насипна щільність цементу 1300 кг/м^3 . Коефіцієнт заповнення силосу $0,9$.

№3. Визначити площу складу піску ємкістю $30 \times$ (*№варіанту*) т. Насипна щільність піску 1300 кг/м^3 . Кут відкосу 45° .

№4. Розрахувати в залежності від класу бетону та його потреби кількість складів цементу та заповнювачів (за видами і фракціями), визначити місткість складів для сировинних матеріалів.

Зміст роботи: розрахунок місткості і кількості складів бункерного типу для цементу, піску, щебеню, керамзиту.

Поради до виконання роботи:

1. Кількість сипучих матеріалів, що зберігаються окремо на складі, визначається видом і маркою бетону, продуктивністю та режимом роботи підприємства, умовами поставки матеріалів, видом транспорту, режимом його роботи, відстанню транспортування і розраховується за формулою:

$$Q_{ск} = Q_{пл} \times H_{зап} \times K_1 \times K_2$$

де: $Q_{ск}$ - кількість певного типу сировинних матеріалів, які необхідно зберігати на складі, м^3 або тонн;

$Q_{пл}$ - кількість матеріалу, необхідного для виробництва заданого об'єму готової продукції підприємством за одну добу, м^3 або тонн;

$H_{зап}$ - норма запасу матеріалу на складі, діб, ОНТП-07-85

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалів на складі, рівний $1,5$ для залізничного і $1,3$ для автомобільного транспорту (ОНТП 07-85);

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання на підприємстві матеріалів, рівний 1.5.

2. При визначенні габаритів і місткості складів враховується кількість і вид матеріалу, призначеного для зберігання, норма складування, а також спосіб здійснення навантажувально-розвантажувальних робіт на складі.

3. Місткість складів бункерного типу, що використовується для зберігання заповнювачів і цементу визначається за формулою:

$$V_{\text{бун}} = h \times (a^2 + a \times b + b^2) / 3$$

де: h - висота бункера, м

a - довжина сторони верхнього квадратного отвору, м

b - довжина сторони випускного отвору, м

4. Кількість бункерів, потрібних для зберігання необхідної кількості конкретних матеріалів за видами і фракціям визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{СК}}}{V_{\text{БВН}}}$$

де: N - кількість бункерів,

$V_{\text{БВН}}$ - місткість бункера, м³

5. Для забезпечення достатнього фронту робіт під час розвантаження заповнювачів штабельного типу, які прибувають на склад, розраховується довжина розвантажувального фронту, яка не повинна бути більшою, ніж довжина складу.

$$L = \Pi_{\text{тр}} \times l + C \times (\Pi_{\text{тр}} - 1)$$

де: L - довжина розвантажувального фронту, яка дорівнює довжині штабельного складу для зберігання конкретного виду матеріалу, м;

$\Pi_{\text{тр}}$ - кількість одночасно розвантажуваних транспортних засобів;

l - довжина транспортного засобу, м

l залізничного - 24; автомобільного - 6.

C - відстань між транспортними засобами при встановленні їх під розвантаження, яка становить для залізничного транспорту - 1.5 м; для автомобільного - 1 м при встановленні автомобілів перпендикулярно до фронту розвантаження і 2,5 м - при встановленні їх вздовж фронту розвантаження.

6. Ширину штабельного складу для зберігання конкретного матеріалу визначають за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{2 \times Q_{\text{СК}}}{\text{tg } \alpha \times L \times K}}$$

де: B - ширина складу, м

K - коефіцієнт використання площі складу, який дорівнює 0,8;

α - кут природнього нахилу матеріалу, який умовно прийнятий однаково для піску, щебеню і керамзиту і дорівнює 45°.

Норма запасу матеріалу на складі $N_{\text{зап}}$ складає 5 діб.

Усі чотири задачі не зв'язані між собою. Вихідні дані до кожної з задач необхідно брати з таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

№	Вид бетон	Марка	Клас	Цемент, кг	Пісок, кг	Щебінь 10–20	Щебінь 20–40	Кера мзит	Добова потреба, м ³	Вид транспорту	a	b	h	К-сть, шт
1	Важ.	M150	C8/10	251	631	530	797	-	50	Автотрансп.	3	4	5	2
2	Важ.	M200	C10/12	280	603	583	784	-	100	Автотрансп.	3	4	5	3
3	Важ.	M250	C12/15	301	600	511	765	-	150	Автотрансп.	8	4	5	4
4	Важ.	M300	C16/20	351	564	495	742	-	225	Автотрансп.	10	4	5	7
5	Важ.	M350	C20/25	401	518	485	726	-	250	Автотрансп.	12	5	4	6
6	Важ.	M400	C30/37	500	508	473	708	-	300	Залізнич.	5	5	4	7
7	Легк.	M100	C6/8	250	343	-	-	562	350	Залізнич.	7	5	4	8
8	Легк.	M150	C8/10	205	338	-	-	545	400	Залізнич.	6	6	6	9
9	Легк.	M200	C10/12	345	307	-	-	495	425	Залізнич.	9	6	6	11
10	Легк.	M250	C12/15	430	270	-	-	435	500	Залізнич.	8	6	6	11
11	Важ.	M150	C8/10	261	611	550	777	-	60	Автотрансп.	4	5	6	2
12	Важ.	M200	C10/12	290	583	603	764	-	80	Автотрансп.	4	5	6	3
13	Важ.	M250	C12/15	311	580	531	745	-	160	Автотрансп.	9	5	6	4
14	Важ.	M300	C16/20	361	544	525	722	-	250	Автотрансп.	11	5	6	7
15	Важ.	M350	C20/25	411	498	505	706	-	270	Автотрансп.	13	6	5	6
16	Важ.	M400	C30/37	510	488	493	688	-	320	Залізнич.	6	6	5	7
17	Легк.	M100	C6/8	260	303	-	-	542	360	Залізнич.	8	6	5	8
18	Легк.	M150	C8/10	215	318	-	-	525	420	Залізнич.	7	7	7	9
19	Легк.	M200	C10/12	355	297	-	-	475	440	Залізнич.	10	7	7	11
20	Легк.	M250	C12/15	440	250	-	-	415	480	Залізнич.	9	7	7	11
21	Важ.	M150	C8/10	241	651	510	817	-	40	Автотрансп.	2	3	4	2
22	Важ.	M200	C10/12	270	623	563	804	-	120	Автотрансп.	2	3	4	3
23	Важ.	M250	C12/15	291	620	491	785	-	140	Автотрансп.	7	3	4	4
24	Важ.	M300	C16/20	341	584	475	762	-	200	Автотрансп.	9	3	4	7
25	Важ.	M350	C20/25	391	538	465	746	-	230	Автотрансп.	11	4	3	6
26	Важ.	M400	C30/37	490	528	453	728	-	280	Залізнич.	4	4	3	7
27	Легк.	M100	C6/8	240	363	-	-	582	340	Залізнич.	6	4	3	8
28	Легк.	M150	C8/10	195	358	-	-	565	380	Залізнич.	5	5	5	9
29	Легк.	M200	C10/12	335	327	-	-	515	410	Залізнич.	8	5	5	11
30	Легк.	M250	C12/15	420	290	-	-	455	520	Залізнич.	7	5	5	11
31	Важ.	M150	C8/10	251	631	530	797	-	50	Автотрансп.	2	4	6	3
32	Важ.	M200	C10/12	280	603	583	784	-	100	Автотрансп.	4	5	5	4
33	Важ.	M250	C12/15	301	600	511	765	-	150	Автотрансп.	9	4	3	3
34	Важ.	M300	C16/20	351	564	495	742	-	225	Автотрансп.	8	4	4	6
35	Важ.	M350	C20/25	401	518	485	726	-	250	Автотрансп.	11	5	3	5

Практичне заняття №2. Будівельний комплекс

Розрахунок потреби будівництва в транспортних засобах

Транспортні засоби в будівництві поділяються на **зовнішні** та **внутрішньобудівельні**. Зовнішній транспорт перевозить вантажі із-за меж будівельного майданчика на його територію, а внутрішньобудівельний – переміщає вантажі в межах території будівельного майданчика і призначений для зв'язування виробничих підприємств, баз, житлових містечок як між собою, так і з окремими об'єктами будівництва.

Залежно від характеру вантажопідйомності і типу автомобільного транспорту перевезення вантажів може здійснюватись в основному за двома схемами: маятниковою і кільцевою. При маятниковій схемі шлях транспортного засобу в навантаженому стані і порожняком здійснюється по одній і тій же трасі. При кільцевій схемі – по замкнутому контуру в одному напрямку без зустрічного руху (наприклад, рух автомобілів при обслуговуванні екскаваторів в котловані або кар'єрі).

У якості зовнішнього застосовується залізничний, автомобільний, рідше водний і повітряний транспорт. У якості внутрішньобудівельного транспорту використовують в основному автомобільний, тракторний, рідше залізничний. Інколи при внутрішньобудівельних перевезеннях застосовують підвісні канатні дороги, трубопровідний і конвеєрний транспорт.

В загальному вигляді розрахункове число працюючих автомобілів або тягачів для кожного вантажу може бути визначено за формулою:

$$N_a = \frac{Q \cdot t_{\text{Ц}}}{q \cdot T_{\text{ТР}}},$$

де Q – загальна кількість вантажів (вантажопотік), що перевозиться за розрахунковий період часу, т;

$t_{\text{Ц}}$ – тривалість рейсу автомобіля (в навантаженому і порожньому стані), год;

q – корисне навантаження одного автомобіля або тягача, т;

$T_{\text{ТР}}$ – тривалість розрахункового періоду, год.

Тривалість рейсу (циклу) визначається як:

$$t_{\text{Ц}} = t_H + \frac{L}{V_{\text{ср.н}}} + \frac{L}{V_{\text{ср.х}}} + t_p + t_M,$$

де t_H – тривалість навантажувальної операції, год;

L – довжина шляху в одному напрямку, км;

$V_{\text{ср.н}}$ – середня швидкість руху автомобіля у навантаженому стані, км/год.;

$V_{\text{ср.х}}$ – середня швидкість руху автомобіля у розвантаженому стані (холостий пробіг), км/год.;

t_p – тривалість розвантажувальної операції, год;

t_M – час на маневрування автомобіля при навантажувально-розвантажувальних операціях, год.

Облікова кількість автомобілів або тягачів на будівництві (в автопарках) може бути визначена за формулою:

$$N_{II} = \frac{N_a \cdot K_{зм}}{K_{нор} \cdot K_m},$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності роботи автомашин (при роботі в одну зміну $K_{зм} = 1,0$, при роботі у дві зміни – $K_{зм} = 1,5$, у три – $K_{зм} = 2,0$);

$K_{нар}$ – коефіцієнт, що враховує ефективність використання парку машин ($K_{нар} = 0,65 \dots 0,85$);

K_m – коефіцієнт використання тоннажу автомобіля (приймається $0,9 \dots 0,95$).

Загальна потужність автомобільного парку будівництва може бути розрахована шляхом додавання облікового числа машин, що визначені для різних вантажопотоків.

Залежно від різних умов будівництва і специфічних особливостей будівельних вантажів остаточно вибирають вид зовнішнього і внутрішньо-будівельного транспорту на основі техніко-економічного порівняння різних варіантів.

Основним показником оцінки економічності порівнюваних варіантів є собівартість перевезення 1 т вантажів.

Шлях переміщення ґрунту з кар'єру до місця його укладання повинен бути коротким і відповідати умовам допустимих можливих ухилів і радіусів заокруглень. Для циклічних видів транспорту (автосамоскидів, тракторних причепів, скреперів) необхідно визначити їх продуктивність та облікове число. Як правило, розглядають декілька видів землерийної техніки і транспортних засобів, а потім на основі техніко-економічного аналізу варіантів вибирають оптимальний комплект машин і механізмів.

Кількість автосамоскидів, яка обслуговує один одноківшевий екскаватор визначається за формулою:

$$n_{a,o} = \frac{П_з}{П_a}, \quad (2.1)$$

де $П_з$ – експлуатаційна продуктивність землерийної машини у кар'єрі ($м^3/маш.год.$), яка визначається за формулою:

$$П_з = \frac{1000}{H_e}, \quad (2.2)$$

де H_e – норма машинного часу екскаватора за одиницю об'єму робіт (на $1000 м^3$), яка приймається за ДБН Д 2.2.1-99 (табл.)

Експлуатаційна продуктивність автосамоскида визначається за формулою:

$$П_a = \frac{60 \cdot Q_a \cdot K_{mp} \cdot K_{ef}}{T_u}, \quad (2.3)$$

де Q_a – об'єм ґрунту у кузові самоскида, який приведений до його об'єму у щільному тілі в кар'єрі, $м^3$;

K_{mp} – коефіцієнт, який враховує нерівномірність подачі транспортних засобів під навантаження (приймається $K_{mp} = 0,9$);

K_{ef} – коефіцієнт, який враховує ефективність використання автосамоскида протягом зміни (приймається $K_{ef} = 0,74...0,83$);

T_u – тривалість одного циклу (рейсу) транспортної одиниці, хв.

Для того, щоб визначити значення Q_a і T_u необхідно попередньо узгодити завантаженість автосамоскидів, виходячи з цілого числа ковшів K_a на кожен автосамоскид. Для цього розраховується кількість ковшів екскаватора, яка входить у кузов вибраного автосамоскида за формулою:

$$K_a = \frac{Q_6}{\gamma_2 \cdot q_2 \cdot K_{nan} \cdot K_{роз}}, \quad (2.4)$$

де Q_6 – вантажопідйомність автосамоскида, т;

γ_2 – об'ємна маса ґрунту в кар'єрі, т/м³;

q_2 – геометрична місткість ковша екскаватора, м³.

K_{nan} – коефіцієнт, який враховує наповнення ковша екскаватора (приймається $K_{nan} = 0,9...0,95$);

$K_{роз}$ – коефіцієнт приведення об'єму розпушеного ґрунту до об'єму його у природному стані, тобто у кар'єрі (приймається $K_{роз} = 0,78...0,80$).

Остаточне значення $K_{a.ост}$ приймається цілим.

$$Q_a = K_{a.ост} \cdot q_2 \cdot K_{nan} \cdot K_{роз} = 5 \cdot 2,0 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 7,2 \text{ м}^3 \quad (2.5)$$

Повинна виконуватися умова $Q_a < \text{об'єму кузова}$.

Тривалість циклу транспортування ґрунту визначаємо за формулою:

$$T_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (2.6)$$

де t_1 – тривалість подачі автотранспорту під навантаження, хв. ($t_1 = 2$ хв.);

t_2 – тривалість навантажувальної операції, яка визначається за формулою:

$$t_2 = \frac{60 \cdot Q_a \cdot K_{зам}}{П_3}, \quad (2.7)$$

де $K_{зам}$ – коефіцієнт, який враховує збільшення тривалості навантаження у випадку непередбачених затримок (приймається $K_{зам} = 1,1$);

t_3 – тривалість навантаженого ходу від кар'єру до місця відсіпання ґрунту, хв., яка визначається за формулою:

$$t_3 = \left(\frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_3}{V_3} \right) \cdot K_{ув}, \quad (2.8)$$

де l_1, l_2, l_3 – довжини ділянок шляху з різними умовами пересування транспорту (ухили, стан поверхні шляху тощо), l_1, l_3 – задовільний стан, м;

V_1, V_2, V_3 – середні швидкості навантаженого автосамоскиду на відповідних ділянках шляху l_1, l_2, l_3 , м/хв. (додаток 1);

$K_{шв}$ – коефіцієнт, який враховує зменшення швидкості руху автотранспорту від розрахункової у зв'язку із непередбаченими його затримками на різних ділянках шляху ($K_{шв} = 1,05...1,10$).

Знаючи розміри кар'єру, визначається значення l_1 за формулою:

$$l_1 = \frac{l_k}{2} \text{ м,} \quad (2.9)$$

Знаючи довжину греблі, визначається значення l_3 за формулою:

$$l_3 = \frac{l_z}{2} \text{ м,} \quad (2.10)$$

Довжина шляху від кар'єру до початку греблі l_2 приймається згідно вих. даних.

Тривалість розвантаження автотранспортних засобів приймається $t_4 = 2$ хв.

Тривалість ходу автотранспорту без вантажу t_5 приймається з певним запасом аналогічно значенню t_3 при відповідних швидкостях руху, хв.

У практиці гідротехнічного і водогосподарського будівництва, як правило, приймається $t_3 = t_5$.

Остаточню приймаємо ціле значення кількості автосамоскидів, заокруглюючи це число у більшу сторону.

Облікова кількість автосамоскидів у автопарку визначається за формулою:

$$N_a = \frac{n_{a.o} \cdot K_{зм} \cdot n_e}{K_{нар} \cdot K_m}, \quad (2.11)$$

де $n_{a.o}$ – кількість автосамоскидів, шт;

n_e – кількість одноківшевих екскаваторів, шт;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності роботи автомашин;

$K_{нар}$ – коефіцієнт, який враховує ефективність використання парку автосамоскидів, який приймається $K_{нар} = 0,65...0,85$;

K_m – коефіцієнт використання тоннажу автомобіля ($K_m = 0,9...0,95$).

Підібрати автотранспортні засоби для переміщення ґрунту з кар'єру до місця відсипання при таких умовах:

Таблиця 2.1

№п/п	Марка автосамоскиду	Марка екскаватора, (Не, маш год)	Розміри кар'єру, м		Довжина насипної земляної греблі, м	Довжина шляху від кар'єру до початку греблі, м	Кількість змін
			Довжина	Ширина			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	FAW 3252	Э-257 (90,4)	430	120	500	2800	2
2	FAW 3253	Э-357 (67,8)	820	350	340	1600	3
3	FAW 3310	Э-652А (34,7)	230	290	280	3800	1
4	Hyundai HD 120	Э-801(28,2)	730	420	410	4400	3
5	Hyundai HD 160	Э-1003 (22,6)	650	680	780	5300	3

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Hyundai HD 270	Э-1252 (18,1)	410	320	820	1200	2
7	Hyundai HD 370	Э-1552 (15,1)	530	320	580	2800	3
8	Volvo FM-1	Э-2003 (11,3)	830	760	650	1400	1
9	Volvo FM-2	Э-2005 (10,1)	750	430	560	3100	1
10	Урал-55571-40	Э-2503 (9,1)	1100	520	1200	2200	2
11	Урал-5557-40	СЭ-3 (7,5)	630	330	750	1500	3
12	Урал-55571-44	ЭКГ-4 (5,6)	950	840	740	3500	2
13	Урал-63621	Э-257 (90,4)	350	250	570	2950	2
14	КрАЗ-6510	Э-357 (67,8)	430	320	680	2200	1
15	КрАЗ-6130С4	Э-652А (34,7)	660	480	380	1800	2
16	КрАЗ-65055-040	Э-801(28,2)	830	550	450	2700	2
17	КрАЗ-65055-053-02	Э-1003 (22,6)	670	320	680	1200	3
18	КрАЗ-65033-051-02	Э-1252 (18,1)	750	540	780	2900	3
19	КрАЗ-65032-043-02	Э-1552 (15,1)	130	100	230	1100	2
20	КрАЗ-65055-059	Э-2003 (11,3)	330	220	580	2100	1
21	КрАЗ-65055-063	Э-2005 (10,1)	660	340	750	1800	1
22	КрАЗ-65032-061-02	Э-2503 (9,1)	710	470	550	2400	2
23	КрАЗ-7133С4-021	СЭ-3 (7,5)	930	620	1380	3200	3
24	КАМАЗ-55102	ЭКГ-4 (5,6)	1430	730	1550	2400	2
25	КАМАЗ-53605	Э-257 (90,4)	530	370	670	900	2
26	КАМАЗ-55111	Э-357 (67,8)	480	240	650	1500	1
27	КАМАЗ-6522	Э-652А (34,7)	820	450	670	1800	3
28	КАМАЗ-65115	Э-801(28,2)	550	420	730	2500	3
29	FAW 3252	Э-257 (90,4)	480	150	500	2800	3
30	FAW 3253	Э-357 (67,8)	850	320	340	1600	2
31	FAW 3310	Э-652А (34,7)	250	270	280	3800	2
32	Hyundai HD 120	Э-801(28,2)	780	450	410	4400	2
33	Hyundai HD 160	Э-1003 (22,6)	680	650	780	5300	2
34	Hyundai HD 270	Э-1252 (18,1)	460	370	820	1200	3
35	Hyundai HD 370	Э-1552 (15,1)	580	350	580	2800	2

№ з.п.	Тип шляху	Ухил	Швидкість руху (км/год) при вантажопідйомності (т)				
			2,5...4,5	5,0...10,0	10,0...18,0	27,0...40,0	80,0
1	Дорога з твердим покриттям	0,00...0,04	50	45	45	35	35
2	Дорога з твердим покриттям	0,05...0,09	45	40	35	30	30
3	Дорога з твердим покриттям	0,1	35	35	30	25	25
4	Дорога в задовільному стані	0,00...0,04	40	30	27	20	20
5	Дорога в задовільному стані	0,05...0,09	25	17	15	12	10
6	Дорога в задовільному стані	0,1	16	13	11	8	6

Примітка: Ухил шляху визначається за формулою $\frac{\Delta H}{l}$, ΔH – перепад рельєфу місцевості (№ варіанту) між двома розрахунковими пунктами відрізка, м; l – відрізок шляху між двома розрахунковими пунктами, м.

Технічні характеристики автосамоскидів

Додаток 2.2

№ п/п	Марка	Вантажопідйомність, кг	Повна маса, кг	Об'єм кузова, м ³
1	2	3	4	5
1	FAW 3252	22000	7510	19
2	FAW 3253	25000	37100	18,8
3	FAW 3310	32000	47000	25
4	Hyundai HD 120	7300	12400	3,5
5	Hyundai HD 160	9600	16100	5,5
6	Hyundai HD 270	17000	27900	10
7	Hyundai HD 370	28000	43000	16
8	Volvo FM-1	25000	41000	16,0
9	Volvo FM-2	30000	47000	20,0
10	Урал-55571-40	10000	21125	7,0

11	Урал-5557-40	10000	20205	8,8
12	Урал-55571-44	13000	25775	7,0
13	Урал-63621	18000	33500	11,0
14	КрАЗ-6510	13500	24900	8,0
15	КрАЗ-6130С4	15000	28000	20,0
16	КрАЗ-65055-040	16000	28400	10,5
17	КрАЗ-65055-053-02	18000	30600	10,5
18	КрАЗ-65033-051-02	18000	32000	12,0
19	КрАЗ-65032-043-02	20000	31300	12,0
20	КрАЗ-65055-059	20000	30800	10,5
21	КрАЗ-65055-063	20000	31100	12,0
22	КрАЗ-65032-061-02	20000	27000	12,0
23	КрАЗ-7133С4-021	23000	38600	20,0
24	КАМАЗ-55102	7000	16250	7,6-14,8
25	КАМАЗ-53605	11500	20200	6,0
26	КАМАЗ-55111	13000	22400	6,6
27	КАМАЗ-6522	13400	27500	12,0
28	КАМАЗ-65115	15000	25200	8,5

Практичне заняття №3. Кар'єри корисних копалин та виробництво заповнювачів для бетону

Складання проектів підприємств по добуванню будівельних матеріалів здійснюється на основі матеріалів інженерних вишукувань району залягання корисних копалин.

Об'єм розробки кар'єрів розраховується на повну потребу будівництва в нерудних матеріалах. Продуктивність кар'єру визначається, виходячи з середньомісячної потреби в нерудних будівельних матеріалах в найбільш напружений рік при, як правило, трьохзмінній роботі.

Розрахунок продуктивності кар'єра ($\text{м}^3/\text{рік}$) при добуванні матеріалів, що не потребує додаткової переробки (горна маса, піщано-гравійна суміш, глина, пісок тощо) здійснюється за виразом:

$$P_k = \frac{V_{к.к.} \cdot K_{зан}}{K_{роз}}, \quad (3.1)$$

де $V_{к.к.}$ – об'єм видобутку корисної копалини ($\text{м}^3/\text{рік}$);

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу, який враховує втрати корисної копалини в результаті виконання технологічних процесів;

$K_{роз}$ – коефіцієнт, який залежить від прийнятої схеми розкриття кар'єру і видалення розкривних порід у тимчасові відвали (для попередніх розрахунків можна приймати рівним 0,95...0,97);

Отже, щоб розрахувати P_k необхідно визначити $V_{к.к.}$ і $K_{зан}$.

Об'єм видобутку корисної копалини ($V_{к.к.}$) визначається за проектними розмірами споруд, що будуються, тобто за даними проектної документації.

Для розрахунку коефіцієнту запасу, який враховує втрати корисної копалини в результаті виконання технологічних процесів необхідно скористатися емпіричною формулою:

$$K_{зан} = (K_p + K_{II} + K_T + K_y + K_{yc} + K_{oc} + K_B) - (n - 1) \quad (3.2)$$

де K_p – коефіцієнт початкового розпушення корисної копалини при розробці її в кар'єрі;

K_{II} – коефіцієнт, що враховує втрати корисної копалини у кар'єрі при переміщенні і навантаженні її у транспорт;

K_T – коефіцієнт, що враховує втрату корисної копалини при її транспортуванні від кар'єру до місця укладання;

K_y – коефіцієнт, що враховує ущільнення корисної копалини при укладанні в тіло споруди різними механічними засобами ($K_y = 1,03$);

K_{yc} – коефіцієнт, що враховує втрати корисної копалини (об'єму) за рахунок усадки споруди протягом певного періоду часу;

K_{oc} – коефіцієнт, що враховує зменшення об'єму споруди в результаті осідання її основи;

K_B – коефіцієнт, що враховує технологічні втрати корисної копалини під час виконання робіт при будівництві споруди і визначається за фактично

замірними витратами на основі результатів спеціальних досліджень. Однак для попередніх розрахунків можна приймати $K_B=1,01$;

n – число доданків, що входять до складу формули (2.2).

Здійснюється аналіз генплану будівельного майданчика, а також шлях від кар'єру до споруди (гребля, дамба, насип для залізничної колії тощо) при цьому, як правило, він приймається тимчасовим, але з твердим покриттям. Рослинний шар ґрунту розташовується, як правило, у тимчасових відвалах за межами кар'єру. Врізання у кар'єр здійснюється лобовим забоем одноківшевим екскаватором з прямою лопатою.

Розкривні роботи у кар'єрі виконуються бульдозерами або причіпними скреперами, розробку корисної копалини – одноківшевими екскаваторами, а транспортування її з кар'єру до греблі – автосамоскидами. При цьому екскаваторні роботи відносяться до ведучих технологічних процесів, а інші – до не ведучих (допоміжних) процесів.

Для того, щоб підібрати марку екскаватора та його параметри необхідно розрахувати річний об'єм земляних робіт за формулою:

$$W_{річн} = \Pi_k \cdot K_n, \quad (3.3)$$

де K_n – коефіцієнт нерівномірності перевезення корисної копалини у тіло споруди, який для автомобільного транспорту приймається рівним 1.1, для залізничного – 1.15;

За нормативною літературою вибирається марка одноківшевого екскаватора, визначається місткість його ковша та технічні характеристики.

