

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності

**03-10-84М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних занять і самостійної роботи  
з навчальної дисципліни «Інженерна техніка та устаткування»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Охорона праці»  
спеціальності 263 «Цивільна безпека»  
за всіма формами навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІ будівництва та архітектури  
Протокол № 3 від 29.11.2022 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інженерна техніка та устаткування» для здобувачів вищої освіти другого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна безпека» за всіма формами навчання [Електронне видання] / Кухнюк О. М. – Рівне : НУВГП, 2022. – 44 с.

Укладач: Кухнюк О. М., к.т.н., доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Відповідальний за випуск: Кухнюк О. М., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Керівник групи забезпечення спеціальності 263 «Цивільна безпека» Шаталов О. С.

© О. М. Кухнюк, 2023  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2023

## Вступ

Навчальна дисципліна «Інженерна техніка та устаткування» є обов'язковою дисципліною циклу фахової підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Цивільна безпека» освітньою програмою «Охорона праці».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є фактори виробничого середовища і трудового процесу, які формують умови праці на робочих місцях.

Завдання вивчення дисципліни передбачає засвоєння здобувачами вмінь і навичок з експлуатації сучасного інженерного устаткування, їх особливостей. Та має забезпечити результати навчання:

- призначення, конструкції сучасних інженерних машин, обладнання та інструменти, що застосовуються для технологічних процесів виробництва;
- умови раціонального використання машин під час виконання робіт
- розраховувати продуктивність конкретної машини;
- визначати умови безпечної експлуатації машин, заходи з охорони навколишнього середовища.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із дисциплін: теоретична механіка, захист в надзвичайних ситуаціях.

Вивчення дисципліни формує професійні компетентності: здатність організовувати інженерне забезпечення процесу виконання аварійно-рятувальних робіт;

здатність до організації безпечної експлуатації техніки, устаткування, спорядження у сфері професійної діяльності, створення безпечних і здорових умов праці;

здатність до використання знань з технічної механіки, матеріалознавства та технології матеріалів, комп'ютерної графіки і креслення, механіки рідини та газів, інженерної геодезії, геології та гідрогеології у професійній діяльності.

### 1. Загальні положення

Структура навчальної дисципліни передбачає виконання практичних завдань та самостійної роботи.

Практичне завдання є завершальним етапом вивчення лекційного матеріалу і дає можливість набути навичок і вмінь за тематикою однієї чи кількох лекцій.

Тематика практичних занять та їхня послідовність відображає структуру лекційного матеріалу навчальної дисципліни.

Кожне виконане практичне завдання оцінюється балами, які сумуються до поточного контролю, тому виконання практичних завдань є обов'язковим видом занять, і виконуються кожним здобувачем вищої освіти індивідуально.

Оцінювання виконання практичних завдань (від максимальної кількості за завдання) :

0% – завдання не виконано;

40% – завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;

60% – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80% – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

Форма звіту з виконаних практичних завдань довільна, і має містити таку структуру:

- тема практичного завдання;
- короткі теоретичні відомості з теми практичного заняття;
- практична частина;
- висновки.

Самостійна робота передбачає вивчення питань з навчальної дисципліни, що не увійшли до лекційного матеріалу і вивчаються здобувачем вищої освіти самостійно . Питання з тем самостійної роботи включені до тестових завдань поточного та підсумкового контролів.

Здобувачеві вищої освіти заочної форми навчання тематика практичних завдань видається під час настановної сесії.

## 2. ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

### Практична робота №1.



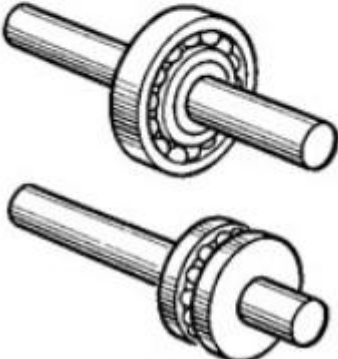
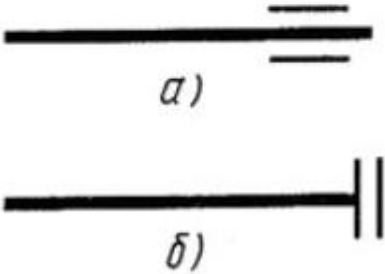
#### КІНЕМАТИЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ СХЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ

Для того, щоб показати принцип роботи, передачу руху або зусилля (кінематику або гідравліку машини або механізму), користуються схемами (Схема – це конструкторська документація, на графічному зображенні якої складові частини виробу, їх взаємне розташування і зв'язки між ними показані у вигляді умовних позначень (<https://stud.com.ua/35960/tovarovnavstvo/shemi>)). Позначення являють собою спрощені зображення, що нагадують елементи машини лише в загальних рисах. На схемах зображуються не всі деталі, з яких складається виріб, а лише ті основні елементи, які беруть участь у передачі руху рідини, газу і т.п.