Обчислюються основні параметри технологічних процесів для прийнятого способу розробки корисних копалин та основні розміру кар'єру. Коефіцієнт закладання укосів кар'єру приймається за нормативною літературою.

Число ярусів розробки корисної копалини у кар'єрі визначаються за формулою:

$$n_{яр} = \frac{\Pi_k}{H_{max\piз}}, \quad (3.4)$$

де Π_k – товщина шару корисної копалини придатної для розробки, м;

$H_{max\piз}$ – найбільша висота різання корисної копалини, м. (виходячи з параметрів екскаватора)

Площа кар'єру на рівні верху корисної копалини придатної для розробки визначається за формулою:

$$F_k = \frac{\Pi_k \cdot T_p}{\Pi_k}, \quad (3.5)$$

де T_p – загальний термін будівництва споруди, років.

Довжина кар'єру на рівні верху корисної копалини придатної для розробки обчислюється за формулою:

$$l_k = B_{стр} \cdot (n_{стр} - p) + B_n, \quad (3.6)$$

де $B_{стр}$ – ширина стрічки розробки корисної копалини боковим забоем м;

$p=1$ – число піонерних траншей, $B_{стр} = R_{max} - 1,5$ м;

B_n – ширина піонерної траншеї, яка приймається залежно від прийнятої технології розробки корисної копалини, $B_n = B_{cmp}$, або $B_n = 2,5B_{cmp}$.

Задаючись числом стрічок n_{cmp} по довжині кар'єру, визначаємо l_k . Значення l_k заокруглюємо до цілих метрів ($l_{k.o}$).

Ширина кар'єру b_k розраховується за формулою:

$$b_k = \frac{F_k}{l_{k.o}} \quad (3.7)$$

Заокругливши значення b_k до цілих метрів ($b_{k.o}$), необхідно враховувати умову:

$$\frac{l_{k.o}}{b_{k.o}} = 1 \dots 3 \quad (3.8)$$

Знаючи розміри кар'єру на рівні верху корисної копалини, що розробляється, визначається місце розташування тимчасових відвалів рослинного шару ґрунту.

Обчислюється об'єм розкривних робіт за формулою:

$$W_{роз} = \frac{B_{p.ш} \cdot L_{p.ш} \cdot Ш_p}{K_{роз}} \quad (3.9)$$

де $B_{p.ш}$ і $L_{p.ш}$ – відповідно ширина і довжина кар'єру на рівні верху рослинного шару ґрунту (м), які визначаються за формулами:

$$B_{p.ш} = b_{k.o} + 2 \cdot m_k \cdot Ш_p, \quad (3.10)$$

$$L_{p.ш} = l_{k.o} + 2 \cdot m_k \cdot Ш_p, \quad (3.11)$$

де $Ш_p$ – товща шару рослинного ґрунту (м);

m_k – коефіцієнт закладання укосів кар'єру (приймається за нормативною літературою, $m_k = 1,5 \dots 2,5$).

Враховуючи, що відвали рослинного ґрунту розташовуються обабіч кар'єру згідно схеми розробки, визначається площа поперечного перерізу відвалу за формулою:

$$F_в = \frac{W_{роз}}{l_в}, \quad (3.12)$$

де $l_в$ – довжина відвалу рослинного ґрунту, яка визначається згідно прийнятої схеми його розміщення (м);

Ширина основи відвалу визначається за формулою:

$$B_в = \frac{F_в + m_в \cdot h_в^2}{h_в}, \quad (3.13)$$

де $h_в$ – висота відвалу рослинного ґрунту, яка приймається в межах 1,5..2,5 м;

$m_в$ – коефіцієнт закладання укосів відвалу (приймається як правило $m_в = m_k$).

Відстань переміщення рослинного ґрунту бульдозером визначається за формулою:

$$L_{неп} = (0,5 \cdot B_{p.ш} + a + 0,5 \cdot B_в) \cdot K_{відв}, \quad (3.14)$$

де a – відстань від бровки укосу кар'єру до бровки укосу відвалу, яка приймається в межах 3...5 м;

$K_{відв}$ – коефіцієнт, який враховує напрямок руху бульдозера або причіпного скрепера та розміри кар'єра на рівні верху рослинного ґрунту і приймається:

- при влаштуванні відвалів ґрунту з трьох боків кар'єру:

$$K_{відв} = 1 - 0,5 \cdot \frac{B_{p.ш}}{L_{p.ш}}, \quad (3.15)$$

- при влаштуванні відвалів з чотирьох боків кар'єру:

$$K_{відв} = 0,5 - 0,125 \cdot \frac{B_{p.ш}}{L_{p.ш}}, \quad (3.16)$$

- при влаштуванні відвалів ґрунту вздовж одного боку кар'єру $K_{відв} = 1,0$;
- при двобічному влаштуванні відвалів рослинного ґрунту вздовж довжини кар'єру:

$$L_{неp} = 0,25 \cdot B_{p.ш} + a + 0,5 \cdot B_n \quad (3.17)$$

Остаточні значення $L_{неp}$ заокруглюємо до цілих метрів до більшого числа, але при цьому для бульдозера має виконуватися умова:

$$L_{неp} \leq 150 \text{ м} \quad (3.18)$$

Якщо умова 3.18 не виконується, то необхідно збільшити значення $l_{к.о}$ і зменшити значення $b_{к.о}$, але при цьому повинна виконуватись умова 3.18. Розрахунок в цьому випадку повторити за формулами 3.17 – 3.18.

ЗАВДАННЯ:

1. Визначити параметри кар'єру та схематично зобразити на рисунку рух екскаватора для розробки корисної копалини;
2. Обчислити відстань (км), яку повинен пройти бульдозер для проведення розкривних робіт.

Вихідні дані:

Таблиця 3.1

№	Проектний об'єм земляної насипної споруди ($V_{к.к}$), м ³	Ґрунт	Основа споруди	Транспорт	Термін будівництва, рік	Товща шару корисної копалини придатної для розробки, Шк, М	Товща рослинного шару ґрунту Шр, М
1	2	3	4	5	6	7	8
1	135000	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	0,8	3,5	0,25
2	81000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1	5,2	0,2
3	210000	Насип з піщаних ґрунтів	Пісок	Залізничний	1,5	4,8	0,3
4	35000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою більше 15 м	Суглинок	Залізничний	1,1	3,8	0,1

1	2	3	4	5	6	7	8
5	21000	Кам'яна накидка шарами до 2 м включно	Супісок	Автомобільний	1,2	2,0	0,15
6	65000	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	Скельні	Залізничний	1,6	3,1	0,1
7	255000	Насип з суглинистих ґрунтів	Суглинок	Залізничний	1,9	2,6	0,2
8	23500	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	1,3	3,8	0,3
9	48500	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1,2	7,2	0,15
10	265000	Насип з піщаних ґрунтів	Пісок	Залізничний	1,7	4,2	0,2
11	42000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою більше 15 м	Суглинок	Автомобільний	1,3	3,8	0,2
12	55000	Кам'яна накидка шарами до 2 м	Супісок	Автомобільний	1,2	2,0	0,15
13	240000	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	Скельні	Залізничний	1,8	4,1	0,1
14	355000	Насип з суглинистих ґрунтів	Суглинок	Залізничний	2,9	3,6	0,15
15	25000	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	0,8	3,5	0,25
16	91000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1,3	6,2	0,2
17	19000	Насип з піщаних ґрунтів	Пісок	Залізничний	1,2	4,8	0,3
18	150000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою більше 15 м	Суглинок	Залізничний	1,1	3,8	0,1
19	18100	Кам'яна накидка шарами до 2 м	Супісок	Автомобільний	1,2	2,0	0,15
20	140000	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	Скельні	Залізничний	1,6	3,1	0,1
21	175000	Насип з суглинистих ґрунтів	Суглинок	Залізничний	1,9	2,6	0,2
22	33500	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	1,3	3,8	0,3

1	2	3	4	5	6	7	8
23	85000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1,2	3,2	0,15
24	65000	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	Скельні	Залізничний	1,6	3,1	0,1
25	91000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1,3	6,2	0,2
26	115000	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	0,8	3,5	0,25
27	61000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1	5,2	0,2
28	190000	Насип з піщаних ґрунтів	Пісок	Залізничний	1,5	4,8	0,3
29	25000	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою більше 15 м	Суглинок	Залізничний	1,1	3,8	0,1
30	28000	Кам'яна накидка шарами до 2 м включно	Супісок	Автомобільний	1,2	2,0	0,15
31	75000	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	Скельні	Залізничний	1,6	3,1	0,1
32	215000	Насип з суглинистих ґрунтів	Суглинок	Залізничний	1,9	2,6	0,25
33	63500	Насип з піщаних ґрунтів	Глина	Автомобільний	1,3	3,8	0,35
34	78500	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	Суглинок	Автомобільний	1,2	7,2	0,25
35	165000	Насип з піщаних ґрунтів	Пісок	Залізничний	1,7	4,2	0,25

Додаток 3.1

Визначення коефіцієнту початкового розпушення ґрунту (K_p) залежно від типу ґрунту

№ з.п.	Типи ґрунтів	K_p
1.	Скельні ґрунти, що розпушені способом вибуху	1,45...1,50
2.	Глинисті ґрунти	1,24...1,30
3.	Суглинисті ґрунти	1,20...1,30
4.	Легкі і лесовидні суглинки	1,20...1,30
5.	Піски і супіски	1,08...1,17

Визначення коефіцієнту K_p

№з.п.	Види кар'єрів	Типи ґрунтів	K_p
1.	Сухорийні кар'єри	Піщані, супіщані	1,02...1,03
2.	Сухорийні кар'єри	Глинисті, суглинисті	1,03
3.	Скельні кар'єри	Горна маса	1,03...1,04
4.	Гідромеханізовані кар'єри	Піщані, гравелісті	1,05

Визначення коефіцієнту K_T

№ з.п.	Види транспорту	K_T
1.	Автотранспорт	1,01
2.	Залізничний транспорт	1,02
3.	Скреперний транспорт	1,03
4.	Гідротранспорт	1,05

Визначення коефіцієнту K_{yc}

№ з.п.	Ґрунт споруди і спосіб виробництва робіт	K_{yc}
1.	Насип з піщаних ґрунтів	1,01
2.	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою до 15 м включно	1,03
3.	Насип з глинистих і суглинистих ґрунтів висотою більше 15 м	1,04
4.	Кам'яна накидка шарами до 2 м включно	1,01
5.	Кам'яна накидка шарами більше 2 м	1,02
6.	Намив з піщаних ґрунтів	1,01
7.	Намив з суглинистих ґрунтів	1,02

Визначення коефіцієнту K_{oc}

№ з.п.	Ґрунти – основи	K_{oc}
1.	Скельні	1,00
2.	Піщані	1,02
3.	Супіщані	1,03
4.	Суглинисті	1,04
5.	Глинисті	1,05

№ з.п.	Річний об'єм робіт на одну землерийну машину, м ³	Місткість ковшів, що забезпечує найменшу вартість розробки ґрунту, м ³		
		одноковшові екскаватори	причіпні скрепери	самохідні скрепери
1.	Менше 5000	-	2,25...3,0	-
2.	Від 5000 до 10000	0,25...0,35	3,0...6,0	4,0
3.	Від 10000 до 20000	0,5...0,8	6,0...8,0	9,0
4.	Від 20000 до 50000	1,0...1,25	6,0...8,0	9,0
5.	Від 50000 до 100000	1,5...2,0	10,0	9,0
6.	Від 100000 до 1000000	2,25...3,0	15,0	15,0
7.	Більше 1000000	4,0...6,0	15,0	15,0

Технічні параметри одноківшевих екскаваторів “пряма лопата”

№ п/п	Параметри	Місткість ковша екскаватора, м ³												
		0,25	0,35	0,65	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0	2,25	2,5	3,0	4,0	8,0
1.	Марка екскаватора	Э-257	Э-357	Э-652А	Э-801	Э-1003	Э-1252	Э-1552	Э-2003	Э-2005	Э-2503	СЭ-3	ЭКГ-4	ЭКГ-8
2.	Довжина стріли $l_{стр}$, м	4,9	4,9	5,5	6,2	6,7	6,0	6,0	6,7	8,6	8,6	10,5	10,5	20,5
3.	Довжина рукояті, м	2,3	2,3	4,5	4,7	4,9	4,9	4,9	4,9	6,1	6,1	7,2	7,3	12,8
4.	Найбільший радіус різання R_{max} , м	6,0	5,5	7,8	8,6	9,8	9,9	9,1	9,0	11,1	12,0	14,0	14,3	23,4
5.	Найбільша висота різання $H_{max\text{різ}}$, м	4,8	5,5	6,5	7,4	8,0	7,8	9,3	9,0	9,0	9,0	9,68	10,0	20,4
6.	Найбільша висота розвант. $H_{max\text{розв}}$, м	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	5,1	6,6	6,8	5,9	6,4	6,69	6,3	15,4
7.	Найбільший радіус вивантаження, м	3,5	5,4	7,5	7,7	8,0	8,9	9,2	9,8	10,3	10,8	12,4	12,6	14,2
8.	Потужність, кВт (к.с.)	-	28 (38)	74 (100)	74 (100)	74 (100)	110 (150)	110 (150)	110 (150)	120 (180)	160 (218)	-	-	-
9.	Маса екскаватора	9,3	11,3	20,5	26,7	28,6	31,5	39,8	52,6	74,8	86,0	172	180	290,6
10.	Практична висота забоїв, м	1,0	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0

РОЗРОБКА ҐРУНТУ ЕКСКАВАТОРОМ З РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ
ЗВОРОТНА ЛОПАТА

Екскаватори з робочим обладнанням зворотна лопата застосовуються, головним чином, для розробки ґрунту в нешироких каналах, невеликих котлованах, траншеях з крутими укосами.

Робота екскаваторів з робочим обладнанням зворотна лопата характеризується такими параметрами: R_k , H_k – найбільші радіус і глибина копання; R_e , H_e – найбільші радіус і висота вивантаження ковша.

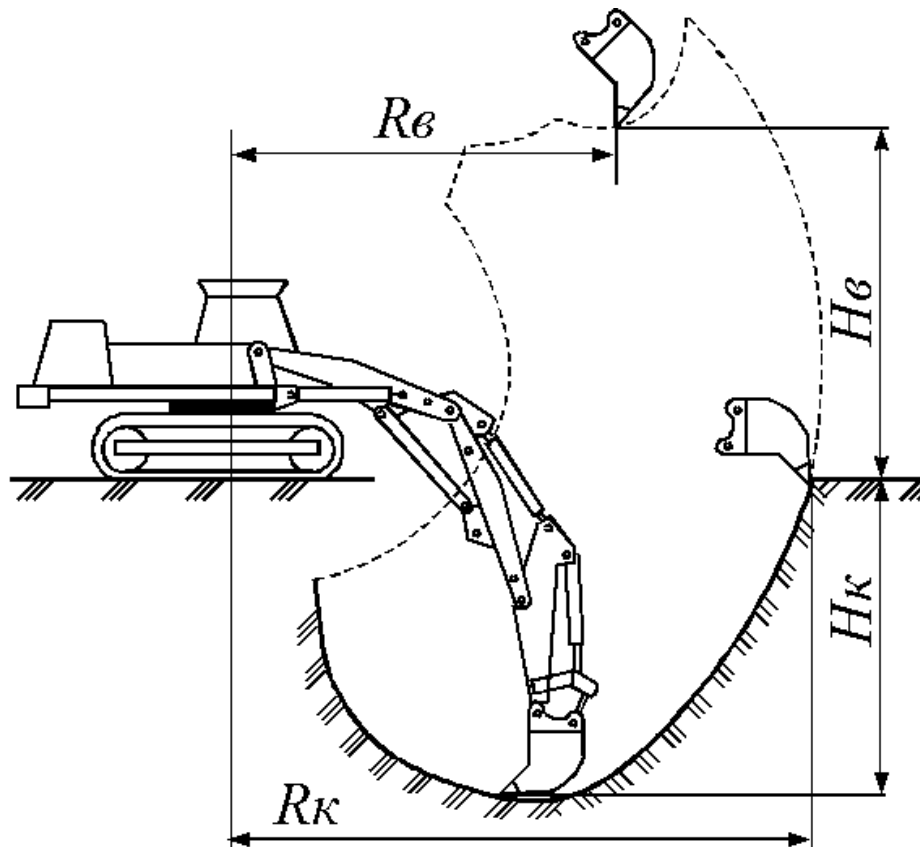


Рис. 3.1. Робочі параметри екскаватора зворотна лопата

Екскаваторами оснащеними зворотною лопатою виконують розробку ґрунту лобовим та бічним вибоями.

В лобовому вибої екскаватор розроблює ґрунт “на себе”, рухаючись вздовж осі котловану чи траншеї, і послідовно опускає ківш для набору ґрунту то в одну то в другу сторону від осі ($B R_k$). Вивантаження ґрунту може виконуватися на дві сторони або в одну сторону. Такий спосіб застосовують для розробки траншей, нешироких каналів та котлованів (рис.2.5).

При розробці зв’язних ґрунтів укуси тимчасових траншей можуть бути вертикальними. Найменша можлива ширина виїмки рівна ширині ковша зворотної лопати.

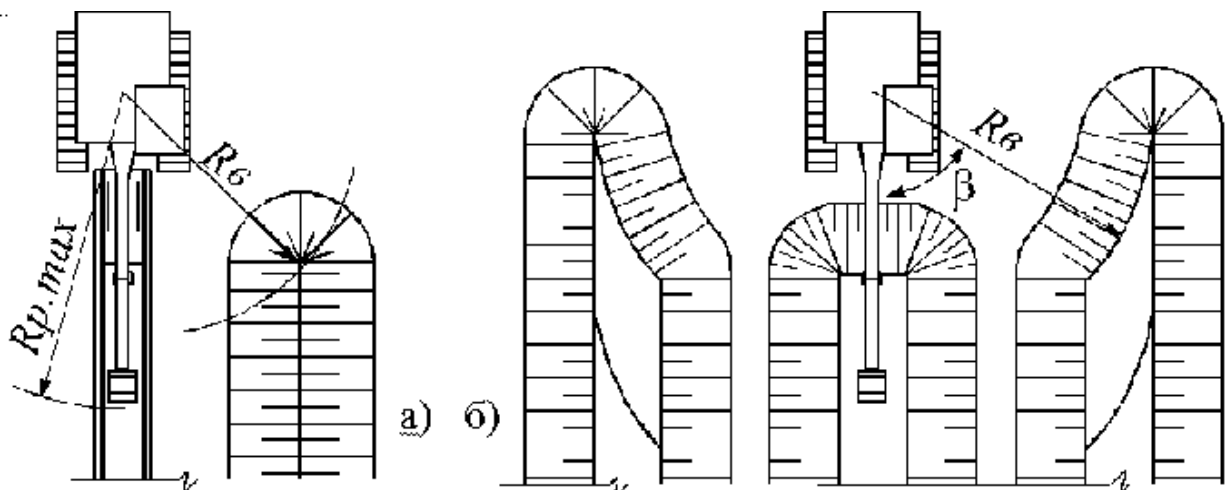


Рис. 2.2. Схеми виконання робіт екскаватором з зворотною лопатою: а – розробка траншеї з вкладанням ґрунту в одну сторону; б – розробка каналу з вкладанням ґрунту на дві сторони; $R_p.max$ – найбільш радіус копання; R_b – найбільш радіус вивантаження; β – кут повороту.

Практичне заняття № 4. Кар'єри корисних копалин та виробництво заповнювачів для бетону

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА КАР'ЄРАХ

Завдання: за поданою продуктивністю вибрати стрічку та визначити необхідну потужність двигуна стрічкового конвеєра.

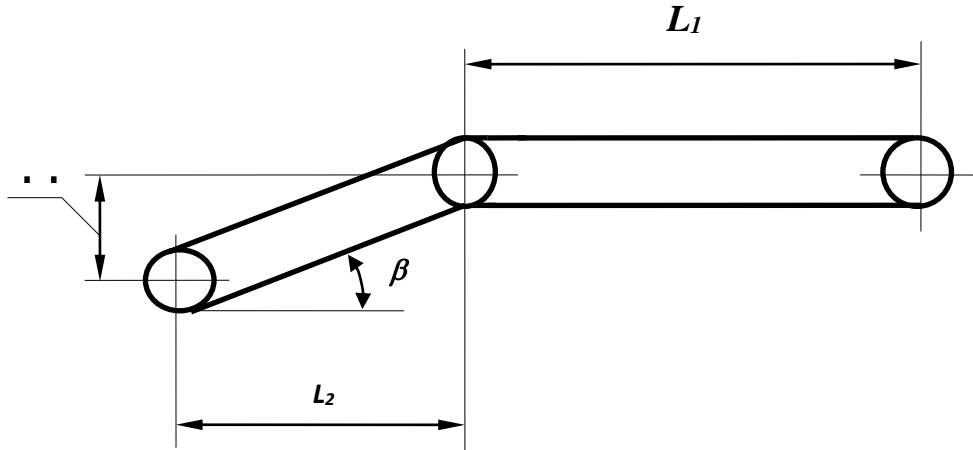


Рис. 4.1. Схема стрічкового конвеєра.

Дані для розрахунку знаходяться у табл. 4.1.

1. Необхідна ширина стрічки, м:

$$B = \sqrt{\frac{\Pi}{3600 \cdot 0,11 \cdot V \cdot \gamma}}, \quad (4.1)$$

де Π - продуктивність конвеєра, т/год.;

V - швидкість стрічки, м/с;

γ - насипна щільність матеріалу, т/м³.

При виборі ширини стрічки B треба враховувати також величину шматків транспортованого матеріалу. Стрічка повинна відповідати наступним вимогам:

$$B = 3,5 d + 0,2 \text{ м}, \quad (4.2)$$

де d - максимальний розмір шматків, м.

Із двох обчислених значень [формули (4.1), (4.2)] приймаємо більше і заокруглюємо до найближчого більшого значення за табл. 2.2.

2. Потужність двигуна

Потужність на привідному валу стрічкового конвеєра, кВт:

$$N = (0,00015 \Pi L_2 + 0,003 \Pi H + 0,03 L_2 B V) k_1 k_2 + k_3 \Pi, \quad (4.3)$$

де Π - продуктивність конвеєра, т/год.;

H - висота підйому матеріалу конвеєром, м;

V - швидкість руху стрічки, м/с;

L_2 - довжина горизонтальної проєкції конвеєра, м;

k_1 - коефіцієнт, що враховує вплив відносної довжини конвеєра:

$k_1 = 1,00$ при $L > 50$ м;
 $k_1 = 1,05$ при $L = 30...50$ м;
 $k_1 = 1,15$ при $L = 15...30$ м;
 $k_1 = 1,25$ при $L < 15$ м;

k_2 - коефіцієнт, що враховує наявність розвантажувального візка:

$k_2 = 1,25$ - при використанні розвантажувального візка;

$k_2 = 1,00$ - при відсутності візка;

k_3 - коефіцієнт, що враховує витрату енергії на розвантаження конвеєра:

$k_3 = 0,005$ - розвантаження з допомогою розвантажувального візка;

$k_3 = 0,008$ - розвантажування плужним скидачем.

Довжина горизонтальної проекції конвеєра, м:

$$L_2 = L_1 + L_2 = L_1 + \frac{H}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (4.4)$$

Довжина конвеєра, м:

$$L = L_1 + \frac{H}{\sin \beta}. \quad (4.5)$$

Потужність на валу двигуна, кВт:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta}, \quad (4.6)$$

де η - ККД приводу барабана, $\eta = 0,8$.

З табл. 4.3 вибираємо марку та потужність двигуна.

3. Визначення кількості прокладок у стрічці

Колова сила на привідному барабані

$$P = \frac{1000 N_{\text{дв}}}{V}. \quad (4.7)$$

Максимальний натяг стрічки (зусилля у набігаючій вітці стрічки), виходячи з формули Ейлера, Н:

$$S_{\text{max}} = \frac{P e^{\mu \alpha}}{e^{\mu \alpha} - 1}, \quad (4.8)$$

де e - основа натурального логарифма;

α - кут обхвату стрічкою привідного барабана, град.;

μ - коефіцієнт тертя між барабаном та стрічкою.

Значення $e^{\mu \alpha}$ дивись у табл. 2.4.

Кількість прокладок у стрічці, шт:

$$i = 1,1 \frac{S_{\text{max}}}{B[\sigma]_p}, \quad (4.9)$$

де S_{max} - максимальний натяг стрічки, Н;

B - прийнята стандартна ширина стрічки, см;

$[\sigma]_p$ - питоме допустиме напруження 1 см однієї прокладки, Н/см.

Допустиме напруження стрічки на розривання, Н/см:

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_p}{k}, \quad (4.10)$$

де $k = 9,0$ при $i_{max} = 2...3$ (табл. 4.2);

$k = 9,5$ при $i_{max} = 4...5$;

$k = 10,0$ при $i_{max} = 6...8$;

$k = 11,0$ при $i_{max} = 9...12$.

Значення σ_p - дивись у табл. 4.5.

4. Визначення основних розмірів барабанів.