#### 1. КІНЕМАТИЧНІ СХЕМИ.

Правила виконання кінематичних схем встановлені ДСТУ ГОСТ 2.703:2014. ЄСКД. Правила виконання кінематичних схем (ГОСТ 2.703-2011, IDT, умовні графічні позначення деталей ДСТУ EN ISO 3952-1:2018 Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Частина 1-4 (EN ISO 3952-1:1994, IDT; ISO 3952-1:1981, IDT). Вали нумерують римськими цифрами в порядку передачі руху, починаючи від двигуна. Для зубчастих коліс задають модуль і число зубців, для шківів – діаметр і ширину тощо. Біля електродвигуна зазначають його потужність і кількість обертів за хвилину.

Таблиця 1. Умовні графічні позначення для кінематичних схем

Найменування	Наочне зображення	Умовне позначення
Вал, вісь, стержень, шатун і ін.		
Підшипники ковзання і кочення на валу (без встановлення типу): а – радіальний; б – упорний односторонній		

Підшипник – це технічний пристрій, який є частиною опори, що підтримує вал, вісь або іншу конструкцію, фіксує положення в просторі, забезпечує обертання, коливання або лінійне переміщення з найменшим опором, сприймає та передає навантаження на інші частини конструкції.

Найбільш вживаний тип – підшипник кочення, причому цей тип дуже різноманітний. Тіла кочення бувають сферичні, роликові, бочкоподібні,

голчасті. Як матеріал для тіл переважно використовується сталь. В особливо агресивних середовищах застосовують скляні або полімерні тіла кочення. На внутрішньому кільці по зовнішній стороні та по внутрішній стороні зовнішнього кільця проточується жолобок. Ці канавки є доріжками для тіл кочення. У такий спосіб кулі обертаються,

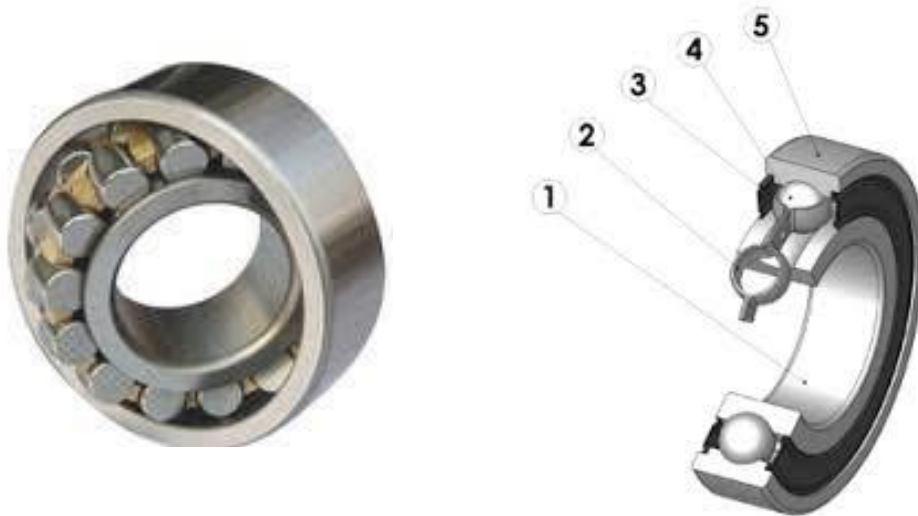


Рис.1. Підшипник кочення.

1 – внутрішнє кільце; 2 – сепаратор; 3 – захисна шайба;  
4 – кулька; 5 – зовнішнє кільце.

Підшипник ковзання. В цьому типі підшипника тертя виникає при ковзанні зістикованих площин валу і втулки. Тіл кочення тут немає. Отже, корпус, втулка переважно з чавуну або іншого антифрикційного металу та пристрій для мастила, що виводить відпрацьоване мастило та додає нове, – така структура підшипника ковзання. Під час руху валу мастильний матеріал відокремлює вісь від вкладиша, зменшуючи цим силу тертя. Однак при пуску вал деякий час торкається стінок підшипника, для цього і потрібен шар антифрикційного металу. Так працює підшипник ковзання. Він також буває радіальним, упорним та радіально-упорним.



Рис.2. Підшипник ковзання.

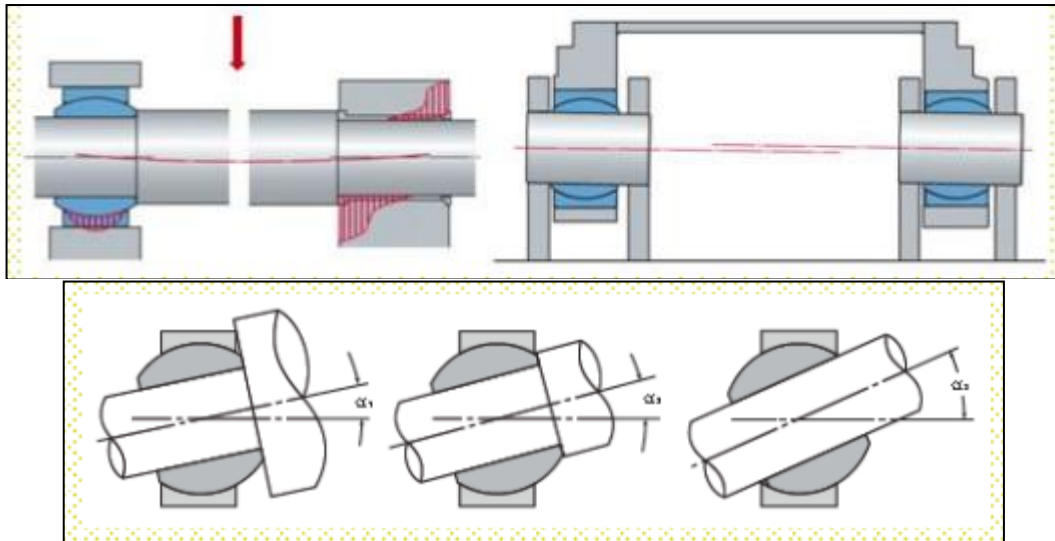


Рис. 3. Кут бокового нахилу між кільцями підшипника залежить від форми валу

<p>З'єднання деталей з валом:            а – вільне при обертанні;            б – рухоме без обертання;            в - глухе</p>		
<p>З'єднання валів:            а – глухе;            б - шарнірне</p>		
<p>Муфти зчеплення:            а – кулачкова одностороння;            б – кулачкова двостороння;            в – фрикційна двостороння (без встановлення типу)</p>		



Рис. 4. Кулачкова Муфта еластична HRC 150

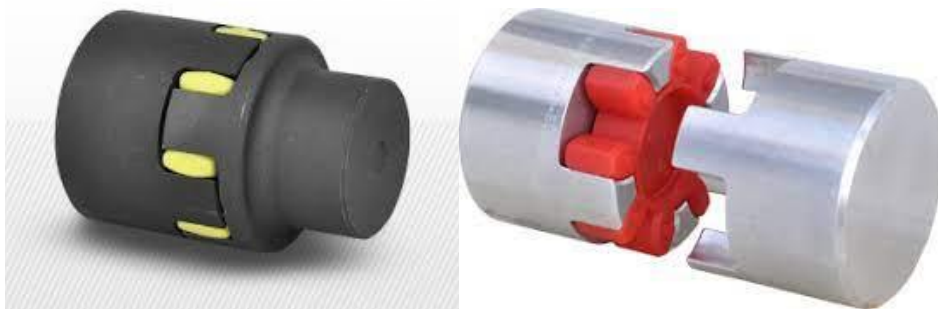


Рис. 5. Муфта зчеплення кулачкова двостороння

Фрикційна муфта — це керована (зчіпна) муфта, що передає крутний момент за рахунок сил тертя, що виникають на робочих поверхнях деталей муфти. Вони служать для плавного зчеплення валів на ходу при довільних швидкостях обертання.