Діаметр привідного барабана, мм:

$$D_{\delta} = (120...150)i. \quad (4.11)$$

Діаметр натяжного барабана, мм:

$$D_n = 100i.. \quad (4.12)$$

Довжина барабана, мм:

$$L_{\delta} = B + 100. \quad (4.13)$$

Результати обрахунків зводимо у таблицю

Показник	Одиниці виміру	Значення
Ширина стрічки	м	
Довжина конвеєра	м	
Потужність конвеєра	кВт	
Потужність двигуна конвеєра	кВт	
Кількість прокладок у стрічці	шт.	
Розміри барабанів:		
привідного - діаметр	мм	
- довжина	мм	
натяжного - діаметр	мм	

Таблиця 4.1. Варіанти завдань до практичної роботи 4

№	Показник	Варіанти							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Продуктивність конвеєра П, т/год.	160	170	180	190	200	210	165	175
2.	L ₁ , м. Довжина горизонтальної ділянки конвеєра	30	35	40	45	50	55	60	65
3.	Кут нахилу β, гр	10	12	14	16	18	10	12	14
4.	Висота підйому Н, м	10	11	12	13	14	15	16	10
5.	Переміщуваний матеріал	Щебінь, насипна щільність $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$							
6.	Макс розмір шматків d, мм	50	55	60	65	70	75	80	50
7.	Кут обхвату привідного барабана α, град.	210	240	240	300	180	240	210	300
8.	Швидкість V, м/с	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,2
9.	Вид обшивки барабана	Гумова			Дерев'яна			Гумова	
10.	Вид атмосфери	Суха			Суха			Суха	
№	Показник	Варіанти							
		9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Продуктивність конвеєра П, т/год.	185	195	205	215	170	180	190	200
2.	L ₁ , м. Довжина горизонтальної ділянки конвеєра	70	30	35	40	45	50	55	60
3.	Кут нахилу β, гр	16	18	10	12	14	16	18	10
4.	Висота підйому Н, м	11	12	13	14	15	16	17	18
5.	Переміщуваний матеріал	Гравій, насипна щільність $\gamma = 1,9 \text{ т/м}^3$							
6.	Макс розмір шматків d, мм	55	60	65	70	75	80	50	55
7.	Кут обхвату привідного барабана α, град.	180	210	240	300	210	240	300	210
8.	Швидкість V, м/с	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,2	1,3
9.	Вид обшивки барабана	Дерев'яна			Гумова			Дерево	
10.	Вид атмосфери	Мокра			Суха			Суха	

№	Показник	Варіанти							
		17	18	19	20	21	22	23	24
1.	Продуктивність конвеєра П, т/год.	210	150	140	130	120	170	195	195
2.	L ₁ , м. Довжина горизонтальної ділянки конвеєра	65	70	30	35	40	45	50	55
3.	Кут нахилу β, гр	12	14	16	18	10	12	14	16
4.	Висота підйому Н, м	18	16	14	12	10	12	14	16
5.	Перемішуваний матеріал	Щебінь, насипна щільність $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$							$\gamma=1,9$
6.	Макс розмір шматків d, мм	60	65	70	75	80	85	50	55
7.	Кут обхвату привідного барабана α, град.	240	300	210	240	300	210	240	300
8.	Швидкість V, м/с	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,2	1,3	1,4
9.	Вид обшивки барабана	Дерев'яна		Гумова			Дерев'яна		
10.	Вид атмосфери	Суха		Суха			Суха		
№	Показник	Варіанти							
		25	26	27	28	29	30	31	32
1.	Продуктивність конвеєра П, т/год.	205	135	145	155	165	170	180	210
2.	L ₁ , м. Довжина горизонтальної ділянки конвеєра	70	30	35	40	45	50	55	60
3.	Кут нахилу β, гр	16	18	10	12	14	16	18	10
4.	Висота підйому Н, м	11	12	13	14	15	16	17	18
5.	Перемішуваний матеріал	Гравій, насипна щільність $\gamma = 1,9 \text{ т/м}^3$							$\gamma=1,8$
6.	Макс розмір шматків d, мм	55	60	65	70	75	80	50	55
7.	Кут обхвату привідного барабана α, град.	180	210	240	300	210	240	300	210
8.	Швидкість V, м/с	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,2	1,3
9.	Вид обшивки барабана	Дерев'яна			Гумова				Дере- во
10.	Вид атмосфери	Мокра			Суха				Суха

Таблиця 4.2 .Типорозміри прогумованих стрічок

Ширина В, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6
Допустимий діапазон кількості прокладок i_{max} , шт	3...5	6...8	8...9	9...10	10...11	11...12						
Мінімальна кількість i_{min}	3											

Таблиця 4.3. Характеристики двигунів

№	Марка двигуна	Потужність на валу N, кВт	Частота обертання, п, об/хв.	Маса, кг
1	4 АС80 А6УЗ	0,9	1000	24
2	МТК-011-6	1,4	840	47
3	МТК-012-6	2,2	830	53
4	МТК-111-6	3,5	875	70
5	4АС112МА6УЗ	3,8	1000	80
6	МТК-112-6	5,0	875	80
7	МТК-211-6	7,5	800	110
8	МТВ- 311-6	11,0	900	155
9	МТВ-312-6	16,0	900	195
10	МТВ-411-6	22,0	965	280
11	МТВ-421-6	30,0	935	315
12	МТВ-512-8	40,0	730	490
13	МТ-62-10	45,0	577	945

Таблиця 4.4. Значення коефіцієнта тертя стрічки по барабану μ та

Вид барабана й атмосферні умови	μ	$e^{\mu\alpha}$ для кутів обхвату α , град			
		180	210	240	300
Барабан з дерев'яною обшивкою мокра атмосфера суха атмосфера	0,15	1,60	1,73	1,87	2,19
	0,35	3,00	3,61	4,33	6,25
Барабан з гумовою обшивкою мокра атмосфера суха атмосфера	0,15	1,60	1,73	1,87	2,19
	0,40	3,51	4,33	5,34	8,12

Таблиця 4.5. Межа міцності матеріалу стрічки на розтяг

Вид стрічки	Марка	σ_p , Н/см
Белтинг	Б 820	600
Белтинг	ОПБ	1300
Синтетична тканина	---	3600

Практичне заняття №5. Виробництво бетонних сумішей та будівельних розчинів та їх транспортування

Продуктивність та інші виробничі параметри об'єктів бетонного господарства визначаються продуктивністю бетонного вузла, режимом його роботи, кількістю і асортиментом марок бетонної суміші. Необхідна продуктивність бетонного вузла залежить від місячної розрахункової інтенсивності ($I_{p.m.}$) виконання бетонних і монтажних робіт. Розрахункова продуктивність бетонного заводу $П_{б.p}$ (м³/год.) визначається за формулою:

$$П_{б.p} = \frac{I_{p.m.} \cdot K_n}{n \cdot m \cdot \varphi}, \quad (5.1)$$

де $I_{p.m.}$ – максимальна розрахункова місячна інтенсивність виконання бетонних робіт (м³/год.), яка визначається за формулою:

$$I_{p.m.} = \frac{\sum W_{б}}{t_{л}}, \quad (5.2)$$

де $\sum W_{б}$ – сумарний об'єм бетонних робіт, що виконується у теплий період найбільш напруженого року (за календарним планом робіт), м³;

$t_{л}$ – число теплих місяців у році;

K_n – коефіцієнт, який враховує нерівномірність споживання бетонної суміші у часі і приймається рівним 1,3...1,4;

n – число робочих днів у місяці;

m – число робочих годин у добі;

φ – коефіцієнт, що враховує ефективність використання робочого часу на заводі (приймається 0,85...0,95).

Розрахункова експлуатаційна продуктивність бетонозмішувача циклічної дії (q_e , м³/год.) визначається за формулою:

$$q_e = \frac{3,6 \cdot V_{б} \cdot r \cdot K_e}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}, \quad (5.3)$$

де $V_{б}$ – місткість одного бетонозмішувача по завантаженню, л (попередньо приймається за нормативними документами згідно загального об'єму бетонних робіт);

r – коефіцієнт, який враховує ефективність використання бетонозмішувача по часу (приймається рівним 0,85...0,95);

t_1 – час завантаження бетонозмішувача компонентами бетонної суміші, с (приймається $t_1 = 15...20$ с);

t_2 – час перемішування бетонної суміші, с (приймається за додатком 1);

t_3 – час вивантаження бетонної суміші з барабану (приймається $t_3 = 10...20$ с);

t_4 – затрата часу на повернення барабану в попередній стан, с (приймається $t_4 = 10...12$ с).

Число бетонозмішувачів визначається за формулою:

$$n_{\bar{o}} = \frac{P_{\bar{o}.p}}{q_{c.m}} \quad (5.4)$$

де $q_{c.m}$ – табличне нормативне значення експлуатаційної продуктивності бетонозмішувача (м³/год.), яке приймається за нормативними документами.

Приймаємо ціле число бетонозмішувачів, заокруглюючи його до більшого значення ($n_{\bar{o}}$).

Бетонозмішувачі можуть розмішуватись лінійно або гніздовим способом. При лінійному розташуванні бетонозмішувачів можна випускати бетонну суміш різних марок. При цьому транспортні комунікації прокладаються або між обома лініями бетонозмішувачів або для кожної лінії влаштовується самостійна транспортна лінія. Гніздова компоновка більш економічна, оскільки кожна секція заводу обладнується тільки одним груповим бункером для сухих компонентів, одним комплектом дозувальної апаратури і одним загальним бункером для вивантаження готової суміші. Тому гніздова компоновка більш ефективна для заводів, що випускають обмежену кількість марок бетонної суміші і дозволяє використовувати швидко завантаження транспортних засобів великої вантажопідйомності.

За результатами розрахунків приймаємо типовий вузол з гніздовим розташуванням бетонозмішувачів у секції згідно з існуючими аналогами:

- з двома бетонозмішувачами (1 резервний);
- з трьома бетонозмішувачами (1 резервний);
- з чотирма бетонозмішувачами (1 резервний).

При належному обґрунтуванні допускається застосування бетонного вузла, який укомплектований по іншій схемі. Типові бетонні вузли наведені в довідковій літературі.

Тоді нормативна годинна продуктивність бетонного заводу визначається за формулою:

$$P_{\bar{o}.m} = q_{c.m} \cdot n_{\bar{o}} \geq P_{\bar{o}.p}, \quad (5.5)$$

При напруженій роботі бетонозмішувачів перевищення $P_{\bar{o}.m}$ над $P_{\bar{o}.p}$ повинно складати менше 20 %. При невиконанні відповідних умов підбір продовжується і приймаються бетонозмішувачі інших марок.

Визначити тип і марку бетонозмішувачів, підібрати їх кількість і схему розміщення та розрахувати нормативну експлуатаційну продуктивність бетонного заводу при таких умовах:

Таблиця 5.1

№п/п	Загальний об'єм бетонних робіт по спорудам, м ³	Термін будівництва, місяців	Кількість змін	Осідання конусу, мм	Номенклатура марок бетону
1	23500	12	2	60	3
2	35300	10	2	105	4
3	16400	10	1	83	3
4	58000	15	2	75	4
5	13750	9	1	45	2
6	18500	11	1	57	3
7	68000	15	2	67	4
8	57500	18	2	55	4
9	12800	11	1	58	2
10	27500	14	2	54	3
11	44500	20	1	62	4
12	32000	15	1	74	3
13	43500	21	2	75	3
14	55300	15	2	95	4
15	36400	11	1	121	3
16	78000	25	2	98	4
17	23750	9	1	45	2
18	8500	10	1	135	3
19	48000	15	2	77	4
20	47500	18	2	55	3
21	31000	12	2	111	3
22	57500	19	2	88	3
23	14500	10	1	52	2
24	22000	14	1	44	3
25	73500	22	2	145	4
26	25300	17	2	115	2
27	46400	10	2	53	3
28	88000	25	2	144	4
29	10750	9	1	45	2
30	28500	11	1	85	3
31	27500	17	2	55	3
32	44500	23	1	65	4
33	32000	18	1	77	3
34	43500	25	2	72	3
35	55300	18	2	92	4

Визначення часу перемішування бетонної суміші

Додаток 5.1

№ п/п	Місткість бетонозмішувача, л	Значення t_2 при осіданні конусу, с	
		До 60 мм включно	Більше 60 мм
1	2	3	4
1	До 550	90	60
2	750	100	70
3	1000	110	80
4	1200	120	90
5	1500	130	100
6	2400	150	120
7	3000	170	140

Додаток 5.2

№ п/п	Показники	Стационарні				Пересувні			З примусовим перемішуванням		
		C-336В	C-333, C-333П	C-302И	C-230А	C-187Б	C-739	C-399	C-371	C-355	C-356
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Завантаж місткість барабану сухими заповнювачами, л	500	500	1200	2400	100	250	250	250	500	1000
2	Місткість барабану по виходу бетону, л	330	330	800	1600	65	165	165	165	330	660
3	Найбільша крупність заповнювача, мм	70	70	120	150	40	70	70	40	40	70
4	Число замісів за годину	24...30	24...30	20...24	17...20	22...27	22...27	22...27	24	24	24
5	Технічна продуктивність, м ³ /год	7,9...9,9	7,9...9,9	16...19	27...32	1,4...1,8	3,6...4,5	3,6...4,5	3,8	7,5	15
6	Експлуатаційна продуктивність, м ³ /год, ($K_B = 0,8$)	6,3...7,9	6,3...7,9	12,8...15,2	21,6...25,6	1,1...1,4	2,9...3,6	2,9...3,6	3	6	12

Бетонні вузли є основним виробничим підрозділом бетонного господарства, на яких здійснюється приготування та відпуск бетонної суміші споживачам.

За умовами їх використання і виникаючими у зв'язку з цим різними вимогами до них, бетонні вузли бувають: стаціонарні і пересувні; розраховані на сезонну або цілорічну роботу; на випуск готової або сухої бетонної суміші; на циклічну або безперервну технологію використання основного обладнання. Компонівка бетонного вузла повинна задовольняти таким вимогам:

- бетонний вузол повинен розташовуватися якомога ближче до основних бетонних споруд будівельного комплексу і на відмітках, які не затоплюються повеневими водами;

- бетонозмішувачі у висотному відношенні повинні розташовуватися на відмітках, що максимально надають можливість використати переваги запроєктованого виду транспорту бетонної суміші і заповнювачів;

- внутрішньовиробничі комунікації повинні бути найкоротшими, а при їх виборі необхідно максимально використовувати рельєф місцевості з метою транспортування матеріалів за допомогою сили тяжіння.

Практичне заняття № 6. Виробництво бетонних сумішей та будівельних розчинів і їх транспортування

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

Завдання: визначити основні параметри обладнання установки для пневматичного транспортування бетонної суміші по трубах (ПТУ).

Послідовність виконання вправи

Визначити

1. Діаметр бетонопроводу D .
2. Об'єм нагнітача (корисний та геометричний) V_n та $V_{н.г.}$.
3. Загальну довжину бетонопроводу L .
4. Середню швидкість руху бетону v .
5. Фактичну продуктивність P ПТУ.
6. Об'єм ресивера V_p .
7. Витрату стиснутого повітря A .
8. Продуктивність компресора (схема I).
9. Об'єм роздавального бункера B_p (схема I).
10. Об'єм верхнього B_v та нижнього B_n бункерів (схема II).

Методика розрахунку

1. Внутрішній діаметр бетонопроводу D приймаємо в залежності від розміру найбільших шматків щебеню d з умови:

$$D \geq 3d \quad (6.1)$$

Бетонопроводи виготовляють зі сталевих труб діаметром 150, 180 та 203 мм.

2. За необхідною продуктивністю із табл. 6.2 вибираємо ПТУ, а також корисний V_n та геометричний $V_{н.г.}$ об'єм її нагнітача.

3. Загальну довжину бетонопроводу визначаємо як суму довжин заданих горизонтальних і вертикальних ділянок, оскільки їх сумарні опори рухові бетону приблизно однакові, м:

$$L = l + H \quad (6.2)$$

4. Середню швидкість руху бетонної суміші по бетонопроводу визначаємо за емпіричною формулою:

$$v = 2,5k_s k_v k_L k_p k_D \quad (6.3)$$

де k_s – коефіцієнт впливу рухливості бетонної суміші:

S, см	6	8	10	12	14
k_s	0,82	0,91	1,00	1,09	1,13

k_v – коефіцієнт впливу об'єму транспортованої порції бетонної суміші:

V_n , л	200	250	300	400	500	800
k_v	1,23	1,00	0,75	0,60	0,50	0,35

k_L – коефіцієнт впливу довжини бетонопроводу:

L, м	42	73,4	100	127	150	160
k_L	0,77	1,00	1,20	1,40	1,57	1,64

k_p – коефіцієнт впливу тиску стиснутого повітря у нагнітачі:

p, МПа	0,20	0,23	0,25	0,30	0,35	0,37	0,40
k_p	0,82	1,00	1,15	1,49	1,83	1,92	2,00

k_D – коефіцієнт впливу діаметра бетонопроводу:

D , мм	100	150	180	203
k_D	0,55	1,00	1,30	1,47

5. Фактична продуктивність установки Π для заданих умов, $\text{м}^3 / \text{год.}$:

$$\Pi = \frac{3,6 V_n}{\frac{L}{v} + T_{\text{дон}}} k_{\text{ч}}, \quad (6.4)$$

де $T_{\text{дон}}$ – допоміжний час, що включає тривалість завантаження і розвантаження (табл. 6.2);

$k_{\text{ч}}$ – коефіцієнт використання обладнання за часом, $k_{\text{ч}} = 0,8$.

Якщо фактична продуктивність установки буде меншою від заданої, за табл. 6.2 слід вибрати більший об'єм нагнітача V_n та зробити перерахунок, починаючи з п. 4.

6. Об'єм ресивера V_p для заданих умов роботи ПТУ і нормального тиску в ресивері 0,6 МПа визначаємо за наближеною формулою, м^3 :

$$V_p = 1,2 V_{n.z.} + 0,85 D^2 L, \quad (6.5)$$

де $V_{n.z.}$ – геометричний об'єм нагнітача, м^3 ;

D – внутрішній діаметр бетонопроводу, м;

L – максимальна загальна довжина бетонопроводу, м.

7. Витрата стиснутого повітря на транспортування 1 м^3 бетону, м^3 :

$$A = \frac{(p - p_{\text{кін}})(0,85 D^2 L + V_{n.z.})}{V_n}, \quad (6.6)$$

де p – заданий робочий тиск стиснутого повітря у нагнітачі, МПа;

$p_{\text{кін}}$ – тиск стиснутого повітря у нагнітачі та бетонопроводі в кінці циклу транспортування:

при $V_n = 0,25 \dots 0,40 \text{ м}^3$ $p_{\text{кін}} = 0,15 \text{ МПа}$;

при $V_n = 0,50 \dots 0,80 \text{ м}^3$ $p_{\text{кін}} = 0,17 \text{ МПа}$.

8. Продуктивність компресора (схема I), $\text{м}^3 / \text{хв}$:

$$\Pi_{\text{комп}} \geq \frac{A \Pi}{60}. \quad (6.7)$$

9. Об'єми роздавального бункера B_p (схема I) та нижнього бункера (схема II) повинні у три рази перевищувати корисний об'єм нагнітача.

10. У верхній бункер B_v (схема II) має вміщуватись бетон із двох самоскидів.

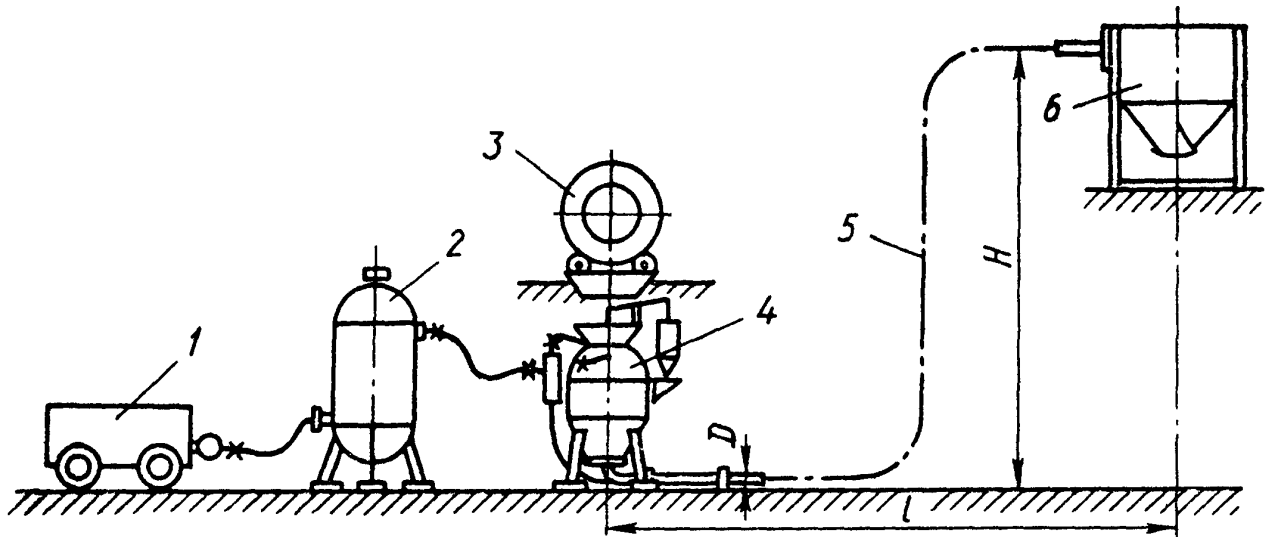


Рис. 6.1. Схема I. Пневмотранспортна установка для бетонування надземних споруд: 1- пересувний компресор; 2- ресивер; 3- бетонозмішувач; 4- нагнітач; 5- бетонопровід; 6- приймальний бункер.

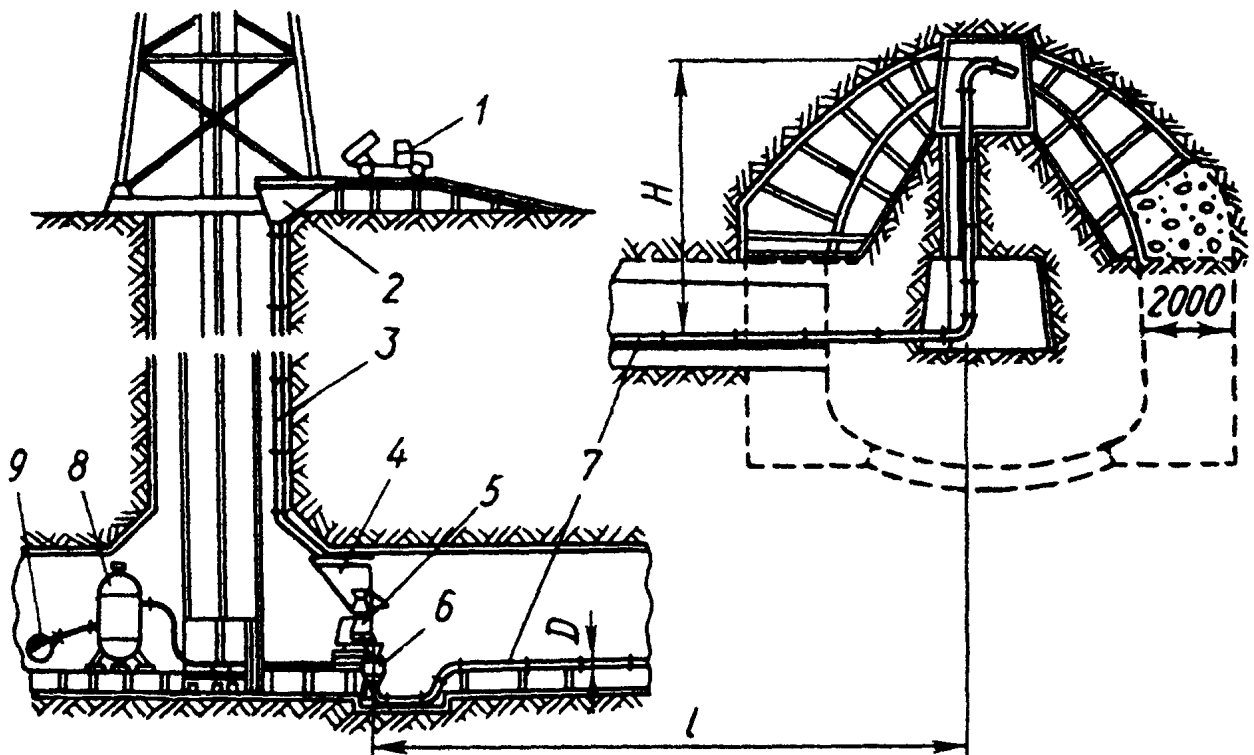


Рис. 6.2. Схема II. Пневмотранспортна установка для бетонування підземних споруд: 1- автосамоскид; 2- верхній бункер; 3- рукав вертикального спуску бетону; 4- нижній бункер; 5- бетонозмішувач; 6- нагнітач; 7- бетонопровід; 8- ресивер; 9- центральний повітропровід.

Таблиця 6.1

Варіанти завдань до практичної роботи 6

Схема ПТУ	Варіант	Задана продуктивність P_m , м ³ /год.	Крупність щебеню d , мм	Рухливість бетону s , см	Висота підйому бетону H , м	Довжина горизонт бетонопроводу l , м	Тиск повітря у нагнітачі p , МПа
I	1	6	45	10	30	90	0,32
	2	7	50	12	35	80	0,30
	3	12	60	10	40	75	0,35
	4	24	65	6	30	60	0,40
	5	7	50	8	35	100	0,32
	6	12	60	8	40	60	0,37
	7	8	45	14	36	70	0,28
	8	9	50	10	32	80	0,30
	9	18	60	6	30	100	0,38
	10	20	65	8	25	50	0,40
	11	7	50	10	30	60	0,32
	12	15	45	12	35	70	0,38
	13	9	60	6	40	80	0,40
	14	20	65	8	30	90	0,35
	15	19	50	10	32	80	0,30
	16	15	60	6	30	100	0,38
	17	18	50	10	35	50	0,30
II	18	9	45	6	12	145	0,35
	19	8	50	8	10	130	0,32
	20	15	60	10	8	120	0,28
	21	20	65	12	6	80	0,30
	22	13	60	6	12	125	0,38
	23	6	50	8	9	120	0,30
	24	8	45	10	8	100	0,28
	25	7	50	12	6	110	0,25
	26	14	60	6	10	80	0,37
	27	20	65	8	8	70	0,35
	28	8	45	6	10	95	0,25
	29	15	50	8	15	68	0,28
	30	8	45	10	8	100	0,28
	31	7	50	12	6	110	0,25
	32	12	60	10	9	84	0,30
	33	9	65	12	12	115	0,32
	34	17	60	6	6	100	0,35

Таблиця 6.2

Характеристики пневмотранспортних установок

Основні параметри	Модель				
	C-573	300	6129/1Б	500	6649/1А
Об'єм нагнітача, л : корисний V_n геометричний $V_{н.г.}$	250 300	300 450	400 600	500 620	800 1000
Продуктивність, м ³ / год.	7,5	9,0	12,0	15,0	24,0
Допоміжний час $T_{дон}$, с	30	35	40	45	50

Практичне заняття 7. Машини для земляних робіт.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКРЕПЕРА

Експлуатаційна продуктивність скрепера, м³/год.:

$$P_e = \frac{3600 \cdot q \cdot k_n \cdot k_u}{t_{\text{ц}} \cdot k_p},$$

де q - місткість ковша, м³;

k_n і k_p — відповідно коефіцієнти наповнення і розрихлення (табл. 7.2);

k_u - коефіцієнт використання скрепера за часом, $k_u = 0,8$;

$t_{\text{ц}}$ - час робочого циклу, с:

Таблиця 7.1. Вихідні дані

№ варіант	Розроблюваний ґрунт	Базова машина	Місткість ковша q , м ³	Дальність l_2 , км	Ширина b , м	Товщина c , м	Ухил i	Маса скрепера m_c , т
1	Рихлий пісок	Т-130	7	0,4	2,65	0,3	0,04	7,1
2	Розпушений суглинок	ДТ-75	3	0,3	2,1	0,1	0,03	2,8
3	Вологий пісок	Т-4А	4	0,3	2,4	0,1	0,05	4,4
4	Супісок	Т-150К	4	0,5	2,5	0,1	0,02	4,1
5	Суглинок	Т-180	10	0,5	3,0	0,1	0,04	9,5
6	Глина	ДЕТ-250	15	0,6	2,8	0,2	0,04	16,5
7	Середній гравій	Т-130	7	0,8	2,6	0,1	0,07	7,1
8	Сухий пісок	Т-150К	4	0,4	2,5	0,1	0,06	4,1
9	Щільний суглинок	Т-100МЗ	6	0,7	2,6	0,1	0,03	6,7
10	Рихлий пісок	Т-130	7	0,5	2,6	0,3	0,06	7,1
11	Розпушений суглинок	ДТ-75	3	0,3	2,1	0,1	0,07	2,8
12	Глина	Т-4А	4	1,6	2,4	0,1	0,05	4,4
13	Вологий пісок	Т-100МЗ	6	0,5	2,6	0,3	0,04	6,7
14	Дрібний гравій	Т-180	10	0,8	3,0	0,2	0,05	9,5
15	Супісок	Т-130	7	0,7	2,6	0,1	0,03	7,1
16	Середній гравій	ДЕТ-250	15	0,8	2,8	0,2	0,02	16,5
17	Рихлий пісок	Т-74-С9	3	0,4	2,1	0,2	0,05	2,4
18	Суглинок	Т-4А	4	0,3	2,4	0,1	0,03	4,4
19	Сухий пісок	Т-100МЗ	7	0,5	2,6	0,3	0,06	6,7
20	Середній гравій	Т-130	7	0,6	2,6	0,2	0,08	7,1
21	Глина	Т-130	8	0,4	2,6	0,2	0,04	9,2
22	Щільний суглинок	Т-4А	4	0,7	2,4	0,1	0,02	4,4
23	Супісок	ДЕТ-250	15	0,5	2,8	0,1	0,04	16,5
24	Розпушений пісок	Т-4А	4	0,8	2,4	0,1	0,06	4,4
25	Середній гравій	Т-100МЗ	6	0,6	2,6	0,1	0,03	6,7
26	Глина	ДТ-75	3	0,5	2,1	0,1	0,02	2,8
27	Сухий пісок	Т-180	10	0,4	2,6	0,3	0,03	1,7
28	Розпушений суглинок	Т-150К	4	0,6	2,5	0,1	0,05	4,1
29	Вологий пісок	ДТ-74-С9	3	0,7	2,1	0,1	0,04	2,3
30	Супісок	Т-4А	4	0,4	2,4	0,2	0,03	4,4
31	Суглинок	Т-4А	4	0,4	2,4	0,1	0,03	4,4
32	Сухий пісок	Т-100МЗ	7	0,6	2,6	0,3	0,06	6,7
33	Середній гравій	Т-130	7	0,7	2,6	0,2	0,08	7,1
34	Розпушений пісок	Т-4А	4	0,6	2,4	0,1	0,06	4,4
35	Середній гравій	Т-100МЗ	6	0,5	2,6	0,1	0,03	6,7

Таблиця 7.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Ґрунт	Ґрупа ґрунту	Щільність I , кг/м ³	Коефіцієнт розрихлення k_p	Питомий опір ґрунту різанню K
Пісок рихлий, сухий	I	1200...1600	1,05...1,10	0,02...0,04
Пісок вологий, супісок, суглинок розпушений	I	1400...1800	1,10...1,20	0,05...0,10
Суглинок середній і дріб-ний, гравій, легка глина	II	1500...1800	1,50...1,25	0,09...0,18
Глина, щільний суглинок	III	1600...1500	1,20...1,30	0,16...0,3

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

де t_1, t_2, t_3, t_4 - відповідно час набору ґрунту, завантаженого ходу, розвантаження, холостого ходу;

t_5 - тривалість повороту, перемикання передач швидкостей та інші витрати часу.

Тривалість кожного елементу циклу:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i},$$

де l_i - довжина відповідної ділянки, м;

v_i - швидкість руху скрепера на цій ділянці, м/с.

Довжина ділянки набору ґрунту:

$$l_1 = \frac{q \cdot k_n}{k_p \cdot b \cdot c}.$$

Значення коефіцієнта наповнення k_n ковшів скреперів:

- сухий піщаний ґрунт ($W = 12...15\%$), $k_n = 0,7...0,9$;

- суха глина, $k_n = 1,0...1,1$;

- супісок, суглинок ($W = 4...6\%$), $k_n = 1,1...1,2$;

- чорнозем ($W = 12...15\%$), $k_n = 1,10...1,25$.

Час набору ґрунту t_1 визначається за знайденою довжиною ділянки l_1 і швидкістю v_1 (на I передачі), часом навантаженого ходу t_2 на ділянці l_2 - при швидкості на IV...VI передачах; час розвантаження ковша t_3 знаходиться при русі скрепера на II...III передачах.

Час холостого ходу скрепера на V передачі, с;

$$t_4 = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{v}.$$

Довжина шляху розвантаження l_3 скреперів призначається за табл. 7.3.

Таблиця 7.3. Довжина шляху розвантаження скрепера, м

Ґрупа ґрунту	Місткість ковша скрепера, м ³		
	до 6	6...10	понад 10
I, II	6...7	6...10	8
III	8...10	8...10	10
IV	10	12	15

Час, що витрачається на два повороти скрепера t_5 , вказаний у табл. 7.4.

Таблиця 7.4. Час, необхідний на два повороти скрепера, с

Скрепер	Місткість ковша скрепера q , м ³			
	до 3	6...8	10	понад 10
Причіпний	28	45	60	60
Самохідний	-	20	25	30

Скрепер знаходиться в русі без буксування за умови, що зчіпна сила тяги є більшою від тягового зусилля трактора за розвинутою потужністю і більшою від загального опору пересуванню:

$$P_{зч} > P_T > \sum P_i.$$

Зчіпна сила тяги трактора, Н:

$$P_{зч} = G_{зч} \cdot \varphi,$$

де $G_{зч}$ – зчіпна вага скрепера, Н;

φ – коефіцієнт зчеплення, для зв'язних ґрунтів $\varphi = 0,8...0,9$, для незв'язних ґрунтів $\varphi = 0,5...0,7$.

$$G_{зч} = 9,81 \cdot m_c, \text{ де } m_c \text{ – маса скрепера, кг (табл. 7.1).}$$

Таблиця 7.5. Технічні характеристики базових тракторів

Показники	ДТ-75	Т-74-С9	Т-4А	Т-100МЗ	Т-130	Т-180	ДЕТ-250	Т-150К	Т-220
Потужність двигуна, кВт	55	55	100	74	118	130	220	120	160
Тяговий клас, кН	30	30	40	100	100	150	250	30	150
Швидкість руху, км/год:									
вперед	5;	2,14...10,6	3,74	2,36	3,70	2,86;	робоча 2,3...15	8,53	10,08
	5,58		4,03	3,78	4,40	5,06		10,80	
	6,21;		4,66	4,51	5,13	6,90		11,40	17,60
	6,9		5,20	6,45	6,10	9,46	Транспорт- на 3,5...24,5	13,38;	
	7,67		6,35	10,15	7,44;	13,09		18,55	
			7,37		8,87				
			8,53;		10,27;				
		9,52		12,2					
назад	3,42... 4,28	1,76...5,86	4,96	2,79	3,56	3,21...8,19	те ж	0...14,6	
			5,47	4,46	4,96				
			6,34	5,34;	7,14				
			7,04	7,16	9,9			24,90;	
								29,12	
Габаритні розміри, м:									
довжина	3075	3600	4475	4313	4390	5800	6236	5885	5180
ширина	1740	1840	1952	2460	2475	2740	3160	2220	2795
висота	2273	2300	2568	3059	3080	2800	3180	2825	3020
Маса трактора, т	5,6	5,9	8	12,1	14	14,35	25	7,4	17

Силу тяги, що розвивається трактором на I передачі, визначають за формулою:

$$P_T = 3600 \frac{N}{v} \eta,$$

де N – ефективна потужність двигуна, кВт; v – швидкість руху, км/год.;

η – ККД передачі між двигуном і провідними колесами (зірочками), $\eta = 0,85 \dots 0,95$.

Дані для розрахунку тягового зусилля вибрати з табл. 7.5. Швидкість руху скрепера залежить від виникаючих опорів ґрунтів і потужності трактора. Швидкості руху скрепера на окремих ділянках шляху визначити також з табл. 7.5.

Найбільше зусилля, необхідне для переміщення скрепера, виникає під час набору ґрунту:

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

Опір ґрунту різанню, Н:

$$P_1 = b \cdot c \cdot K \cdot 10^6,$$

де b - ширина ножа скрепера, м (див. табл. 7.1); c - товщина шару ґрунту, м, що зрізається (див. табл. 7.1); K - питомий опір ґрунту різанню, МПа (див. табл. 7.2).

Опір руху призми волочіння попереду скрепера, Н:

$$P_2 = 9,81 \cdot k_o \cdot b \cdot h_c^2 \cdot I \cdot (\mu \pm 1),$$

де k_o - коефіцієнт об'єму призми волочіння (табл. 7.6);

h_c - висота шару ґрунту в ковші, м (табл. 7.6);

I - щільність ґрунту, кг/м³ (див. табл. 7.2);

μ - коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту, $\mu = 0,3 \dots 0,5$ - більше значення для піщаних ґрунтів.

Таблиця 7.6. Коef об'єму призми волочіння k_o і висота шару ґрунту в ковші h_c

Місткість ковша, м ³	Пісок	Супісок	Суглинок		Глина	h_c
			сухий	вологий		
6	0,26	0,22	-	0,10	0,10	1,1
6...10	0,28	0,17	0,13	0,10	0,10	1,3...1,8
10...15	0,32	0,16	0,11	0,09	-	2,0...2,5
Понад 15	0,32...0,30	0,15	0,11	0,09	2	2,7...3,5

Опір від маси зрізаного шару ґрунту, що рухається в ковші, Н:

$$P_3 = 9,81 \cdot b \cdot c \cdot h_c \cdot I.$$

Опір від внутрішнього тертя ґрунту в ковші, Н:

$$P_4 = 9,81 \cdot b \cdot h_c \cdot I \cdot x,$$

де x - коефіцієнт, що враховує вплив роду ґрунту, $x = 0,24 \dots 0,31$ для глини; $x = 0,37 \dots 0,44$ для суглинку; $x = 0,46 \dots 0,5$ для піску.

Опір руху скрепера, Н:

$$P_5 = 9,81 \cdot (m_c + m_T + m_{zp}) \cdot (f_k \pm i),$$

де m_c - маса скрепера без тягача (див. табл. 7.1);

m_T - маса трактора (див. табл. 7.5);

m_{zp} - маса ґрунту в ковші;

f_k - питомий опір коліс скрепера коченню ($f_k = 0,15 \dots 0,20$ для щільних ґрунтів; $f_k = 0,25 \dots 0,3$ для пісків;

i - ухил.

$$m_{zp} = q \cdot k_n \cdot I.$$

При невиконанні вимог умови руху необхідно змінити товщину зрізаного шару ґрунту і швидкість руху або застосувати штовхач для ефективного набору ґрунту ковшем скрепера.

Практичне заняття № 8. Машини для земляних робіт.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ КОПАННЯ ОДНОКОВШОВОГО ЕКСКАВАТОРА

Зміст: визначити місткість ковша екскаватора і тривалість його робочого циклу з наступним порівнянням отриманих даних з характеристиками існуючих машин; визначити зусилля копання.

Методика розрахунку

1. Орієнтовна місткість ковша, м³:

$$q_{op} = \frac{P_e \cdot t_{ц} \cdot k_p}{k_{ч} \cdot k_{н}},$$

де P_e - продуктивність екскаватора, м³/год.;

$t_{ц}$ - час робочого циклу екскаватора, с;

k_p - коефіцієнт розрихлення ґрунту;

$k_{ч}$ - коефіцієнт використання екскаватора в часі;

$k_{н}$ - коефіцієнт наповнення ковша.

За отриманим значенням q_{op} вибрати тип конкретної машини і вписати місткість її ковша (табл. 8.2).

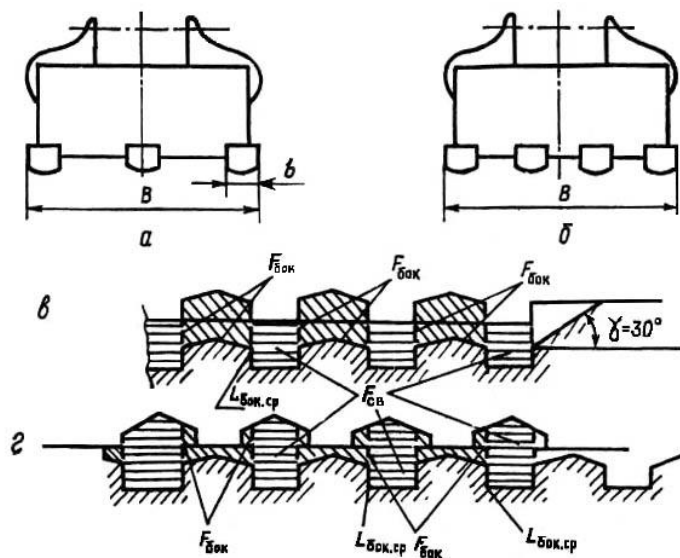


Рис. 8.1. Схеми ковшів (а, б) і зони руйнування ґрунту (в, г).

2. Уточнену тривалість циклу, с,

$$t_{цк} = \frac{q \cdot k_{ч} \cdot k_{н}}{P_e \cdot k_p}$$

визначити для значення q конкретної машини при заданих в табл. 8.1 k_p , $k_{ч}$, $k_{н}$.

3. За отриманими q і $t_{цк}$ повторно вибрати місткість ковша екскаватора (зворотна лопата), вписати тип конкретної машини і її характеристики (табл. 8.2).

4. Площа поперечного перерізу стружки ґрунту ковшем екскаватора, см²:

$$F = \frac{q \cdot k_{н}}{k_p \cdot H} \cdot 10^4,$$

де для екскаватора з робочим обладнанням зворотна лопата довжина шляху копання H приймається рівній найбільшій глибині забою H_k (табл. 8.2).

5. Товщина стружки, см:

$$h = F/B,$$

де B - ширина різальної частини ковша, см (табл. 8.2).

Таблиця 8.1. Вихідні дані

№ варіанту	Грунт	Схема роботи по мал. 20.1	t_n, c	$Pe, m^3/год.$	k_p	k_u	k_y
1	Вологий пісок $m_{св} = 0,05$ МПа	а, в	15	40	1,39	0,9	0,7
2			16	50	1,39	0,9	0,7
3			17	70	1,39	0,9	0,7
4			18	80	1,32	0,9	0,8
5	Щільна глина $m_{св} = 0,3$ МПа	б, в	19	95	1,20	0,8	0,8
6			20	100	1,20	0,8	0,8
7			21	110	1,23	0,8	0,6
8			22	120	1,23	0,8	0,6
9			23	130	1,23	0,9	0,6
10			24	140	1,24	0,9	0,9
11			25	160	1,24	0,9	0,9
12			26	180	1,24	0,9	0,9
13	Супісок $m_{св} = 0,1$ МПа	а, г	27	200	1,20	1,0	0,6
14			28	220	1,22	1,0	0,6
15			29	250	1,22	1,0	0,6
16			30	280	1,22	1,0	0,8
17			31	300	1,32	1,1	0,8
18	Глина $m_{св} = 0,2$ МПа	б, в	32	320	1,30	1,1	0,8
19			33	340	1,25	1,1	0,9
20			34	360	1,25	0,9	0,9
21			35	380	1,26	0,9	0,9
22			36	400	1,26	0,9	0,6
23			37	410	1,27	0,9	0,6
24			38	420	1,28	1,0	0,6
25			40	440	1,30	1,0	0,6
26	Пісок вологий $m_{св} = 0,06$ МПа	а, в	35	280	1,25	0,8	0,7
27			40	300	1,39	0,9	0,6
28			41	320	1,39	0,8	0,8
29			42	360	1,32	0,9	0,8
30			43	400	1,30	1,0	0,9
31	Супісок $m_{св} = 0,2$ МПа	б, г	28	150	1,20	0,9	0,7
32			29	180	1,22	0,8	0,8
33			30	200	1,22	0,8	0,6
34			31	220	1,32	0,9	0,9

Примітка, $m_{св}$ - питома сила для руйнування ґрунту.

Таблиця 8.2. Параметри одноковшових екскаваторів

Показник	Позн	ЕО-2621А	ЭО-3322	ЕО-3322А	ЕО-5015А	ЕО-4123	ЕО-4321	ЕО-4121	ЕО-5122
Потужність двигуна, к. с.	$N_{дв}$	60	75	75	75	80	80	130	170
Тип ходового обладнання		Пневмоколісний		Гусеничний			Пневмоколісний		Гусенична
Швидкість пересування, км/год.	V	до 19,00	1,85...3,58 10,2...19,68	до 22,0	1,87...2,51	2,80	0,98...1,98 1,95...3,85 4,94...9,75 9,90...19,5	2,80	до 2,90
Місткість ковша, м ³	q	0,25	0,50	0,5	9,50	0,65	0,65	1,00	2,25
Ширина ковша, м	B	0,65	0,80	0,9	0,90	1,20	1,20	0,25	1,40
Маса екскаватора, т	M_e	5,70	12,70	14,8	11,50	17,80	17,80	20,90	36,40
Зусилля на зубах, кН	P_z	25,70	91,00	91,0	62,20	115,0	115,00	142,00	188,00
Тривалість робочого циклу (90°), с	$t_{ц}$	15,00	16,50	18,0	16,00	16,00	16,00	18,00	24,00
Найбільша глибина забою (для котлована), м	H_k	3,00	4,30	4,30	4,30	2,50	4,30	4,00	4,00
Найбільша висота розвантаження, м	H_b	2,50	5,30	5,20	3,90	5,90	6,20	6,00	5,50

6. Площі лобових частин поперечного перерізу стружки, см²:

$$F_{св} = bhn,$$

де b - ширина зуба, $b = 6...8$ см;

h - глибина різання, см;

n - кількість зубів на різальній частині ковша, $n = 3...4$.

7. Площі бічних частин поперечного перерізу стружки, см² (див. рис. 8.1):

$$F_{бок} = F - F_{св}$$

8. Сумарна довжина ліній бокового зрізу ґрунту, см:

$$L_{бок.ср} = 2h(1 - k_{бок})n,$$

де $k_{бок}$ - коефіцієнт глибини частини прорізу, що розширюється, $k_{бок} = 0,8$.

9. Середньомаксимальна дотична складова сили різання гострими зубами, Н:

$$P = m_{св}(\varphi \cdot F_{св} + \eta_{бок} \cdot F_{бок} + \eta_{бок.ср} \cdot L_{бок.ср}),$$

де $m_{св}$ - питома сила для руйнування ґрунту перед лобовою гранню зуба при куті різання 45°, МПа (див. табл. 8.1);

φ - коефіцієнт, що враховує вплив кута різання, $\varphi = 1$;

$\eta_{бок}$ - коефіцієнт, що характеризує відношення питомих сил різання в бічній і лобовій частинах прорізу (для початкових даних), $\eta_{бок} = 0,4$;

$\eta_{бок.ср}$ - коефіцієнт, що характеризує відношення питомих сил різання бічними ребрами ножа і в лобовій частині прорізу для умов задачі, $\eta_{бок.ср} = 6,5$.

10. Середньомаксимальна норм складова сили різання гострими зубами, Н:

$$N = P \cdot ctg(\delta + \mu),$$

де δ - кут різання, $\delta = 360^\circ$;

μ - кут тертя ґрунту по сталі, $\mu = 18...20^\circ$.

11. Для затуплених робочих органів виникає додаткова сила опору ґрунту, Н:

$$P_3 = m_{св} \cdot \eta_3 \cdot h \cdot L_3 \cdot n \cdot 10^2,$$

де η_3 - коефіцієнт, що враховує затуплення робочих органів і залежить від ширини майданчика зносу $a = 0,5 \cdot b$ і товщини зрізу h . Для $h = 2$ см $\eta_3 = 0,35 \cdot b$; $h = 5$ см $\eta_3 = 0,18 \cdot b$; $h = 10$ см $\eta_3 = 0,11$; $h = 20$ см $\eta_3 = 0,065$; проміжні відношення визначати методом інтерполяції);

L_3 - довжина зношеної різальної кромки зуба ковша, $L_3 = b$.

12. Середня дотична складова сили різання, Н:

$$P_{cp} = P \cdot k_e + P_3$$

де k_e - коефіцієнт енергомісткості процесу різання, $k_e = 0,8$.

13. Середня нормальна складова сили різання, Н:

$$N_{cp} = N \cdot k_e - P_3 \cdot ctg(\delta_1 + \mu),$$

де δ_1 - кут між траєкторією різання і майданчиком зносу, рад., $\delta_1 = 0,17$.

14. Середня питома дотична сили різання, МПа:

$$P'_{cp} = \frac{P_{cp}}{F} \cdot 10^{-2}.$$

15. Коефіцієнт питомої сили різання:

$$k_{риз} = \frac{P'_{cp}}{P_{кон.0} + (1 + k_1) \cdot P_{cp}},$$

де $P_{кон.0}$ - питома сила копання для умовного ґрунту з нульовим опором різанню, МПа;

k_1 - безрозмірний коефіцієнт.

З достатньою точністю для практичних розрахунків для екскаваторів $P_{кон.0} = 0,025$ МПа, $k_1 = 0,08$.

16. Дотична складова сили копання, Н:

$$P_{кон.0} = P_{cp} / k_{риз}.$$

17. Нормальна складова сили копання, Н:

$$N_{кон} = N_{cp} + (P_{кон} - P_{cp}),$$

де ψ - коефіцієнт, що характеризує співвідношення складових повної сили копання ґрунту, $\psi = ctg(\pi / 3) = 0,58$.

18. Визначення технічної продуктивності одноковшового екскаватора:

$$\Pi_T = \frac{3600 \cdot q \cdot k_n}{t_{ц} \cdot k_p},$$

де q - місткість ковша, вибрана в результаті розрахунку за табл. 8.2;

k_n і k_p - відповідно коефіцієнти наповнення ковша і розрихлення ґрунту (див. табл. 9.1);

$t_{ц}$ - час циклу (див. табл. 8.1).

19. Змінна експлуатаційна продуктивність одноковшового екскаватора:

$$\Pi_{зм} = \Pi_T \cdot n_{зм},$$

де $n_{зм}$ - коефіцієнт обліку роботи екскаватора за зміну;

$$n_{зм} = (0,72 \dots 0,83) \cdot t_{зм}$$

$t_{зм}$ - тривалість зміни, $t_{зм} = 7$ год.

Практичне заняття № 9. Вантажопідйомні машини і механізми

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЛЕБІДКИ

Зміст роботи: згідно з варіантом накреслити схему поліспасти; визначити загальний ККД підйомного механізму; підібрати сталевий канат; визначити довжину, діаметр та канатомісткість барабана лебідки; визначити необхідну потужність при усталеному русі та вибрати електродвигун і редуктор.

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 9.1.

Методика розрахунку

1. **Накреслити схему канатного поліспасти відповідно до варіанту завдання**

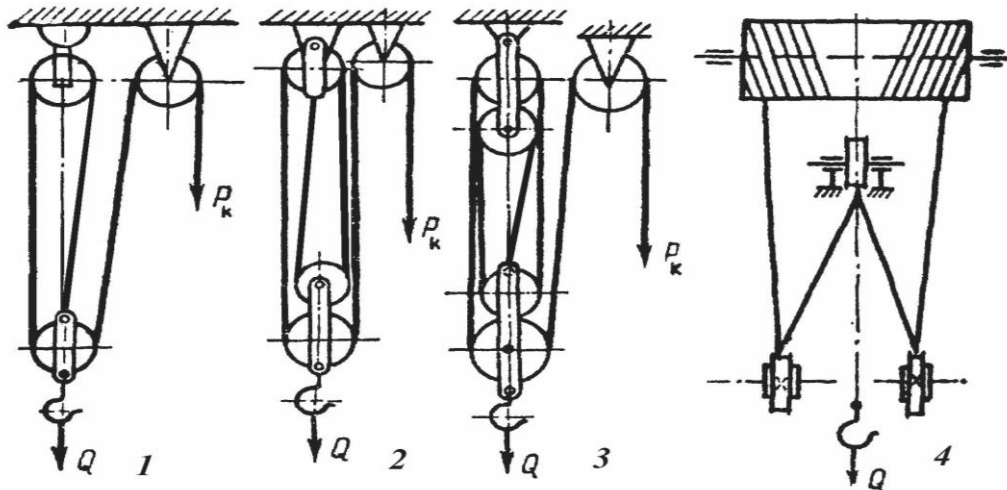


Рис. 9.1. Схеми поліспасти (1, 2, 3, 4 - варіанти завдань

2. **Визначити загальний коефіцієнт корисної дії підйомного механізму**

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_b, \quad (9.1)$$

де η_n - ККД поліспасти;

η_b - ККД обхідних (відхиляючих) блоків, $\eta_b = 0,97$.

Для поліспасти, у якого тягова вітка сходиться із верхнього нерухомого блока:

$$\eta_n = \frac{\eta_b}{i} \cdot \frac{1 - \eta_b^z}{1 - \eta_b}, \quad (9.2)$$

а при збіганні каната з нижнього рухомого блока

$$\eta_n = \frac{\eta_b}{1 + i} \cdot \frac{1 - \eta_b^z}{1 - \eta_b}, \quad (9.3)$$

де i - кратність поліспасти;

z - кількість блоків у поліспасті.

3. **Підібрати сталевий канат.** У вантажопідйомних машинах застосовують переважно канати подвійного намотування типу ЛК із шістьма рядами у поперечному січненні та кількістю дротів у кожному 19...37.

Сталевий канат підбирають за допустимим розривним зусиллям, Н:

$$R \geq kP_K, \quad (9.4)$$

де k - коефіцієнт запасу міцності каната на розрив залежно від режиму роботи лебідки,

при ПВ 15% - легкий режим: $k = 5$;

при ПВ 25% - середній режим: $k = 5,5$;

при ПВ 40% - важкий режим: $k = 6,0$;

P_K - максимальне робоче зусилля в канаті, Н.

Вибирати канат слід із врахуванням середнього тимчасового опору розриву $\sigma_{роз}$.

Максимальне робоче зусилля в канаті, що намотується на барабан при підйомі:

$$P_K = \frac{9,81 \cdot Q}{i \cdot \eta}, \quad P_K = \frac{9,81 \cdot Q_{роз}}{i \cdot \eta}, \quad (9.5)$$

де Q - маса вантажу, що піднімається, кг (для кранів);

$Q_{роз} = Q + m_{пл}$, кг (для будівельних підйомників);

$m_{пл}$ - маса вантажної платформи, $m_{пл} = 150$ кг.

Необхідний діаметр каната та всі його дані на основі розрахункового зусилля каната вибираємо з табл. 9.2.

4. Визначити конструктивні розміри барабана лебідки

Барабани для канатів виконують зварними або литими. Їх поверхня може бути гладкою чи з канавками для каната (рис. 9.2).