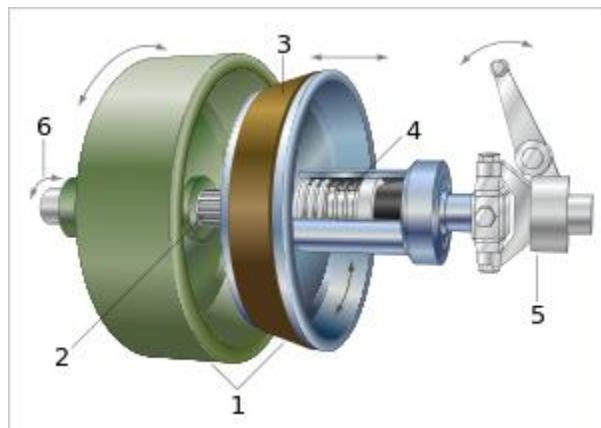

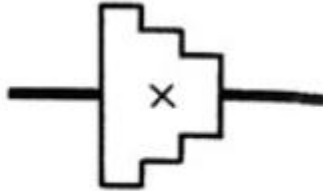
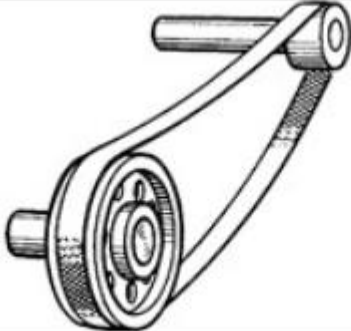
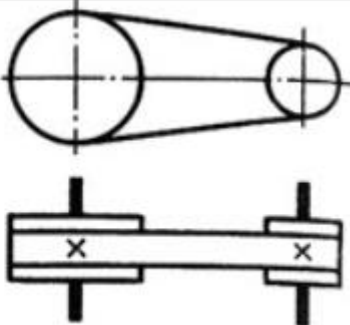
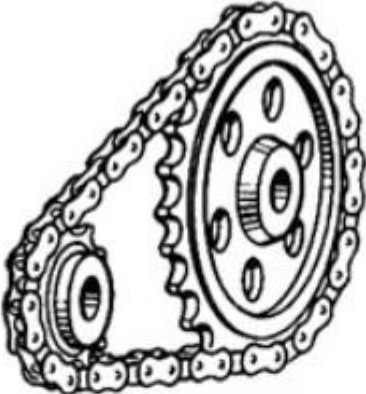
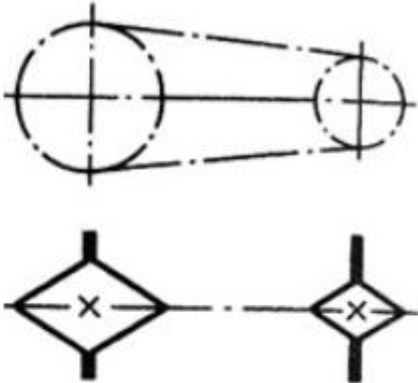
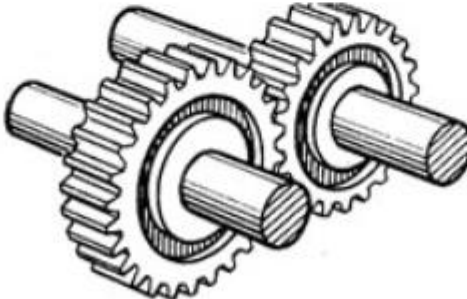
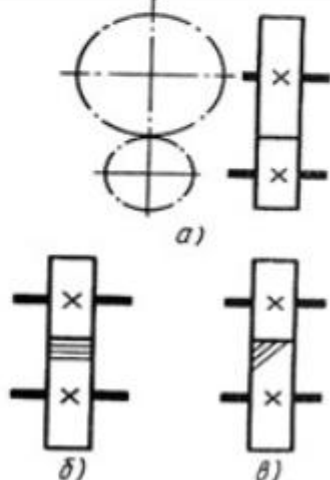
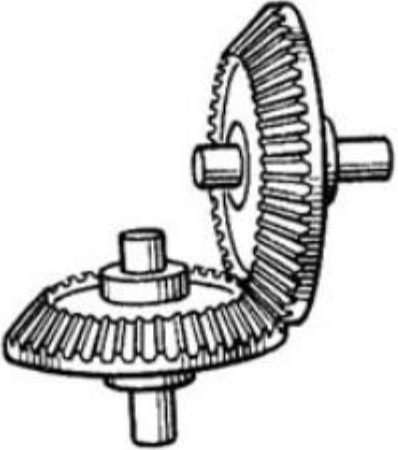
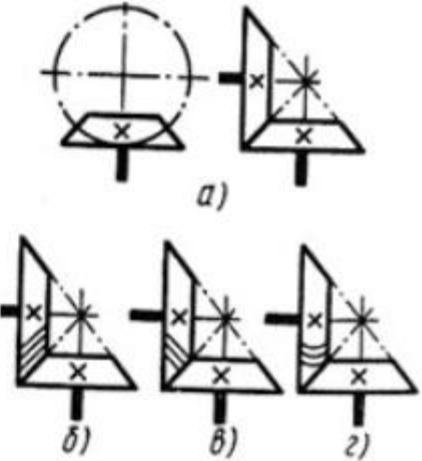
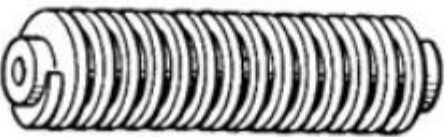