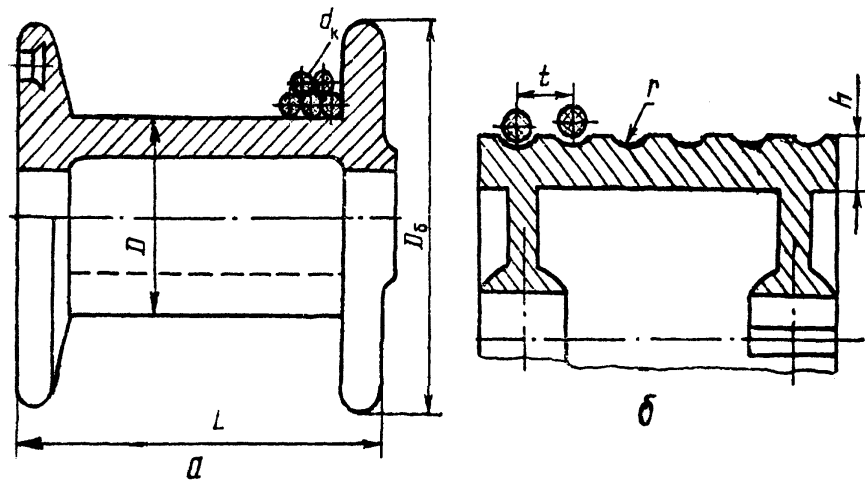


Рис. 9.2. Різновиди барабанів лебідок:
а) гладкий; б) з канавками.

Розміри профілю канавок на барабані наведені у табл. 9.3.

Робоча довжина барабана:

а) при багат шаровому намотуванні

$$L_6 = \frac{L_K \cdot t}{\pi m (D + dm)}, \quad (9.6)$$

б) при одно шаровому намотуванні

$$L_6 = \frac{L_K \cdot t}{\pi (D + d)}, \quad (9.7)$$

де L_K - довжина каната, що намотується на барабан, м;

t - крок витків каната (при намотуванні на гладкий барабан $t = d$);

m - кількість шарів намотування каната.

Довжина каната, що намотується на барабан:

$$L_K = i \cdot H + 2\pi(D + d), \quad (9.8)$$

де H - задана висота піднімання вантажу.

Кількість шарів намотування каната на барабан:

$$m = \frac{D_6 - D}{2d} - 2, \quad (9.9)$$

де D_6, D - діаметри барабанів лебідки, м.

Розрахункова кількість шарів намотування каната на барабан заокруглюється до **більшого цілого числа**.

Канатомісткість барабана:

$$L = \frac{\pi L_6 m (D + md)}{d}. \quad (9.10)$$

Придатність лебідки за канатомісткістю визначають з умови:

$$L_K < L.$$

5. **Вибір двигуна.** Необхідна потужність двигуна визначається за максимальним робочим зусиллям у канаті P_K , швидкістю намотування каната $V_K = V \cdot i$ та ККД лебідки $\eta_L = 0,8$:

$$N = \frac{P_K \cdot V_K}{1000 \eta_L}. \quad (9.11)$$

Вибір двигуна проводиться за обчисленою потужністю із табл. 9.3.

6. Підбір редуктора.

Передатне число редуктора:

$$u = \frac{n}{n_6}, \quad (9.12)$$

де n - частота обертання вала двигуна, хв⁻¹;

n_6 - частота обертання барабана, хв⁻¹:

$$n_6 = \frac{60 \cdot V_K}{\pi [D + d(2m - 1)]}. \quad (9.13)$$

Редуктор вибирається за розрахунковим передатним числом та частотою n обертання вала двигуна відповідно до заданого режиму лебідки із табл. 9.4.

Обчислені показники звести у таблицю

№	Показник	Позначення	Од. вим.	Значення
1	Загальний ККД механізму	η		
2	ККД поліспасти	η_n		
3	Максимальне робоче зусилля в канаті	P_K	Н	
4	Робоча довжина барабана	L_6	мм (м)	
5	Довжина каната	L_K	мм (м)	
6	Кількість шарів намотування	m		
7	Канатомісткість барабана	L	мм (м)	
8	Потужність двигуна	N	кВт	
9	Передатне число редуктора	u		
10	Частота обертання барабана	n_6	хв ⁻¹	

Примітка.

Діаметри барабанів лебідки: у будівельному підйомнику $D = 230$ мм, $D_6 = 370$ мм; баштовому та козловому кранах $D = 410$ мм, $D_6 = 670$ мм.

Таблиця 9.1. Вихідні дані до практичної роботи 9

№ варіанта	№ схеми	Машина	Маса вантажу Q, кг	Швидкість підйому вантажу V, м/с	Висота підйому вантажу H, м	Тривалість включення ПВ, %
1	2	Баштовий кран	2000	1,2	60	25
2	3	Баштовий кран	1700	1,2	70	40
3	2	Баштовий кран	800	0,9	35	40
4	3	Баштовий кран	4500	1,0	60	25
5	4	Козловий кран	8200	0,17	15	25
6	1	Буд. підйомник	700	0,6	50	40
7	3	Баштовий кран	5200	0,65	78	25
8	1	Буд. підйомник	750	0,6	35	40
9	2	Баштовий кран	4600	0,95	63	40
10	3	Баштовий кран	4700	0,8	70	40
11	2	Баштовий кран	5400	0,75	75	25
12	4	Козловий кран	7300	0,12	22	15
13	2	Баштовий кран	6850	0,5	55	40
14	2	Баштовий кран	4750	0,5	65	40
15	3	Баштовий кран	4900	0,7	43	25
16	3	Баштовий кран	6000	0,9	50	25
17	2	Баштовий кран	3800	0,6	68	40
18	3	Баштовий кран	3300	0,5	38	40
19	3	Баштовий кран	7900	0,7	58	40
20	2	Баштовий кран	3750	0,8	30	25
21	4	Козловий кран	5500	0,14	25	40
22	1	Буд. підйомник	300	0,5	30	40
23	2	Баштовий кран	4800	0,6	67	25
24	1	Буд. підйомник	500	0,4	45	25
25	3	Баштовий кран	5300	0,5	67	40
26	4	Козловий кран	4900	0,33	28	25
27	1	Буд. підйомник	420	0,5	20	40
28	1	Баштовий кран	6650	0,6	60	25
29	2	Баштовий кран	5750	1,0	55	40
30	4	Козловий кран	8000	0,12	15	25
31	1	Баштовий кран	4650	1,0	70	40
32	2	Баштовий кран	7300	0,82	63	40
33	1	Буд. підйомник	800	0,5	90	25

Таблиця 9.2. Розривне зусилля R, Н сталевих канатів; канатів подвійного навивання типу ЛК-Р

Діаметр каната, мм	Маса 1 м каната, кг	Тимчасовий опір розриву $\sigma_{\delta 1\zeta}$, МПа			
		1370	1570	1770	1960
8,3	0,256	---	34800	38150	41600
9,1	0,305	---	41550	45450	49600
9,9	0,359	---	48850	53450	58350
11,0	0,462	---	62850	68800	75100
12,0	0,527	---	71750	78550	85750
13,0	0,597	71050	81250	89000	97000
14,0	0,728	86700	98950	108000	118000
15,0	0,804	100000	114500	125500	137000
16,5	1,025	121500	139000	152000	166000
18,0	1,220	145000	166000	181500	198000
19,5	1,405	167000	191000	209000	228000
21,0	1,635	194500	222000	243500	265500
22,5	1,850	220000	251000	275000	303500

Таблиця 9.3. Розміри профілю канавок на барабані лебідок, мм

Діаметр каната d	Радіус канавки барабана r	Товщина стінки барабана h	Крок нарізки t	Діаметр каната d	Радіус канавки барабана r	Товщина стінки барабана h	Крок нарізки t
7,4...8	4,5	2,5	9,0	20,0...21,5	12,0	6,5	24
9...8	5,0	3,0	10,0	21,5...23,0	12,5	7,0	26
9...10	5,5	3,0	11,0	23,0...24,5	13,5	7,5	28
10...11	6,0	3,5	12,5	24,5...26,0	14,0	8,0	29
11...12	6,5	3,5	13,5	26,0...27,5	15,0	8,5	32
12...13	7,0	4,0	15,0	27,5...29,0	16,0	9,0	34
13...14	7,5	4,5	16,0	29,0...31,0	17,0	9,5	36
14...15	8,5	4,5	17,0	31,0...33,0	18,0	10,0	38
15...16	9,5	5,0	18,0	33,0...35,0	19,0	10,5	40
16...17	9,5	5,5	19,0	35,0...37,5	21,0	11,5	42
17...18	10,0	5,5	20,0	37,5...40,0	23,0	12,0	44
18...19	10,5	6,0	22,0	40,0...42,0	23,0	13,0	48
19...20	11,0	6,0	23,0	42,5...45,5	25,0	14,0	50

Таблиця 9.4. Потужність на ведучому валу редуктора, кВт

n , хв. ⁻¹	Передатне число									ПВ, %
	8,32	9,80	12,41	16,30	19,88	24,90	32,42	41,34	50,94	
Редуктор Ц2-200										
600	7,7	6,8	6,1	5,8	5,4	4,4	3,0	2,4	2,0	25
	5,9	5,2	4,2	3,9	3,6	2,5	1,6	1,6	1,1	40
750	9,3	8,0	6,7	6,2	5,5	5,4	3,8	3,2	2,7	25
	7,2	6,1	4,8	4,2	3,7	2,7	1,8	1,8	1,3	40
1000	11,5	10,0	8,0	7,9	6,6	5,4	4,1	4,1	3,7	25
	8,8	7,8	6,1	5,9	4,2	3,2	2,1	2,1	1,6	40
Редуктор Ц2-250										
600	19,3	17,1	15,2	11,3	9,4	7,0	5,2	4,3	3,9	25
	14,2	12,5	9,9	7,2	6,4	5,5	3,6	3,0	2,6	40
750	23,0	19,7	16,6	13,5	11,1	9,4	7,6	5,6	4,2	25
	16,6	14,5	12,3	8,3	7,3	6,9	4,5	3,5	3,0	40
1000	27,1	23,8	20,5	17,3	14,1	11,7	9,2	7,3	6,0	25
	17,8	15,6	14,1	10,2	8,9	7,6	5,0	4,2	3,5	40
Редуктор Ц2-350										
600	45,7	39,6	34,0	26,8	22,3	16,6	12,0	10,2	9,4	25
	34,0	29,4	25,7	17,2	15,2	13,0	11,0	7,2	6,3	40
750	61,0	52,0	43,5	32,0	26,5	22,4	16,6	13,4	11,1	25
	35,8	31,6	29,2	19,5	17,7	16,6	12,9	8,4	7,3	40
1000	71,9	61,2	50,8	37,1	33,5	27,1	21,8	17,3	14,5	25
	42,8	39,0	33,0	24,1	21,1	18,1	15,6	10,2	9,0	40
Редуктор Ц2-500										
600	137,0	120,0	113,0	82,5	75,2	63,3	42,7	34,5	31,8	25
	102,0	90,6	77,0	53,6	51,0	44,1	28,7	24,1	20,4	40
750	163,0	140,0	112,0	103,0	89,2	75,6	52,7	42,2	37,0	25
	121,0	106,0	84,7	61,0	58,7	51,5	32,8	28,4	23,3	40
1000	197,0	178,0	143,0	122,0	104,0	91,7	68,6	58,5	49,0	25
	145,0	132,0	103,2	74,2	65,4	52,8	40,2	37,0	28,5	40

Практичне заняття № 10. Вантажопідйомні машини і механізми

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ОСНОВНИХ РОБОЧИХ РУХІВ БАШТОВИХ ТА САМОХІДНИХ СТІЛОВИХ КРАНІВ

Зміст роботи: накреслити кінематичні схеми кранових механізмів згідно з варіантом завдання; визначити передатні числа передач окремих механізмів; визначити швидкості основних робочих рухів кранів.

Методика розрахунку

1. При визначенні передатних чисел механізмів варто пам'ятати, що загальне передатне число багатоступеневих передач:

$$u = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n = \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot \dots \cdot z_{n+1}}{z_1 \cdot z_3 \cdot \dots \cdot z_n}, \quad (10.1)$$

де u_1, u_2, \dots, u_n – передатні числа окремих передач;

z_2, z_4, \dots, z_{n+1} – кількість зубів колеса;

z_1, z_3, \dots, z_n – кількість зубів шестерні.

2. Частота обертання барабана, хв^{-1} :

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{u}, \quad (10.2)$$

де $n_{\text{дв}}$ – частота обертання вала двигуна.

3. Швидкість намотування канатів на барабан:

$$V = \frac{\pi D n}{60}, \quad (10.3)$$

де D – діаметр барабана.

Таблиця 10.1. Варіанти завдань до практичної роботи 10

№	№ рисунка та позиція					№	№ рисунка та позиція				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	а	а	а	а	а	18	а	в	б	а	г
2	б	б	б	б	б	19	б	г	в	б	а
3	в	в	в	в	в	20	в	а	г	в	б
4	б	г	г	г	г	21	а	б	а	г	в
5	а	б	в	г	а	22	б	в	б	а	г
6	б	в	б	а	в	23	в	г	в	б	а
7	в	б	г	а	б	24	а	а	г	в	б
8	а	в	б	г	а	25	б	б	а	г	в
9	б	а	в	б	б	26	в	в	б	а	г
10	в	б	а	в	в	27	а	г	в	б	а
11	а	б	г	в	г	28	а	в	б	в	в
12	в	а	б	г	в	29	в	б	г	а	в
13	б	а	б	а	б	30	а	в	а	г	а
14	в	г	а	в	а	31	в	б	б	в	а
15	а	г	а	в	а	32	б	б	г	а	г
16	б	а	б	а	в	33	в	а	в	б	а
17	в	б	в	а	б	34	а	а	г	г	б

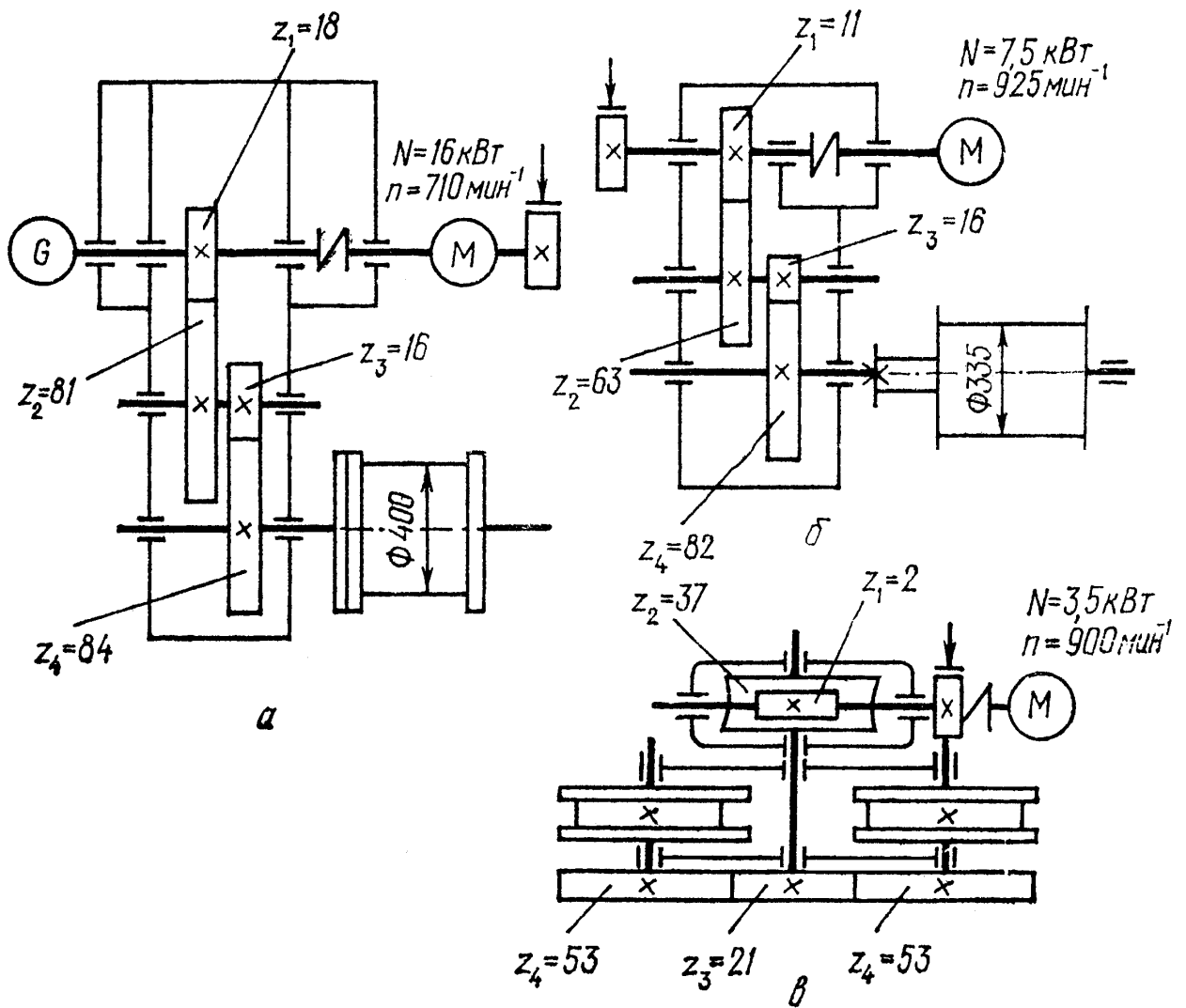


Рис. 10.1. Кінематичні схеми механізмів баштового крана КБ – 100:

- а – вантажна лебідка;
- б – стрілова лебідка;
- в – механізм пересування.

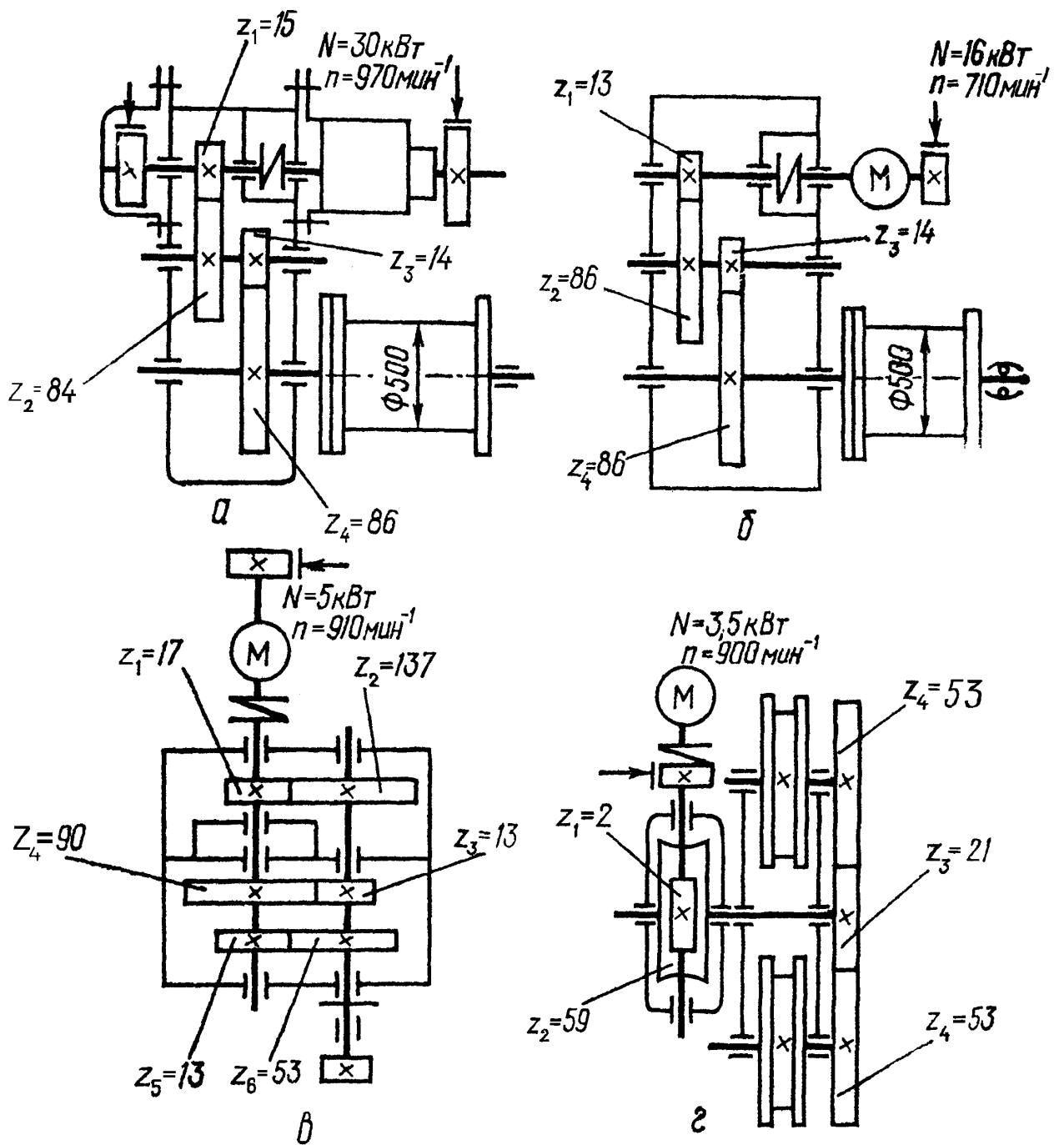


Рис. 10.2. Кінематичні схеми механізмів баштового крана КБ – 160.2:

а – вантажна лебідка;

б – стрілова лебідка;

в – механізм повороту;

г – механізм пересування ($D_K=500$ мм – діаметр ходових коліс крана).

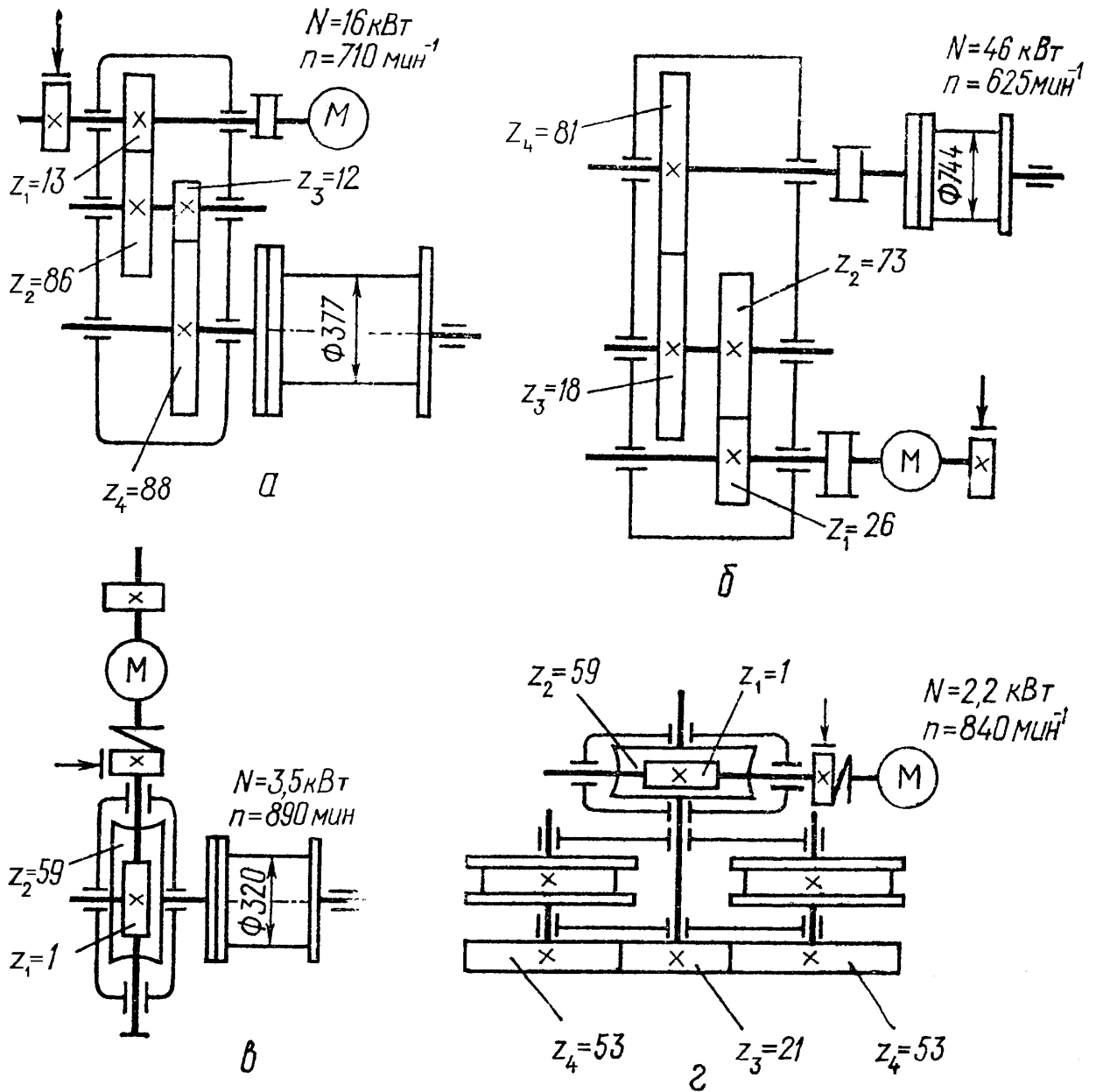


Рис. 10.3. Кінематичні схеми механізмів баштового крана КБ – 250:

- а – монтажна стрілова лебідка;
- б – вантажна лебідка;
- в – лебідка вантажного візка;
- г – механізм пересування.

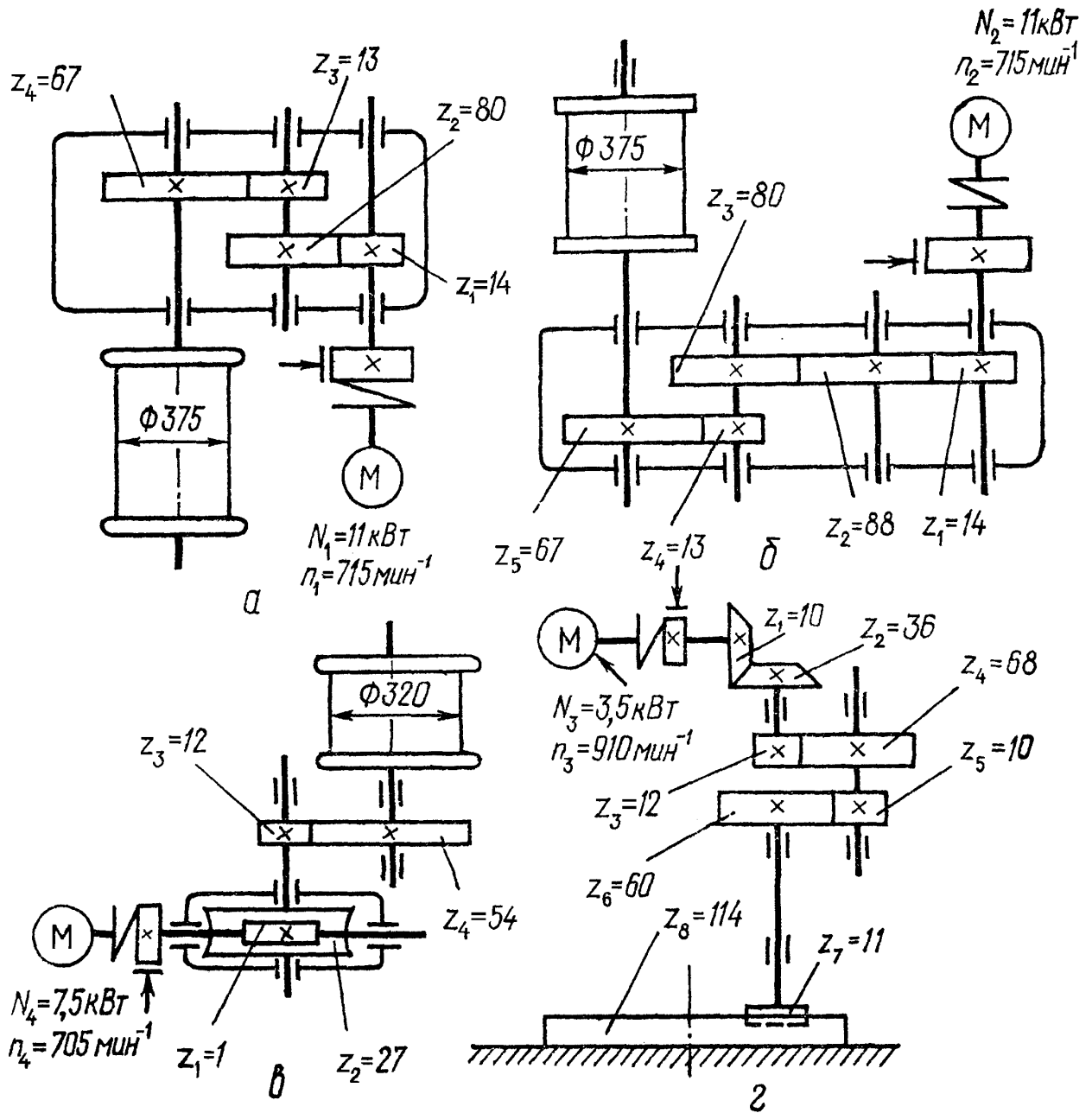


Рис. 10.4. Кінематичні схеми механізмів автомобільного крана із багатодвигуновим приводом:

- а – вантажна лебідка;
- б – тяглова лебідка;
- в – стрілова лебідка;
- г – механізм повороту.

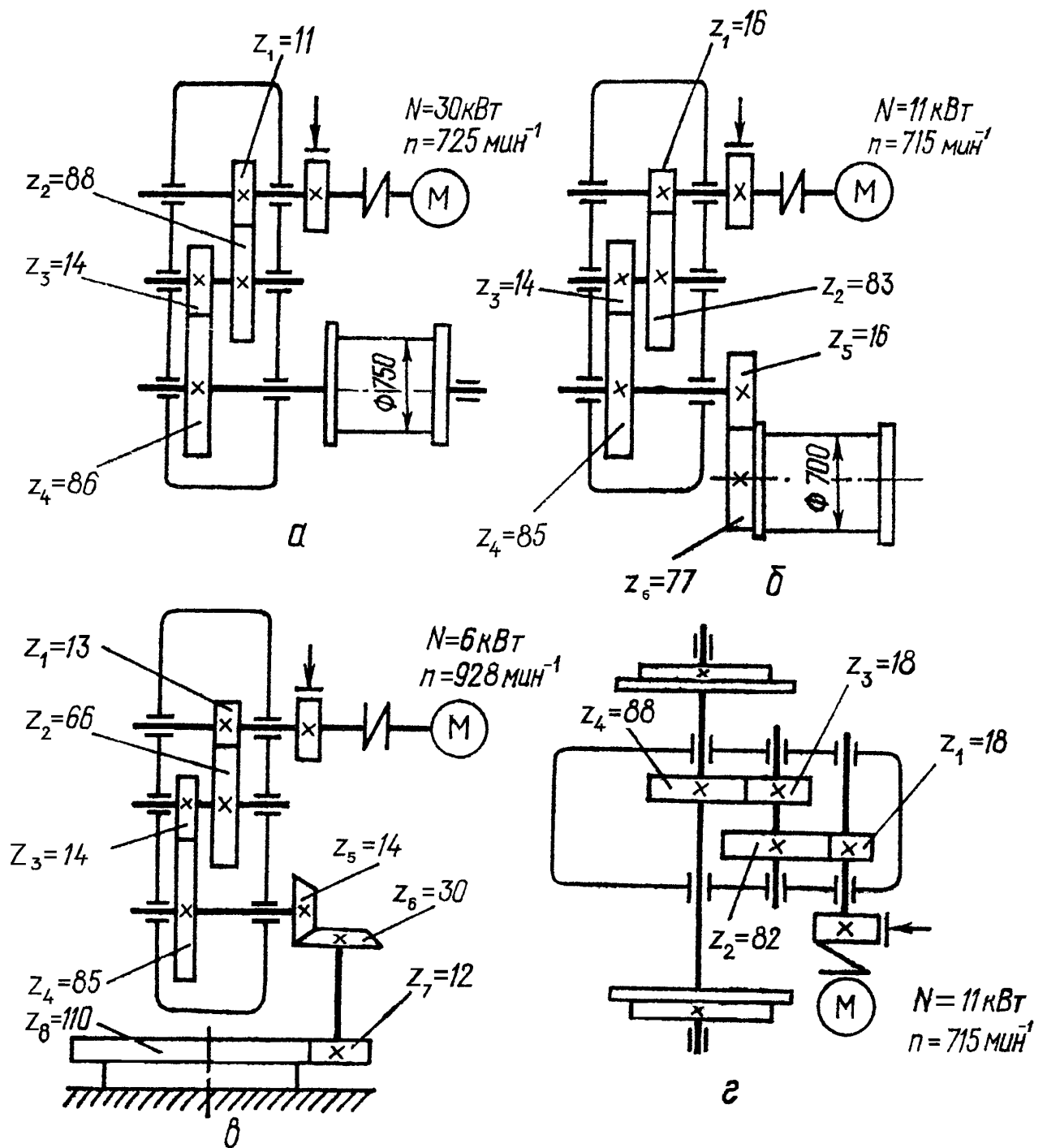


Рис. 10.5. Кінематичні схеми механізмів самохідного стрілового залізничного крана:

а – вантажна лебідка;

б – стрілова лебідка;

в – механізм повороту;

г – механізм пересування ($D_K=900$ мм – діаметр ходових коліс крана).

Практичне заняття № 11. Вантажопідйомні машини і механізми

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ БАШТОВОГО КРАНА

Послідовність виконання:

- визначити координати центра ваги крана при горизонтальній стрілі та при її максимальному підйомі;
- обчислити підвітряну площу крана при горизонтальній стрілі та при її максимальному підйомі;
- визначити ординату центра парусності при горизонтальному положенні стріли ρ та при її максимальному підйомі ρ_1 ;
- перевірити стійкість крана в робочому положенні;
- перевірити стійкість крана в неробочому положенні.

Методика розрахунку:

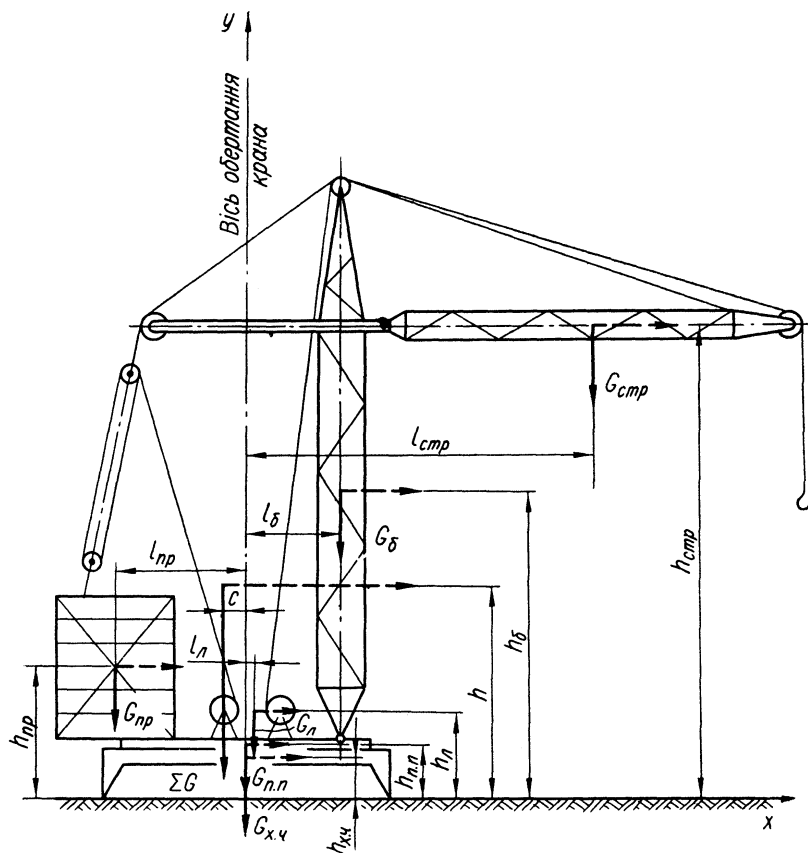


Рис. 11.1. Схема до визначення центра ваги крана

1. Для визначення координат центра ваги крана розташовуємо координатні осі так, щоб вісь абсцис лежала у площині головок рейок, а вісь ординат збігалася з віссю обертання крана. Схему крана (рис. 11.1) розбиваємо на частини, маса яких відома. Суму моментів сил тяжіння цих частин відносно осі координат x або y прирівнюємо до моменту сил тяжіння всього крана відносно тієї самої осі. Із цих двох рівнянь визначаємо координати центра ваги.

Наприклад, для знаходження абсциси c центра ваги рівняння матиме такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y = \sum G \cdot c. \quad (11.1)$$

Звідси

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y}{\sum G}, \quad (11.2)$$

де

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y &= G_{np} l_{np} + G_l l_l + G_{\delta} l_{\delta} + G_{стр} l_{стр}; \\ \sum G &= G_{np} + G_l + G_{\delta} + G_{стр} + G_{хч} + G_{nn}. \end{aligned}$$

Тут G_{np} – вага противаги, Н;

l_{np} – плече противаги відносно осі y , м;

G_l – вага лебідок, Н;

l_l – плече лебідок відносно осі y , м;

G_{δ} – вага башти крана, Н;

l_{δ} – плече башти крана відносно осі y , м;

$G_{стр}$ – вага стріли, Н;

$l_{стр}$ – плече стріли відносно осі y , м;

$G_{хч}$ – вага ходової частини крана, Н;

G_{nn} – вага поворотної платформи, Н.

Для визначення ординати h центра ваги рекомендується повернути всю систему сил на 90^0 , як це зроблено на рис. 11.1 (центр ваги не змінює свого положення при повертанні всієї системи сил в одному напрямку). Складемо рівняння моментів:

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x = \sum G \cdot h, \quad (11.3)$$

звідки

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x}{\sum G}, \quad (11.4)$$

де

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x = G_{np} h_{np} + G_l h_l + G_{хч} h_{хч} + G_{nn} h_{nn} + G_{\delta} h_{\delta} + G_{стр} h_{стр}.$$

Координати центра ваги крана при максимально піднятій стрілі визначаємо так само, як і у випадку, коли стріла крана горизонтальна.

Підрахувавши момент сил ваги при горизонтальній стрілі, для переходу до моменту при піднятій стрілі рекомендується враховувати лише різницю моментів сил тяжіння при її горизонтальному та піднятому положенні.

2. Підвітряну площу крана $F_{кр}$ при горизонтальній стрілі обчислюємо за схемою крана, не враховуючи площі стріли, оскільки вона закрита фасадом. Якщо вузол крана має ґратчасту будову, то в підвітряну площу враховується 40% площі контура вузла:

$$F_{кр} = \sum_{i=1}^{i=n} F_i \cdot \varphi, \text{ м}^2 \quad (11.5)$$

де φ - коефіцієнт, який враховує ґратчасту будову вузла, $\varphi = 0,4$.

При максимально піднятій стрілі до підвітряної площі крана слід додати площу стріли з урахуванням кута її нахилу. Тоді

$$F'_{кр} = F_{кр} + F_{стр} \cdot \sin \beta, \text{ м}^2 \quad (11.6)$$

де β - кут підйому стріли.

3. Ординату центра парусності визначаємо як ординату центра ваги підвітряної площі крана. У такому випадку підвітряну площу ділимо на фігури, центри ваги яких легко визначити (рис. 11.2).

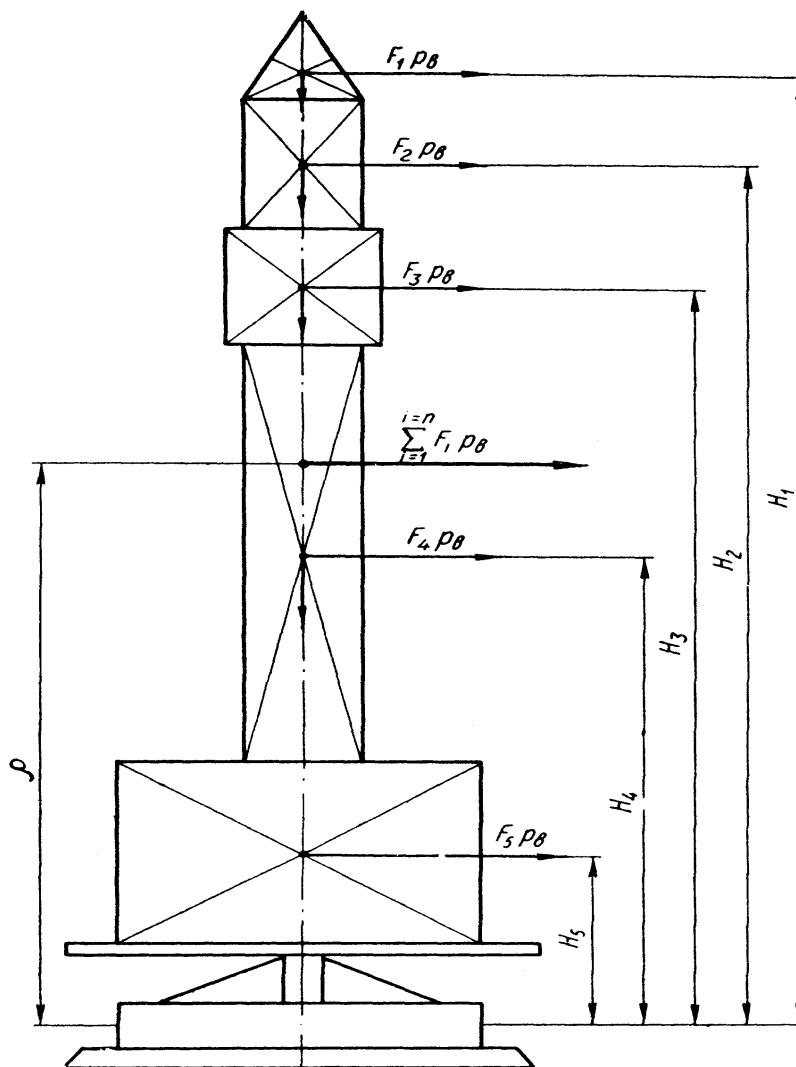


Рис. 11.2. Схема до визначення центра парусності крана.

Складаємо рівняння, в якому сума моментів тиску вітру на окремі частини крана відносно площини головок рейок прирівнюється до моменту тиску вітру на кран відносно тієї самої площини. Згідно з рис. 11.2 матимемо:

$$(F_1H_1 + F_2H_2 + F_3H_3 + F_4H_4 + F_5H_5)p_e = \sum_{i=1}^{i=n} F_i \cdot p_e \cdot \rho, \quad (11.7)$$

де p_e – тиск вітру, $p_e = 250$ Па;

ρ - ордината центра парусності крана під час його роботи, м.

Тоді

$$\rho = \frac{F_1H_1 + F_2H_2 + F_3H_3 + F_4H_4 + F_5H_5}{\sum_{i=1}^{i=n} F_i}. \quad (11.8)$$

Силу тиску вітру на кран визначаємо за формулою:

$$W = \sum F_i \cdot p_e, \text{ Н}; \quad (11.9)$$

де $\sum F_i$ - сумарна підвітряна площа крана, м².

Силу тиску вітру на вантаж визначаємо аналогічно:

$$W_2 = F_e \cdot p_e, \text{ Н}. \quad (11.10)$$

Ординату центра парусності при піднятій стрілі обчислюємо так само, як і при горизонтальній стрілі. Тиск вітру в цьому випадку визначаємо за формулою:

$$W_1 = (\sum F_i + F_{cmp} \cdot \sin \beta) p_e', \quad (11.11)$$

де p_e' - тиск ураганного вітру, $p_e' = 1000$ Па.

4. Стійкість крана в робочому положенні (рис. 11.3) перевіряємо за формулою Технічних умов ВНДІ буддормашу (ОН-783 – 63):

$$\sum G \cdot a_1 - W\rho - W_2H \geq Qlk, \quad (11.12)$$

де $\sum G$ - вага крана, Н;

a_1 – відстань по горизонталі від центра ваги до ребра перекидання (з урахуванням нахилу крана в бік вантажу), м, яка визначається за формулою:

$$a_1 = (0,5b + c - h \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \alpha, \quad (11.13)$$

тут b – база крана, м;

c – абсциса центра ваги крана, м;

h – ордината центра ваги крана, м;

α - кут нахилу підкранових колій, $\alpha = 2^\circ$;

ρ - висота центра вітрового тиску на кран у робочому положенні, м;

W – вітрове навантаження на кран під час його роботи, Н;

W_2 – вітрове навантаження на вантаж під час роботи крана, Н;

H – висота точки підвісу вантажу (приймаємо рівною висоті підйому вантажу), м;

Q – номінальна вага вантажу, Н;

l – відстань по горизонталі від точки підвішування вантажу до ребра перекидання (з урахуванням нахилу крана в бік вантажу), м, яку обчислюємо за формулою:

$$l = (L - 0,5b + H \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \alpha, \quad (11.14)$$

де L – виліт стріли, м; k – коефіцієнт перевантаження (табл. 11.3).

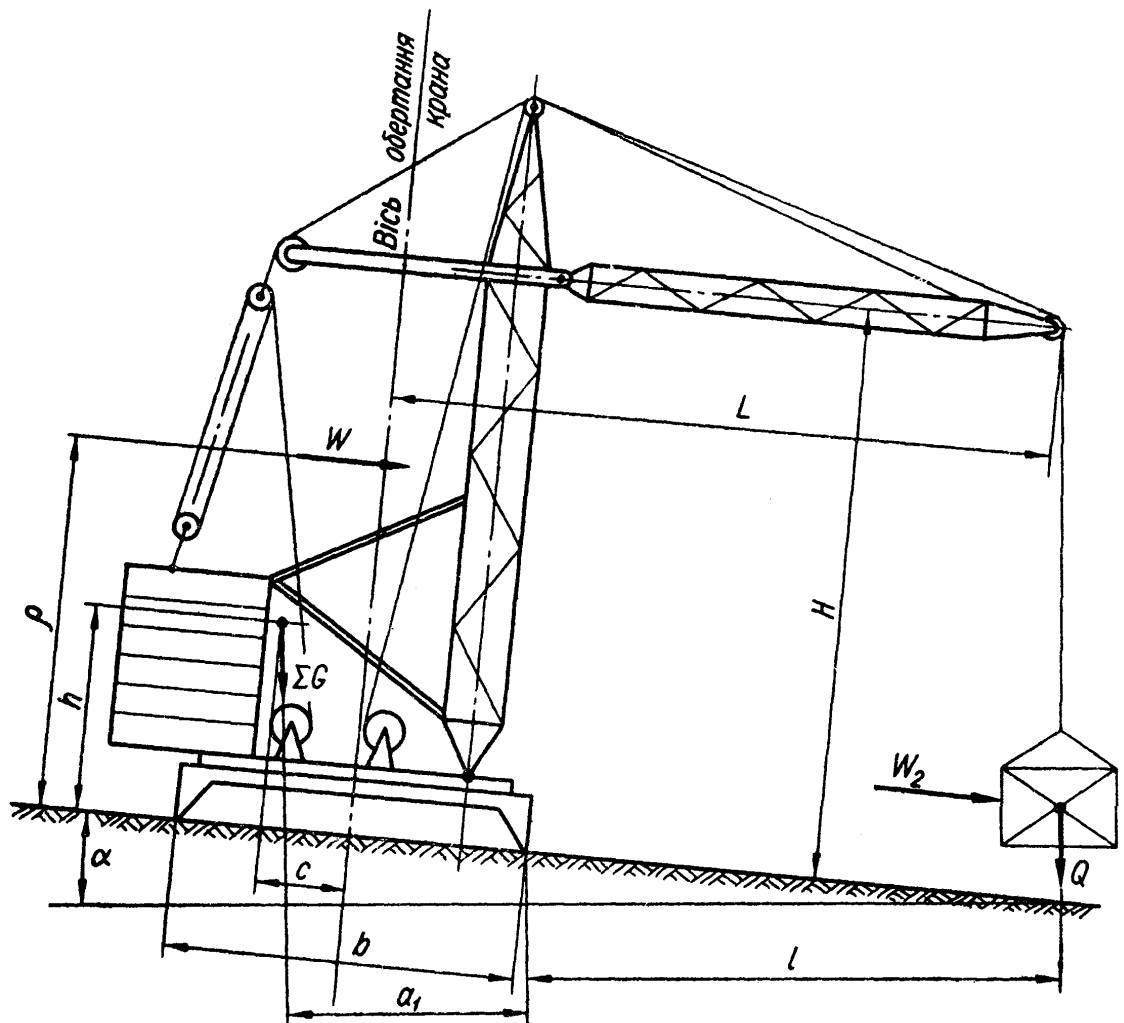


Рис. 11.3. Схема крана в робочому положенні.

5. Стійкість крана в неробочому положенні (рис. 11.4) перевіряємо також за формулою Технічних умов ВНДІ буддормашу:

$$\sum G \cdot a_2 \geq W_1 \cdot \rho_1, \quad (11.15)$$

де a_2 - відстань по горизонталі від центра ваги до ребра перекидання (з урахуванням нахилу крана в бік противаги), м, яка визначається за формулою:

$$a_2 = (0,5b - c_1 - h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \alpha. \quad (11.16)$$

Тут c_1 та h_1 - координати центра ваги крана в неробочому положенні, м;

W_1 - вітрове навантаження на кран у неробочому положенні, Н;

ρ - висота центра вітрового тиску на кран у неробочому положенні, м.