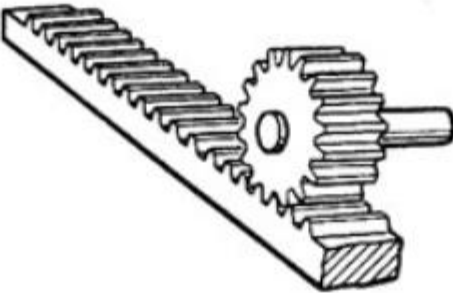
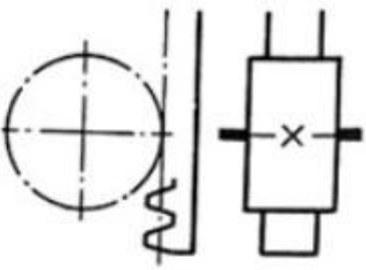
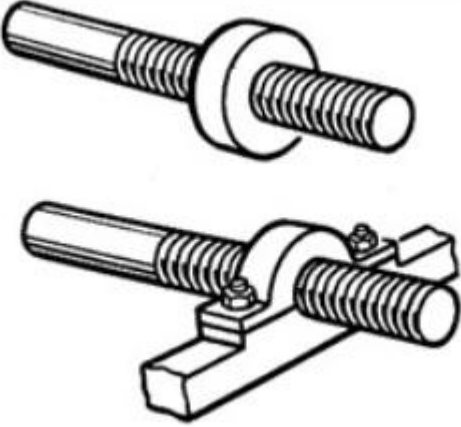
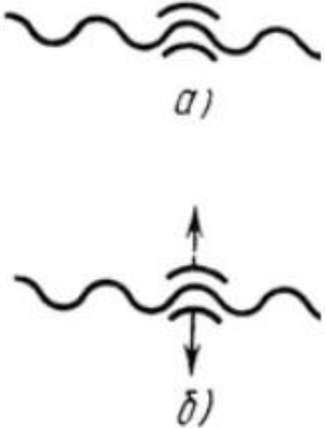
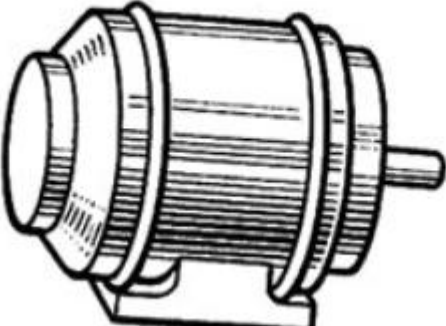

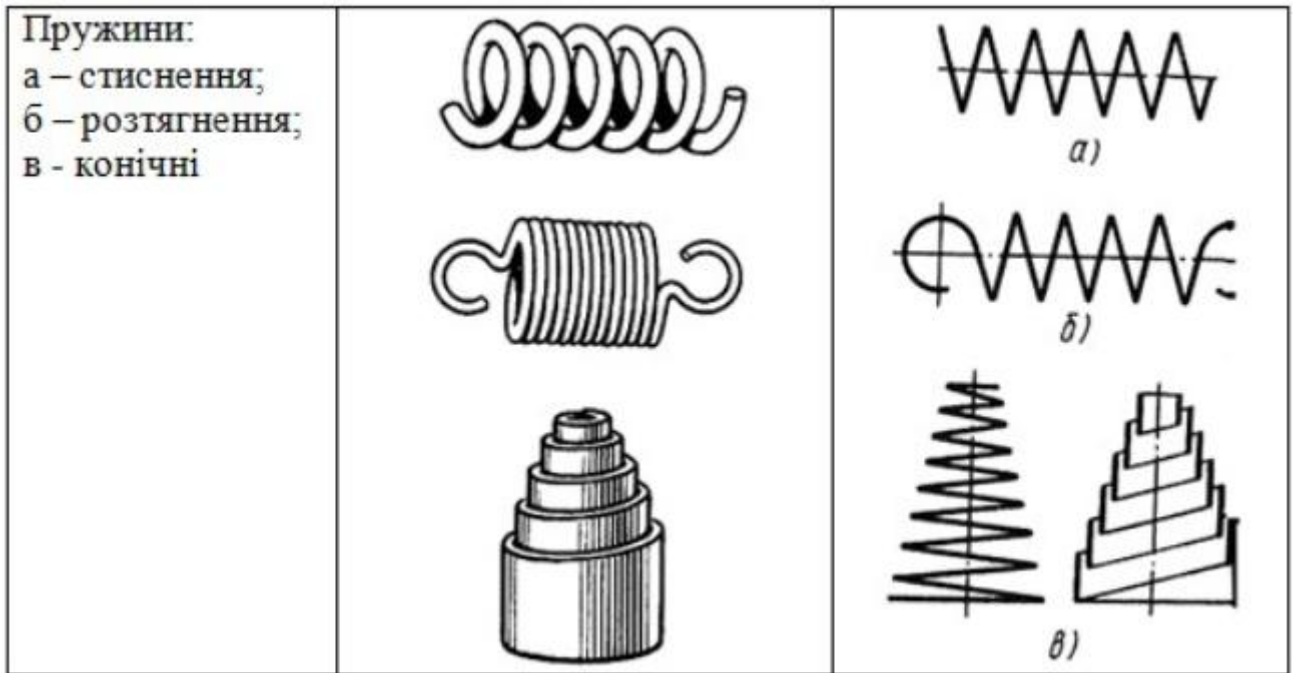


Рис. 6. Конусна фрикційна муфта



<p>Шків ступінчатий, закріплений на валу</p>		
<p>Відкрита передача плоским пасом</p>		
<p>Передача ланцюгова (без встановлення типу ланцюга)</p>		
<p>Передачі зубчасті (циліндричні): а – загальне позначення (без встановлення типу зубів); б – з прямими; в – з косими зубами</p>		

<p>Передачі зубчасті з перетинаючими валами (конічні):  а - загальне позначення (без встановлення типу зубців);  б - з прямими;  в - з спіральними;  г - з круговими зубами</p>		
<p>Гвинт, який передає рух</p>		
<p>Передача зубчаста рейкова (без встановлення типу зубів)</p>		
<p>Гайка на гвинті, що передає рух:  а - нероз'ємна;  б - роз'ємна</p>		
<p>Електродвигун</p>		



Умовні позначення, що застосовуються в схемах, креслять, не дотримуючись масштабу. Однак співвідношення розмірів умовних позначень взаємодіючих елементів має наближено відповідати їх дійсному співвідношенню. При повторенні одних і тих же знаків потрібно виконувати їх однакового розміру.

При зображенні валів, осей, стрижнів, шатунів і інших деталей застосовують суцільні лінії певною шириною  $s$ . Підшипники, зубчасті колеса, шків, муфти, двигуни обводять лініями приблизно в два рази тонше. Тонкою лінією викреслюють осі, окружності зубчастих коліс, шпонки, ланцюги.

При виконанні кінематичних схем роблять написи. Для зубчастих коліс вказують модуль і число зубів. Для шківів записують їх діаметри і ширину. Вказують потужність електродвигуна і його частоту обертання:  $N = 3,7$  кВт,  $n = 1440$  об / хв.

Зображені на схемі елементи нумеруються починаючи від двигуна. Вали – римськими цифрами, інші елементи - арабськими. Порядковий номер елемента проставляється зверху на полиці лінії-винесення, а під полицею вказуються основні параметри елемента.

На рис. Рис.7 виконані два види схеми зубчастого зачеплення: нерозгорнутого (а) і розгорнутого (б).

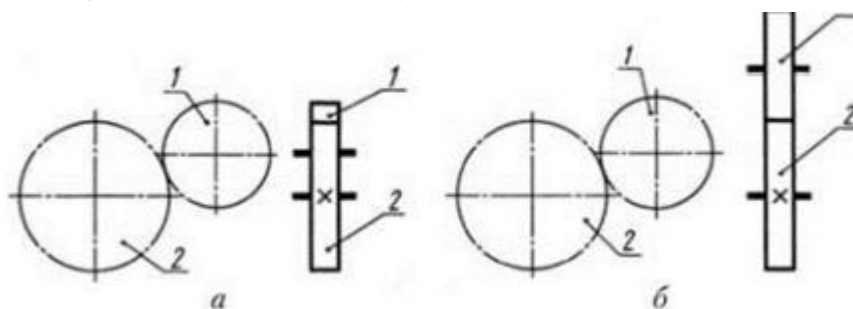


Рис.7. Схеми зубчастого зачеплення

Для кращої наочності допускається зображати передачі, як на рис. Рис. 1.1, б, де головний вид збережений, як і на рис.