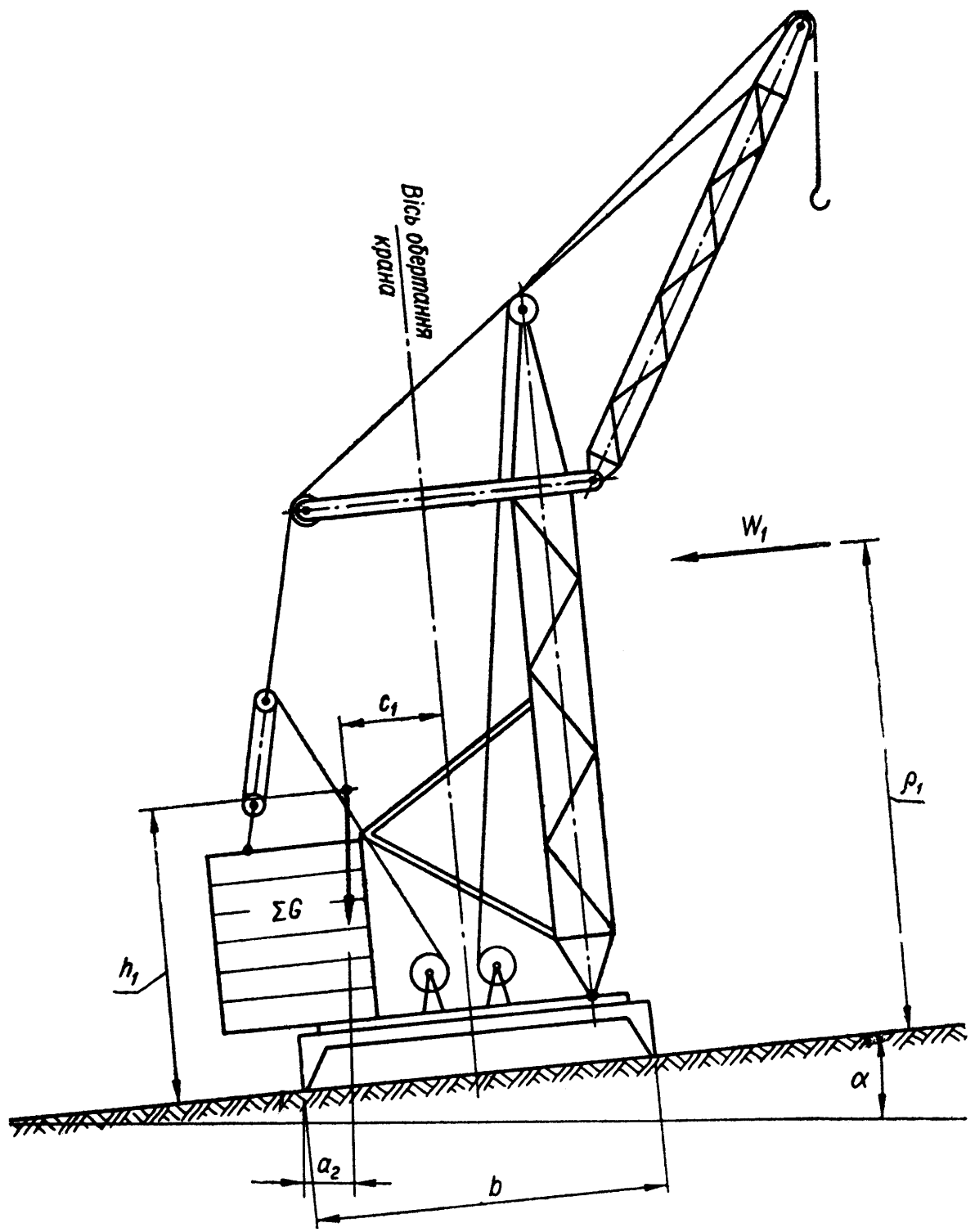


Рис. 11.4. Схема крана в неробочому положенні

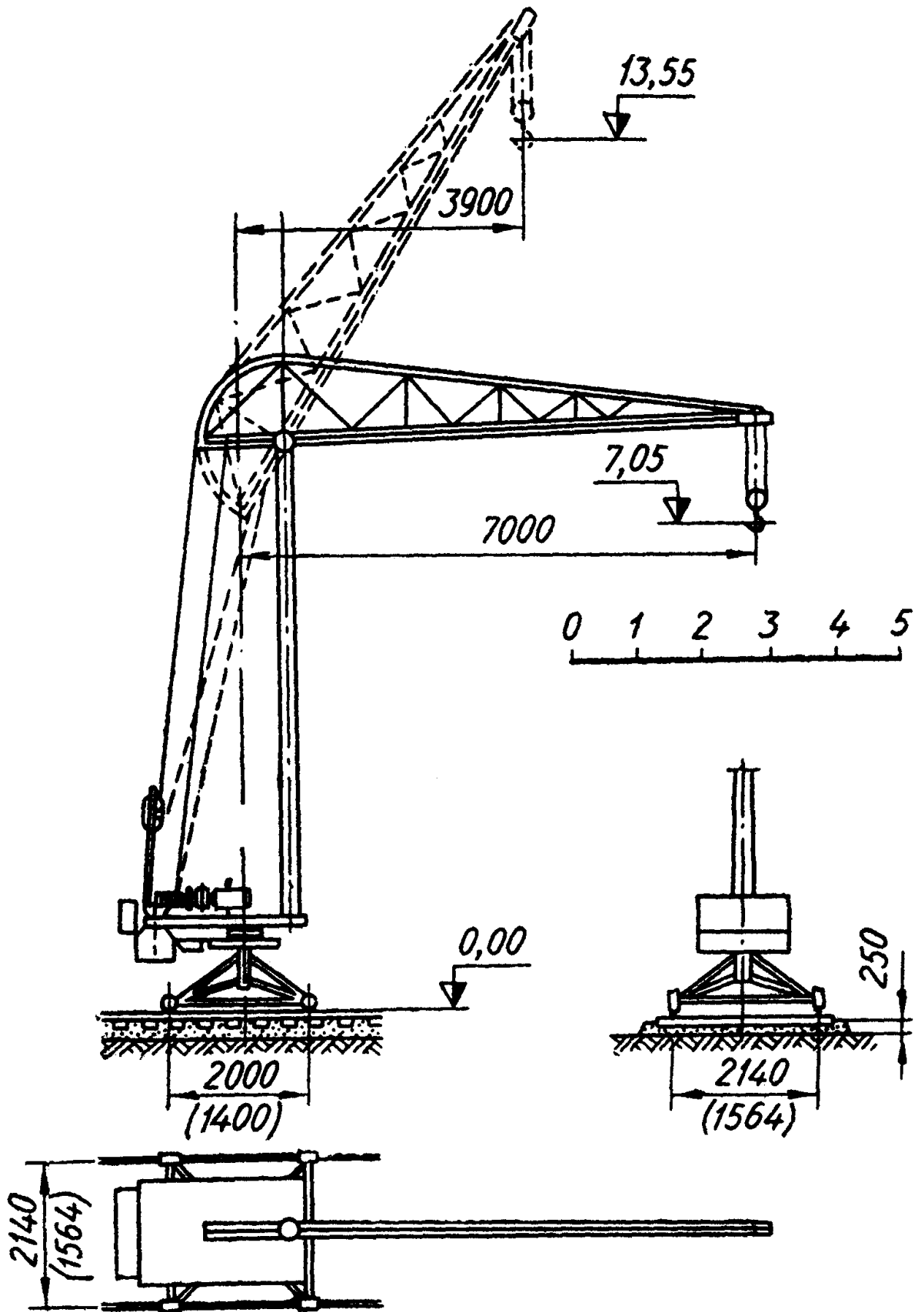


Рис. 11.5. Схема баштового крана БТК-2А

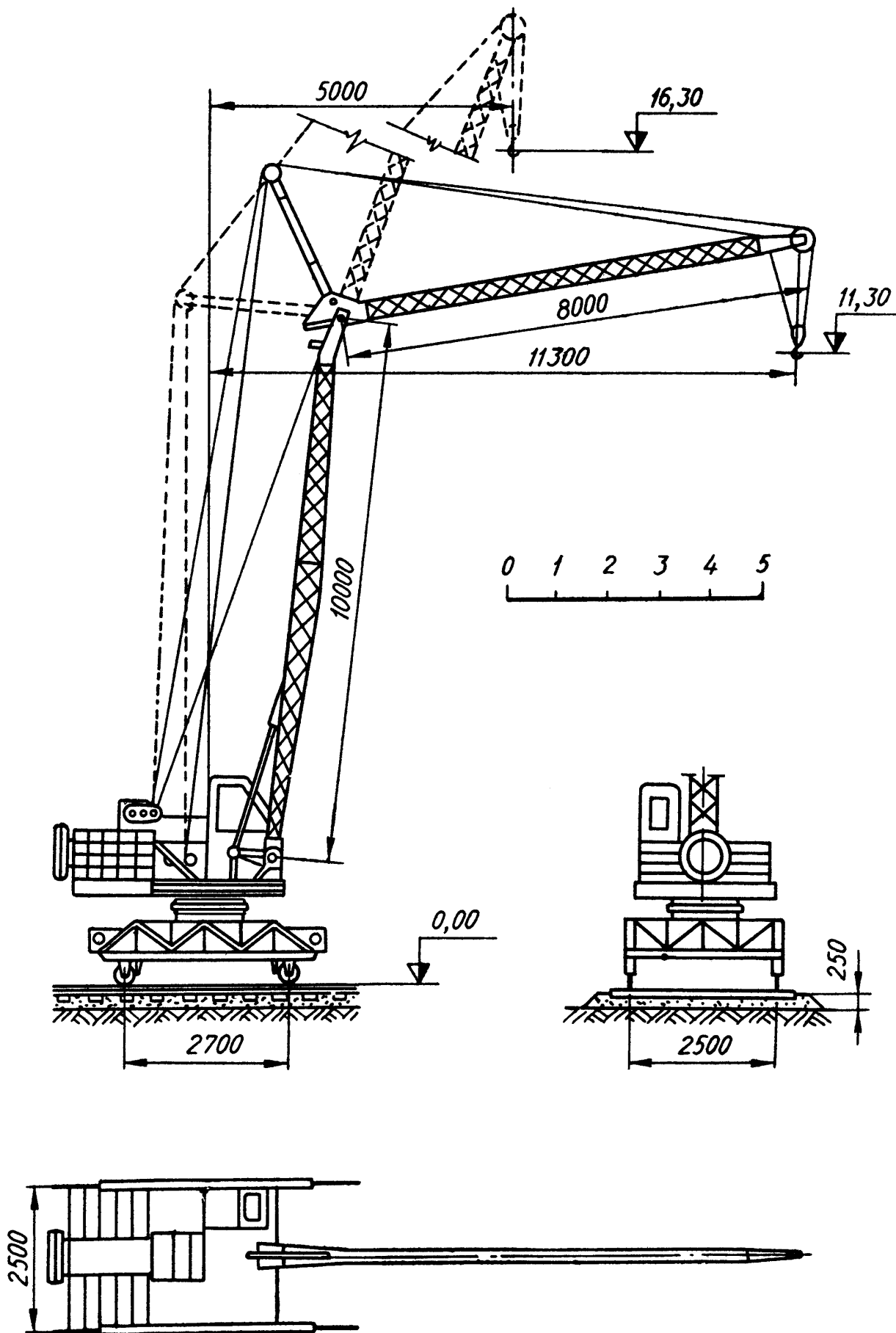


Рис. 11.6. Схема баштового крана С - 391

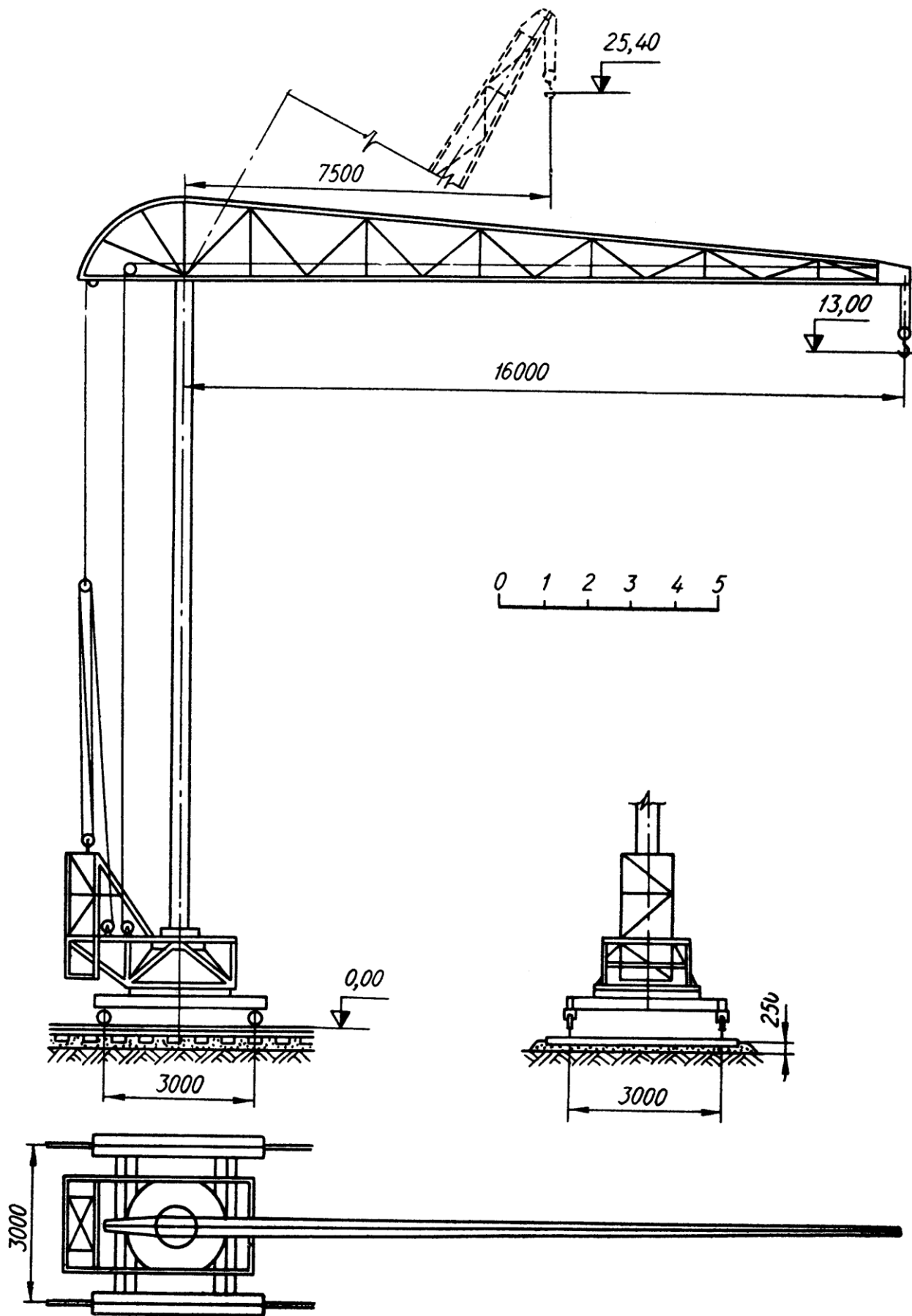


Рис. 11.7. Схема трубчатого баштового крана СБК Т 1,6 / 16

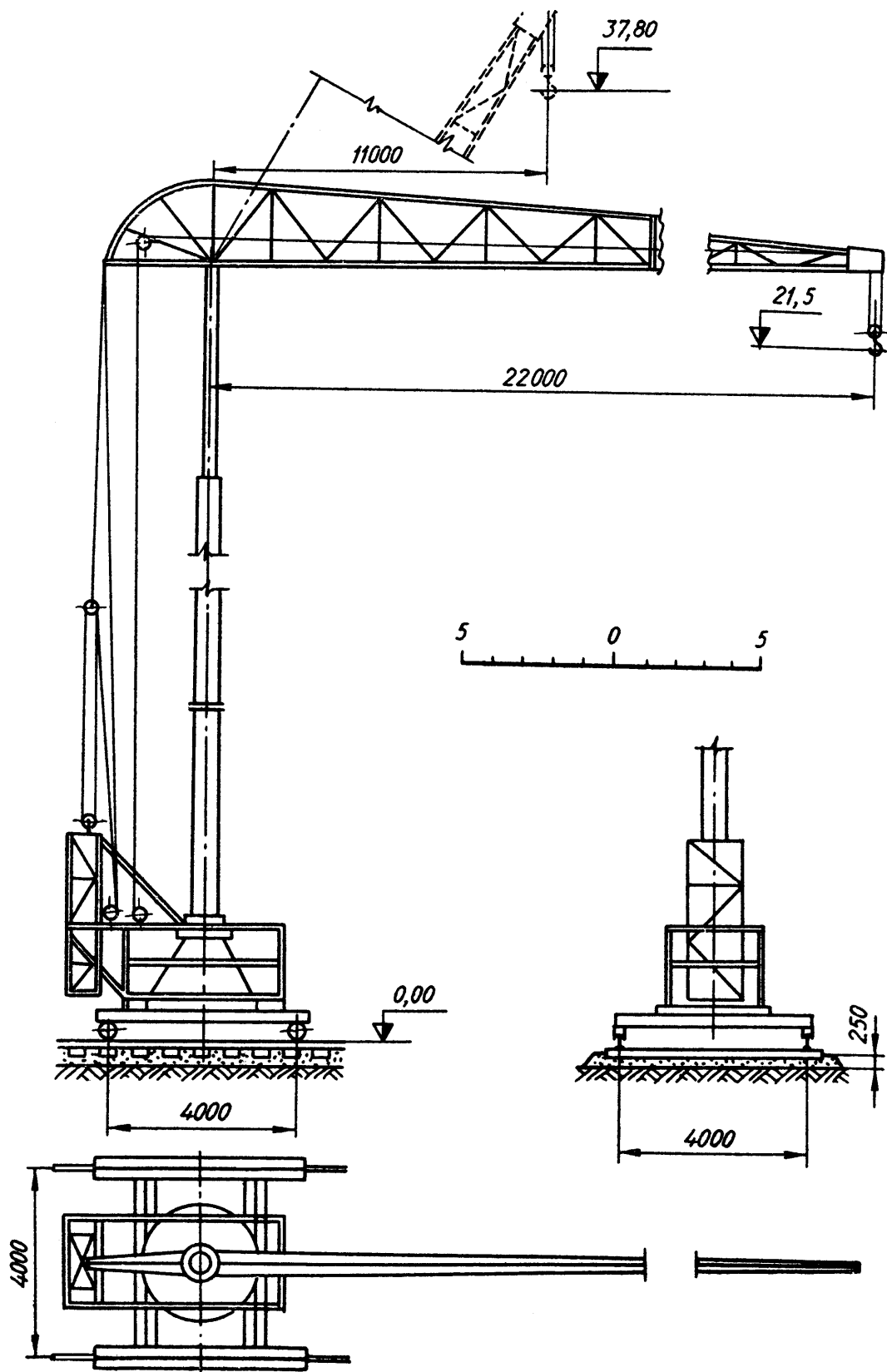


Рис. 11.8. Схема трубчатого баштового крана СБК Т 2 / 22

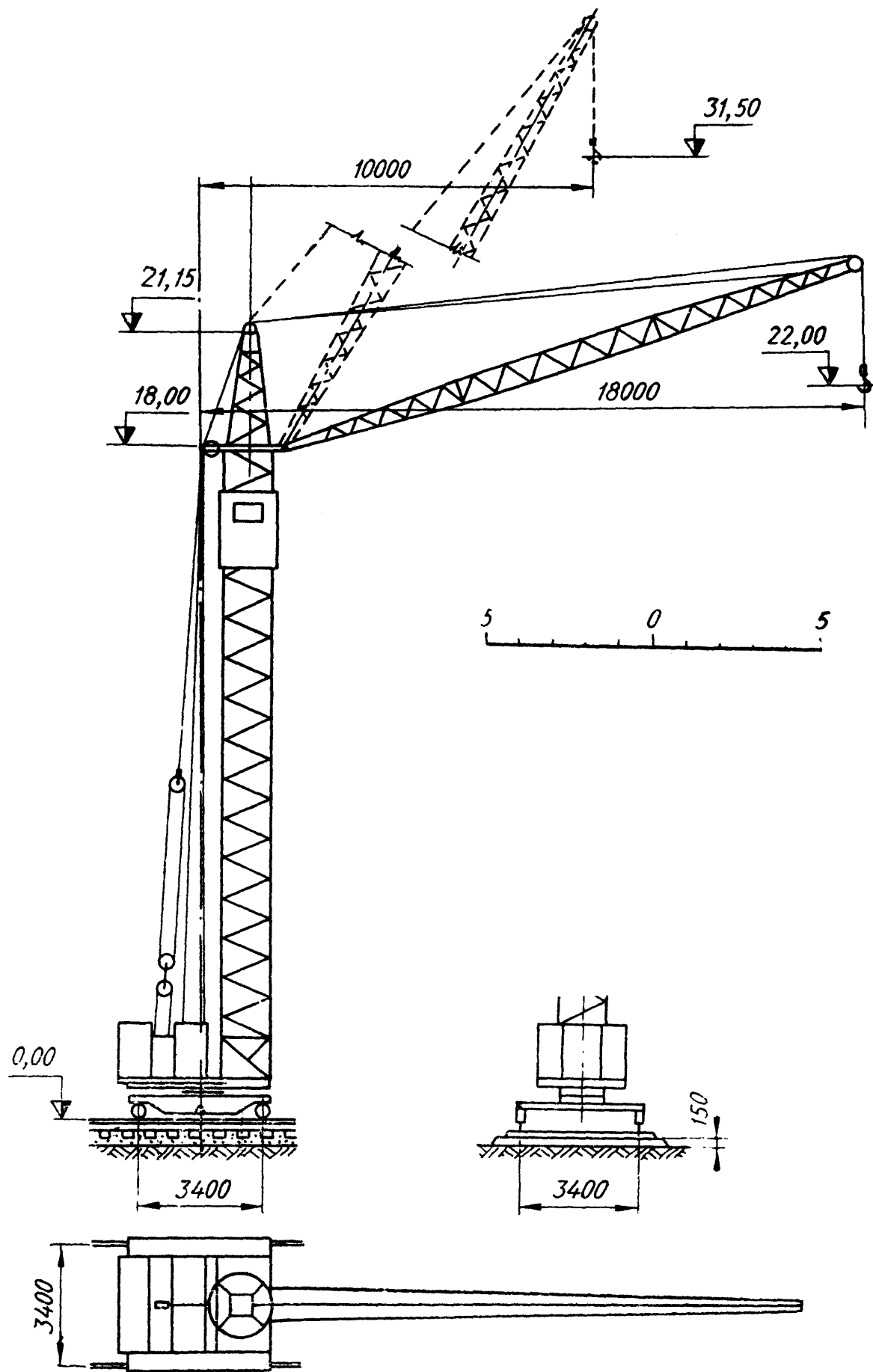


Рис. 11.9. Схема баштового крана БК – 215А

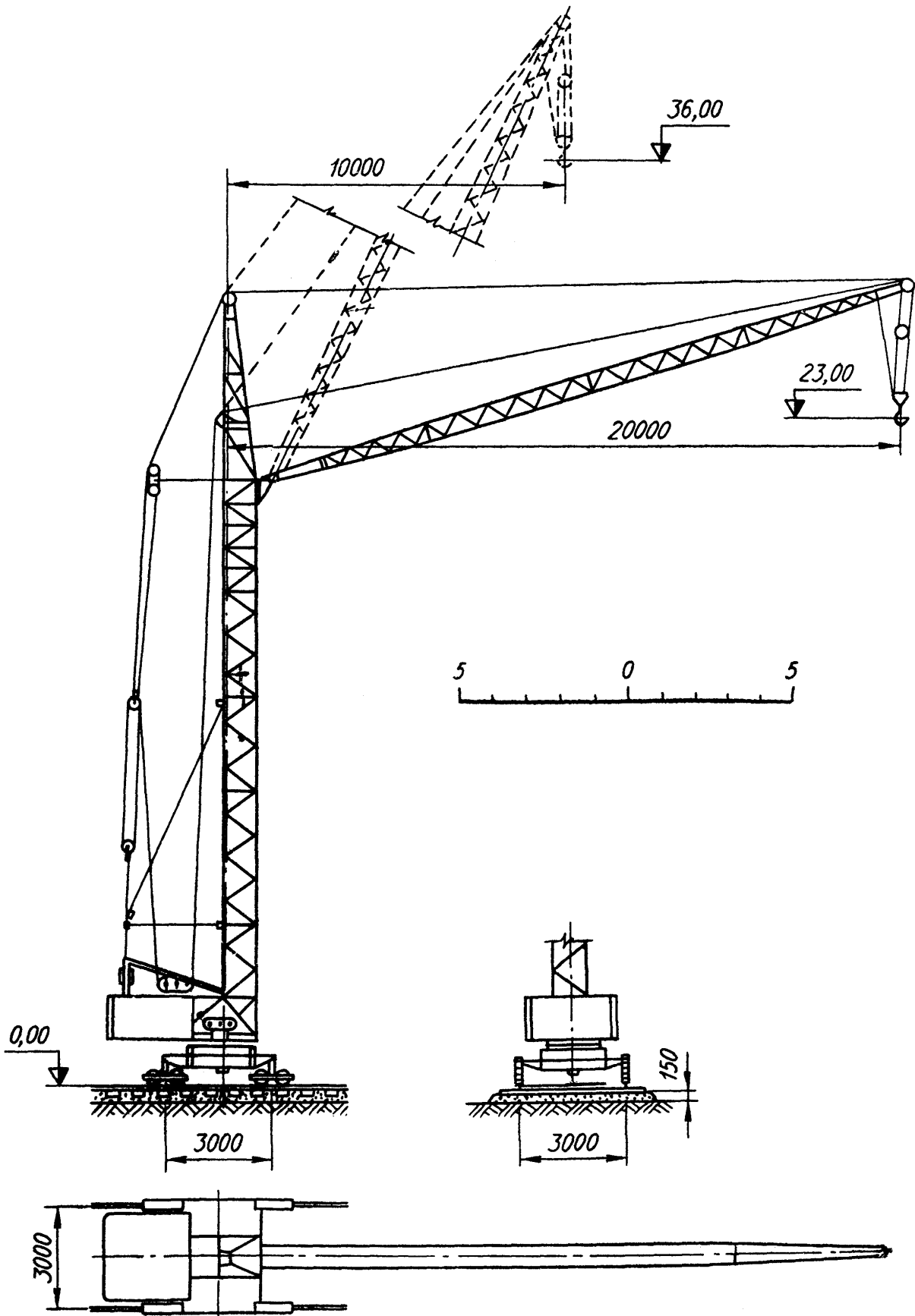


Рис. 11.10. Схема баштового крана С - 390

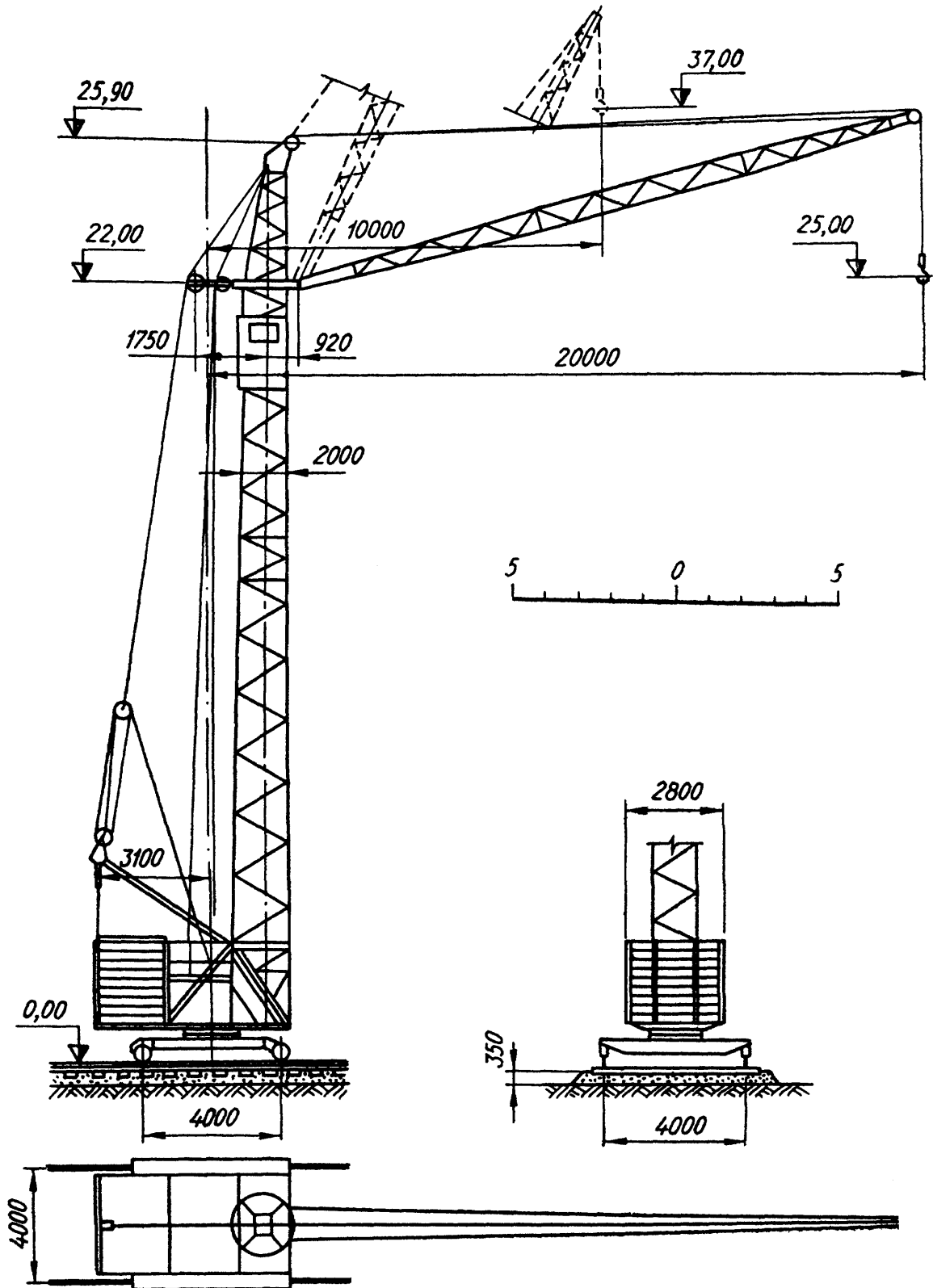


Рис. 11.11. Схема баштового крана МСК 3 – 5 / 20

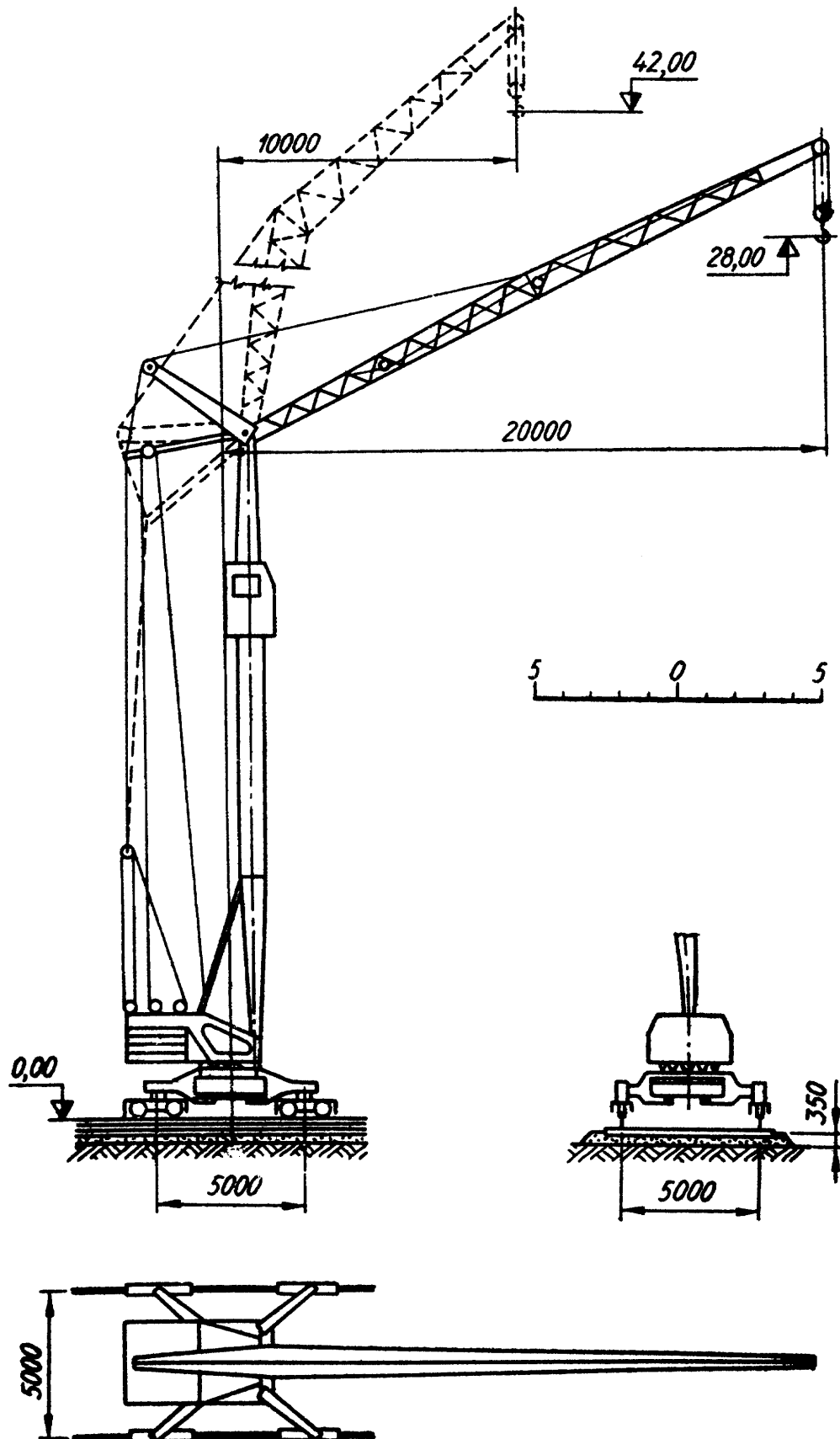


Рис. 11.12. Схема баштового крана МБТК - 80

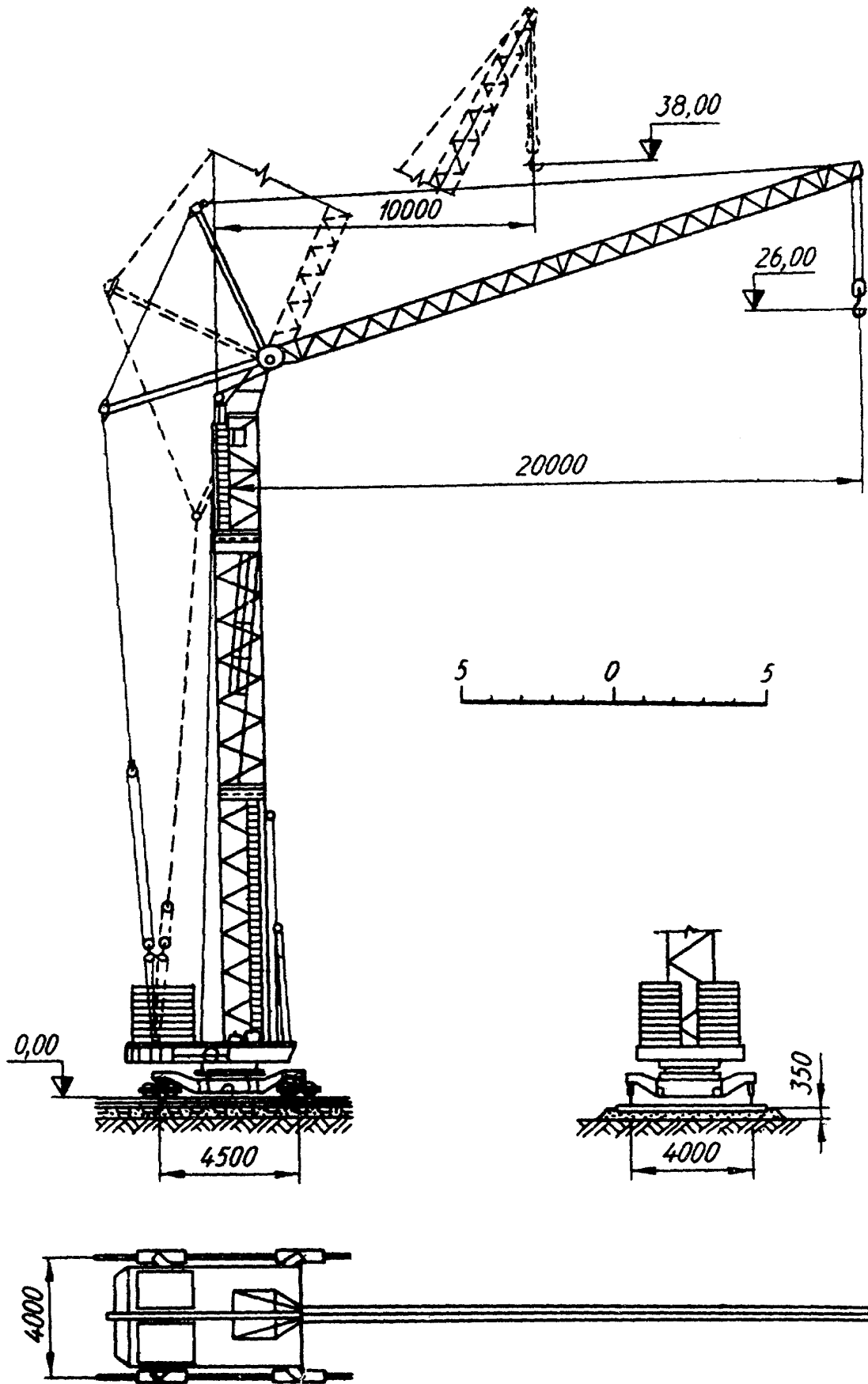


Рис. 11.13. Схема баштового крана БК - 370

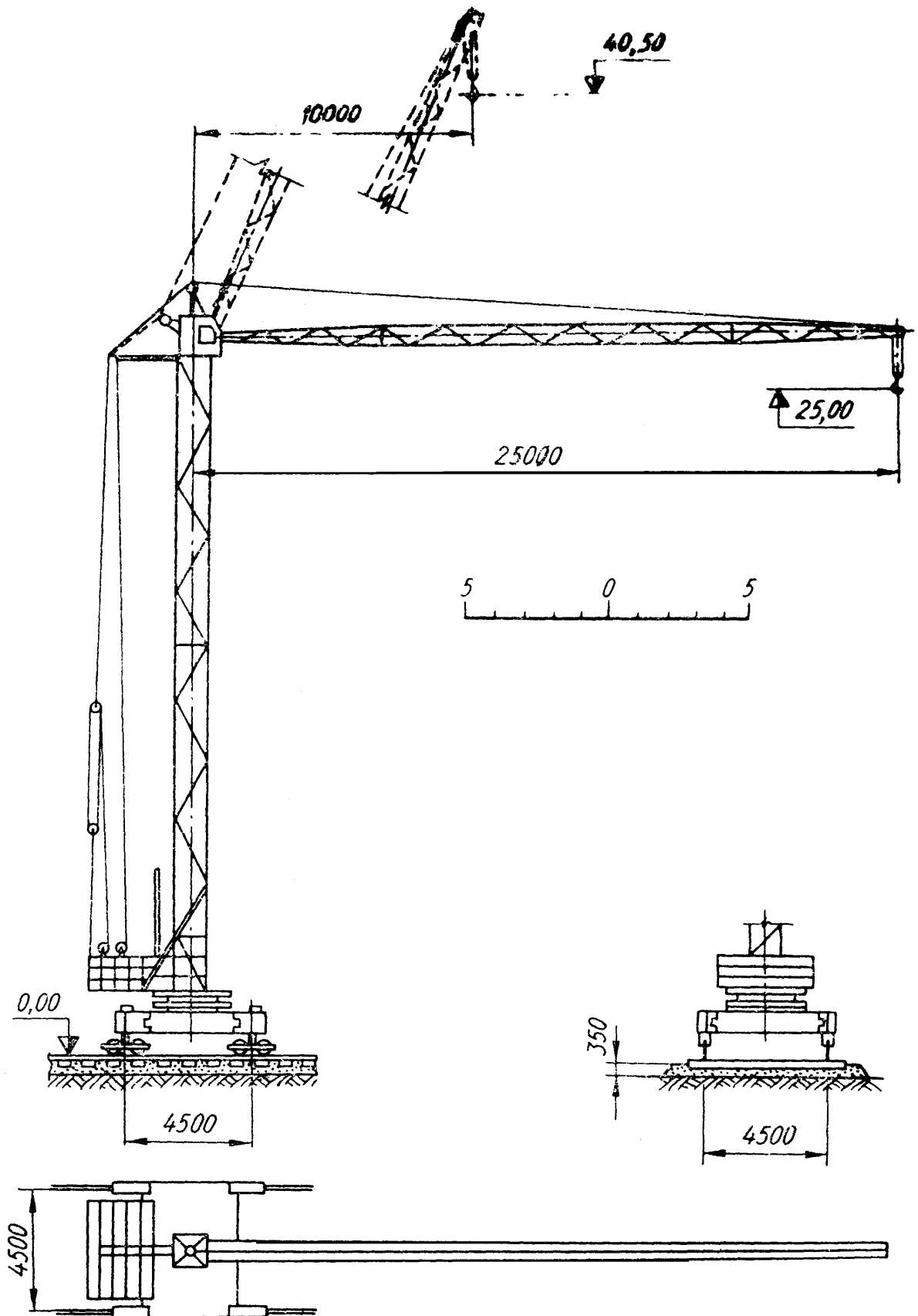


Рис. 11.14. Схема баштового крана Т - 226

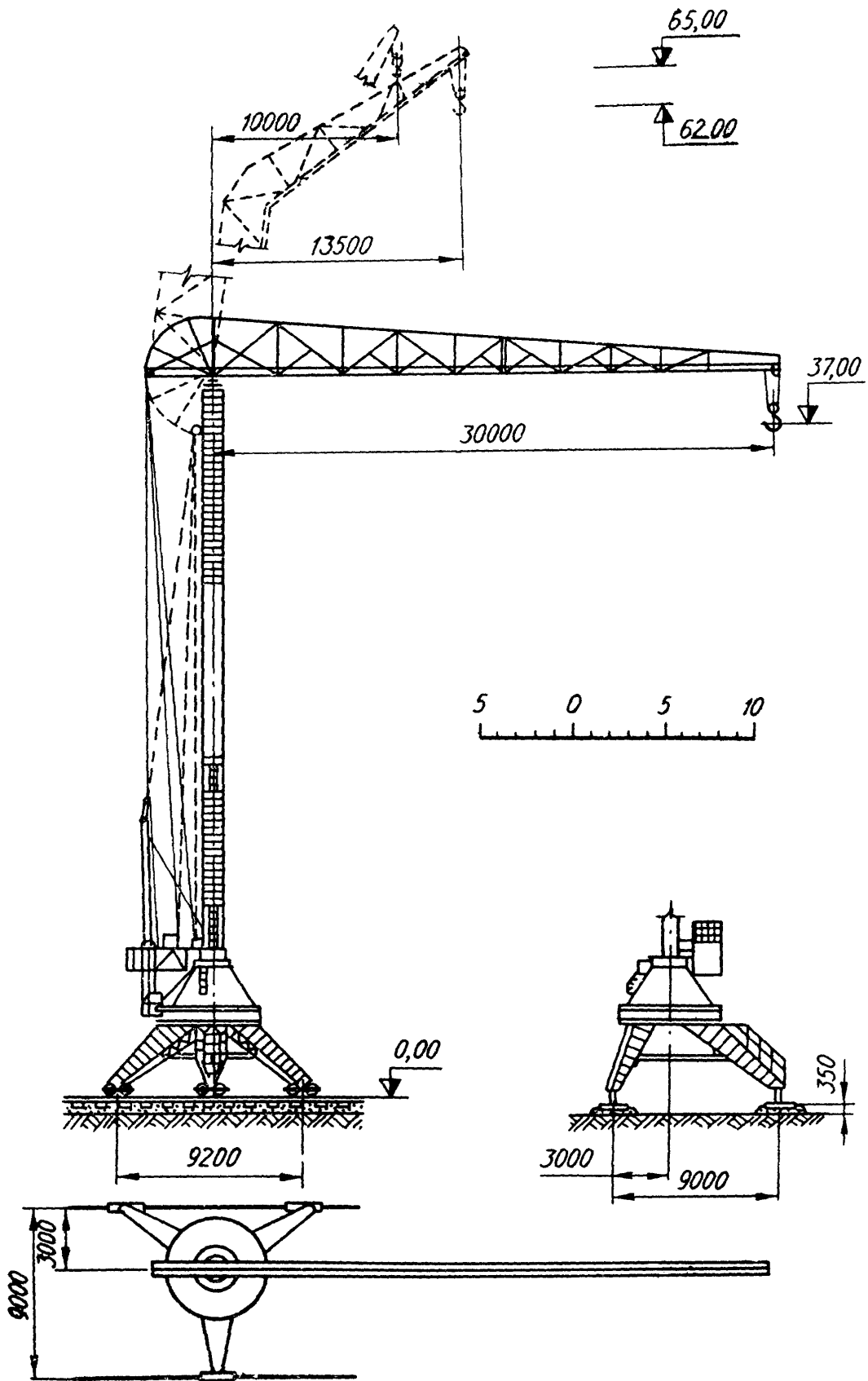


Рис. 11.15. Схема баштового крана БТК - 100

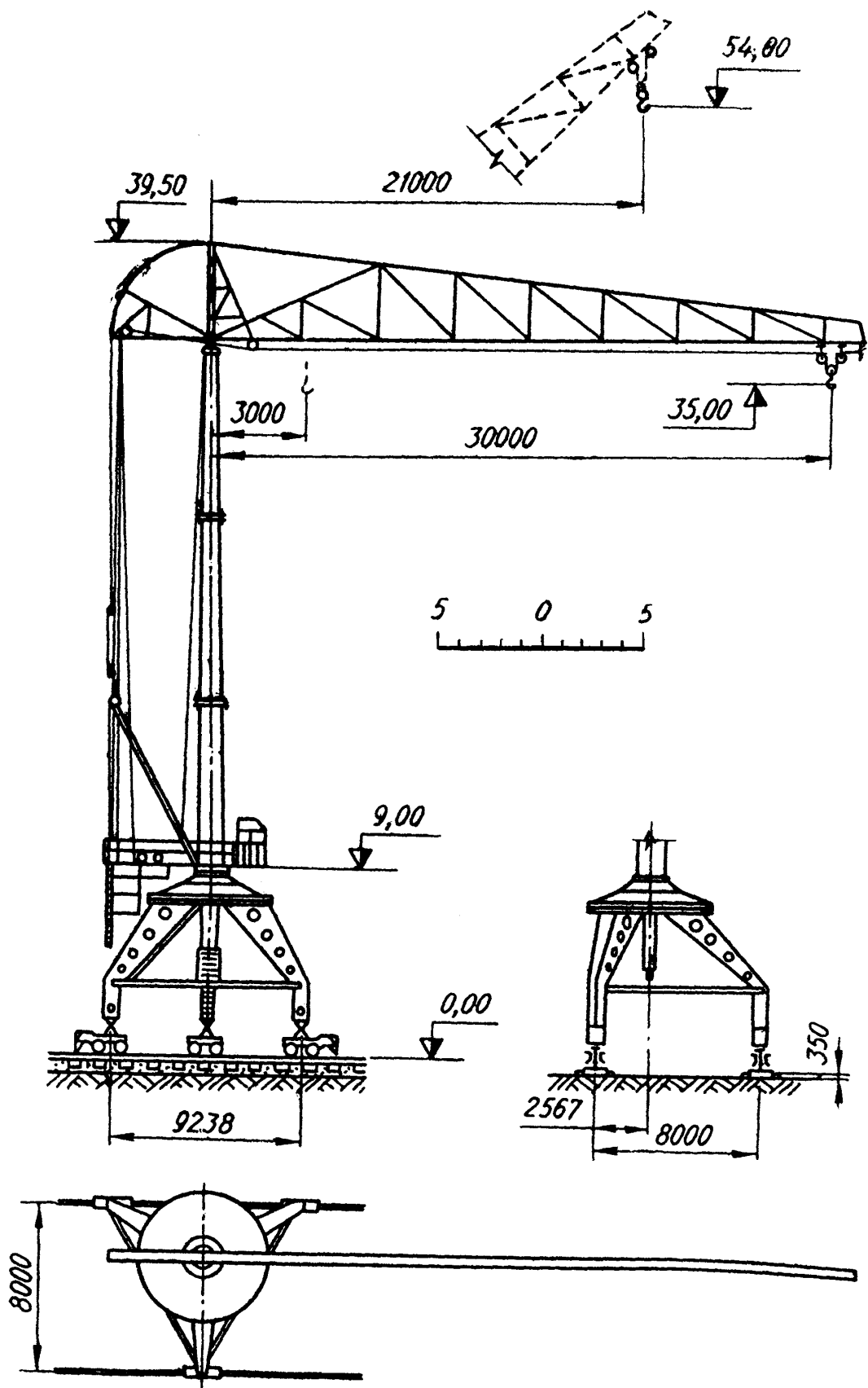


Рис. 11.16. Схема баштового крана БТК – 5 / 8

Таблиця 11.1. Варіанти завдань до практичної роботи 11

Тип крана	№ рисунка	Варіант	Вантаж	
			Маса, т	Розміри, м
БТК – 2А	6.5	1	0,7	2×0,2
		2	0,35	2×0,2
С – 391	6.6	3	1,5	5×0,2
		4	1,0	3×0,4
		5	0,5	2×0,4
СБК Т 1,6/16	6.7	6	3,0	5×0,3
		7	1,6	3,5×0,2
СБК Т 2/22	6.8	8	4,0	5×0,3
		9	2,0	3,5×2,0
		10	3,0	4,5×0,3
БК – 215А	6.9	11	3,0	5×0,2
		12	1,5	5×0,2
		13	2,0	5×0,2
С – 390	6.10	14	3,0	5×0,2
		15	1,5	5×0,2
МСК 3 – 5/20	6.11	16	5,0	5×0,3
		17	3,0	5×0,2
		18	4,0	5×0,2
МБТК – 80	6.12	19	5,0	5×0,3
		20	4,0	5×0,3
БК – 370	6.13	21	5,0	6×0,3
		22	5,0	6×0,3
Т – 226	6.14	23	5,0	6×0,3
		24	5,0	6×0,3
БТК – 100	6.15	25	10,0	6×3,0
		26	5,0	6×0,3
		27	7,5	6×2,0
		28	3,0	6×0,3
БТК 5/8	6.16	29	8,0	6×3,0
		30	5,0	6×0,3
		31	10,0	6×3,0
		32	7,5	6×0,3
		33	7,5	6×0,3
		34	3,0	6×2,0

Таблиця 11.2. Технічні характеристики баштових кранів

Основні параметри	Тип крана					
	БТК-2А	С-391	СБК Т 1,6/16	СБК Т 2/22	БК-215А	С-390
Вантажопідйомність, т:						
найбільша	0,70	1,50	3,00	4,00	3,00	3,00
найменша	0,35	0,50	1,60	2,00	1,50	1,50
Виліт стріли, м:						
найбільший	7,00	10,00	16,00	22,00	18,00	20,00
найменший	3,50	5,00	8,00	11,00	10,00	10,00
Висота підйому вантажу, м:						
найбільша	13,55	16,30	26,40	37,60	33,00	36,00
найменша	7,05	11,30	13,50	21,50	22,00	23,00
Довжина стріли, м	7,00	7,55	16,00	22,00	16,50	19,00
Ширина колії, м	2,10	2,50	3,00	3,80	3,40	3,00
База крана, м	2,00	2,70	3,30	4,00	3,40	3,00
Висота центра ваги при max вилітоті стріли, м	1,50	1,50	2,60	3,10	4,70	4,70
Маса крана (повна), т	2,10	6,80	13,40	28,10	24,00	27,50
Маса елементів крана, т:						
канати	0,01	0,20	0,20	0,40	0,30	0,50
механізми	0,33	1,40	1,20	1,90	5,40	4,50
електрообладнання	0,10	0,50	0,80	1,20	1,50	2,00
противага	1,10	3,00	6,00	14,00	9,00	12,00
металоконструкції	0,57	1,80	5,20	10,60	8,30	8,50
у тому числі:						
стріла	0,16	0,15	1,20	2,30	0,80	0,80
башта	0,17	0,25	1,20	2,00	3,00	3,00
поворотна платформа	0,09	0,45	0,80	2,10	2,00	2,50
ходова рама	0,15	0,95	2,00	4,10	2,50	2,20

Основні параметри	Тип крана					
	МСК 3-5/20	МБТК-80	БК-370	Т-226	БТК-100	БТК-5/8
Вантажопідйомність, т: найбільша	5,00	5,00	5,00	5,00	10,00	8,00
найменша	3,00	4,00	5,00	5,00	3,00	5,00
Виліт стріли, м: найбільший	20,00	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00
найменший	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	18,00
Висота підйому вантажу, м: найбільша	35,00	42,00	38,00	40,50	60,00	64,50
найменша	25,00	28,00	26,00	25,00	35,00	35,00
Довжина стріли, м	18,00	20,00	19,00	24,00	30,00	30,00
Ширина колії, м	4,00	5,00	4,00	4,50	9,00	8,00
База крана, м	4,00	5,00	4,50	4,50	11,50	9,20
Висота центра ваги при max вильоті стріли, м	4,70	9,80	5,30	6,00	14,00	12,60
Маса крана (повна), т	45,00	43,50	57,30	70,50	68,00	78,00