Рис.1.1, а, а вид зліва показаний в розгорнутому положенні.

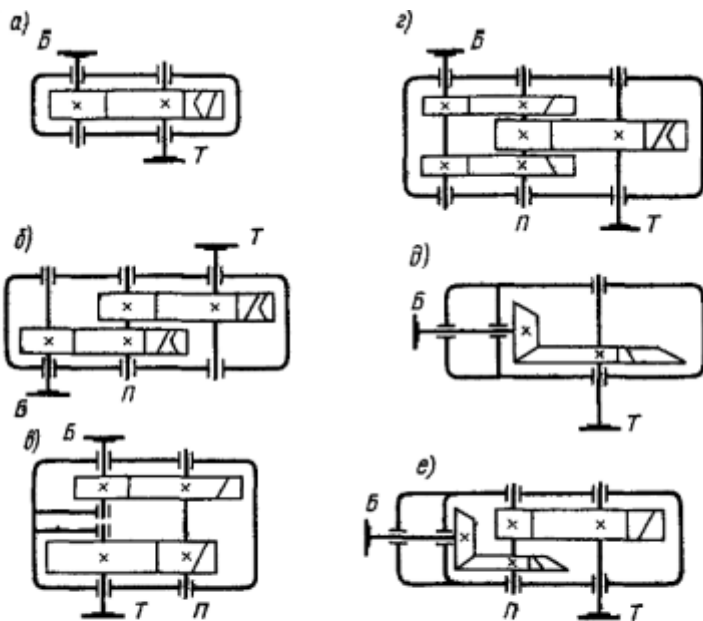
При цьому вали, на яких розташовані зубчасті колеса, розташовують один від одного на відстані суми радіусів коліс.

## 2. ЗУБЧАСТІ РЕДУКТОРИ.

Редуктором називається передача, встановлена в закритому корпусі і яка служить для зниження кутової швидкості і підвищення обертового моменту на веденому валу. Передача, розміщена в окремому корпусі і призначена для підвищення кутової швидкості веденого вала, називається прискорювачем або мультиплікатором. Влаштування передач в окремому закритому корпусі гарантує точність складання, краще мащення, більш високий К.К.Д., менше

зношування та шум, а також захист від попадання пилу та бруду. Тому замість відкритих передач у всіх відповідальних установках застосовують редуктори.

Відкриті передачі використовують при ручному і механічному тихохідному приводі. Зубчасті редуктори завдяки зазначеним вище перевагам зубчастих передач знайшли широке застосування (Рис.8).



а ... г –циліндричні; д – конічний; е – комбінований; а, д – одноступінчасті; б,в,г,е – двоступінчасті; Б – вхідний (швидкохідний) вал; Т – вихідний (тихохідний) вал; П – проміжні вали (фото з сайту [http://www.metiz-krepej.ru/peredachi/zubchatye\\_reduktory.html](http://www.metiz-krepej.ru/peredachi/zubchatye_reduktory.html))

Рис.8. Схеми зубчастих редукторів:

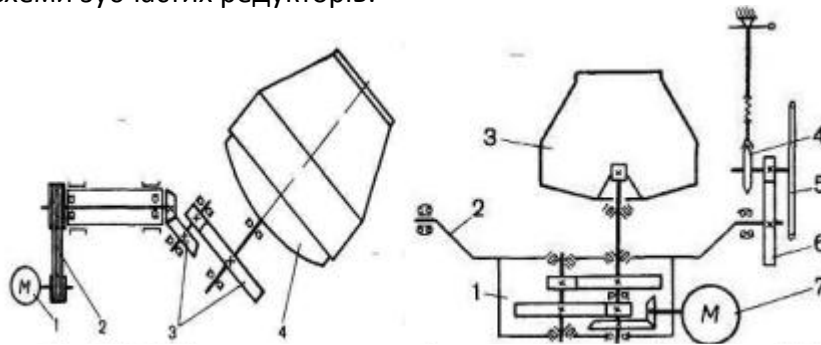


Рис.9. Кінематична схема бетонозмішувачів СБ-101 та СБ-30Г. (фото з сайту <https://helpiks.org/2-93997.html> ).