Маса елементів крана, т:						
канати	0,50	0,50	0,50	1,10	1,00	1,00
механізми	8,60	8,60	8,50	11,20	13,00	18,00
електрообладнання	2,60	2,50	1,70	3,00	2,50	3,30
противага	22,50	15,00	29,00	35,00	12,50	15,00
металоконструкції	15,30	17,00	17,00	20,20	38,00	40,70
у тому числі:						
стріла	1,30	2,80	2,70	2,70	6,50	8,00
башта	4,70	4,30	5,30	7,00	10,00	11,50
поворотна платформа	3,60	2,70	4,00	4,50	4,50	5,00
ходова рама	5,70	7,00	5,00	6,00	17,00	14,70

Таблиця 11.3. Значення коефіцієнта перевантаження k

Маса вантажу, т	До 1,5	1,5...5,0	Понад 5,0
k	1,6	1,5	1,4

Використана література

1. Шаповал С.В. Будівельна техніка та виробнича база будівництва : конспект лекцій і методичні матеріали. - Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019.
<https://eprints.kname.edu.ua/54097/>
2. Шаповал С.В., Болотських О.М. Будівельна техніка та виробнича база будівництва : навчальний посібник. - Харків, 2020.
<https://eprints.kname.edu.ua/55792/>
3. Building Construction Handbook (12th Edition). - Routledge, 2020.
<https://www.routledge.com/Building-Construction-Handbook/Chudley-Greeno/p/book/9780367139919>
4. Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners. - Routledge, 2021.
<https://www.routledge.com/Construction-Equipment-Management/Schexnayder/p/book/9780367257583>
5. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Осн. пол.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26633
6. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Суміші бетонні. Технічні умови.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25933
7. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 Настанова з експлуатації будівельних машин.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58032
8. Liebherr Construction Equipment - Technical data
<https://www.liebherr.com/en/int/products/construction-machines.html>
9. Caterpillar Performance Handbook
https://www.cat.com/en_US/support/operations/performance-handbook.html
10. Adhesion of the Metal and Composite Fiberglass Rebar with the Heavyweight Concrete. Chapiuk O, Oreshkin D, Hryshkova A, Pakholiuk O, Avramenko Y. Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations Springer International Publishing 2022/5/19 47-60 pp (Scopus)
https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_5
11. Збільшення зчеплення бетону зі склокомпозитною арматурою за рахунок покриття спеціальними речовинами, як варіант оптимізації виробничої бази будівництва. О. Чапюк, А.Гришкова, Д. Кислюк, О.Пахолюк, С. Філіпчук. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць – Луцьк: ЛНТУ, 2020. – Вип. 13. – С. 71-85 . 0,375 друк. арк.
[https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-3\(13\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-3(13)-09)
12. Забезпеченість українського ринку будівельної техніки вантажопідйомним обладнанням та його сервісним обслуговуванням. О. Чапюк, О. Пахолюк. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць – Луцьк: ЛНТУ, 2020. – Вип. 13. – С. 71-85. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-3\(13\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-3(13)-09)

Будівельна техніка та виробнича база будівництва [текст]: методичні вказівки для практичних занять студентів для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво (G Інженерія, виробництво та будівництво) спеціальності 192 (G19) Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / укладачі О.ЧАПЮК, О. ПАХОЛЮК. – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 78 с.

Комп'ютерний набір та верстка: О.С. Чапюк

Редактор: О.С. Чапюк

Підп. до друку _____ 2026 р. Формат 60x84/16. Папір офс.

Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 6,5.

Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоції

Луцького національного технічного університету

43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75

Друк – відділ іміджу та промоції ЛНТУ