---

### 3. ПРИНЦИПОВІ ГІДРАВЛІЧНІ (ПНЕВМАТИЧНІ) СХЕМИ.

---

**Гідравлічна (пневматична) схема** — це технічний документ, що містить у вигляді умовних графічних зображень чи позначок інформацію про будову виробу, його складові частини та взаємозв'язки між ними, дія якого ґрунтується на використанні енергії стисненої рідини (газу).

Принципова схема містить всі гідравлічні (пневматичні) елементи або пристрої необхідні для того, щоб здійснювати і контролювати у виробі задані гідравлічні (пневматичні) процеси, і всі гідравлічні (пневматичні) зв'язки між ними.

**використовують графічні умовні позначки:**

для гідроаккумуляторів, кондиціонерів, баків та інших елементів мереж згідно ДСТУ EN ISO 3952-1:2018;

для апаратури керування згідно ДСТУ EN ISO 3952-1:2018;

для насосів та двигунів згідно ДСТУ EN ISO 3952-1:2018;

для пневмо-гідрокомунікацій (гідроліній) згідно ДСТУ ГОСТ 2.704:2014.

Елементи на гідросхемах мають свою позиційну позначку, яка складається з літерного позначення і порядкового номера. Літерне позначення – це скорочене найменування елемента, складене з його початкових або характерних букв, наприклад: клапан — К, дросель — ДР. Порядкові номери елементів (пристроїв) присвоюють, починаючи з одиниці, в межах групи елементів (пристроїв), яким на схемі присвоєно однакову літерну позиційну позначку, наприклад: Р1, Р2, Р3 і т.д., К1, К2, К3 і т.д.

Таблиця 1.2.

Літерні позиційні позначення основних елементів виглядають так ( ДСТУ ГОСТ 2.704:2014. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання гідравлічних і пневматичних схем (61470)):

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пристрій (загальна позначка) — А</li> <li>• <u>Гідроаккумулятор</u> (пневмоаккумулятор) — АК</li> <li>• <u>Апарат теплообмінний</u> — АТ</li> <li>• <u>Гідробак</u> — Б</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Маслорозпилювач — МР</li> <li>• <u>Гідродинамічна муфта</u> — МФ</li> <li>• Насос — Н</li> <li>• Насос аксіально-поршневий — НА</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вологовіддільник — ВД</li> <li>• Вентиль — ВН</li> <li>• Гідровитискувач — ВТ</li> <li>• Пневмоглушник — Г</li> <li>• <u>Гідродвигун (пневмодвигун) поворотний</u> — Д</li> <li>• <u>Подільник потоку</u> — ДП</li> <li>• <u>Гідросель</u> (пневмосель) — ДР</li> <li>• <u>Гідрозамок</u> (пневмозамок) — ЗМ</li> <li>• <u>Гідроклапан</u> (пневмоклапан) — К</li> <li>• Гідроклапан (пневмоклапан) витримки часу — КВ</li> <li>• Гідроклапан (пневмоклапан) тиску — КД</li> <li>• <u>Гідроклапан (пневмоклапан) зворотний</u> — КО</li> <li>• Гідроклапан (пневмоклапан) запобіжний — КП</li> <li>• Гідроклапан (пневмоклапан) редукційний — КР</li> <li>• <u>Компресор</u> — КМ</li> <li>• <u>Гідромотор</u> (пневмомотор) — М</li> <li>• <u>Манометр</u> — МН</li> <li>• <u>Гідродинамічна передача</u> — МП</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Насос-мотор</u> — НМ</li> <li>• <u>Насос пластинчастий</u> — НП</li> <li>• Насос радіально-поршневий — НР</li> <li>• Пневмогідроперетворювач — ПГ</li> <li>• Гідроперетворювач — ПР</li> <li>• <u>Гідророзподільник</u> — Р</li> <li>• <u>Реле тиску</u> — РД</li> <li>• Гідроапарат (пневмоапарат) золотниковий — РЗ</li> <li>• Гідроапарат (пневмоапарат) клапанний — РК</li> <li>• Регулятор потоку — РП</li> <li>• <u>Ресивер</u> — РС</li> <li>• Сепаратор — С</li> <li>• Суматор потоків — СП</li> <li>• <u>Термометр</u> — Т</li> <li>• <u>Гідродинамічний трансформатор</u> — ТР</li> <li>• Пристрій випуску повітря — УВ</li> <li>• Гідропідсилювач — УС</li> <li>• Фільтр — Ф</li> <li>• <u>Гідроциліндр</u> (пневмоциліндр) — Ц</li> </ul>

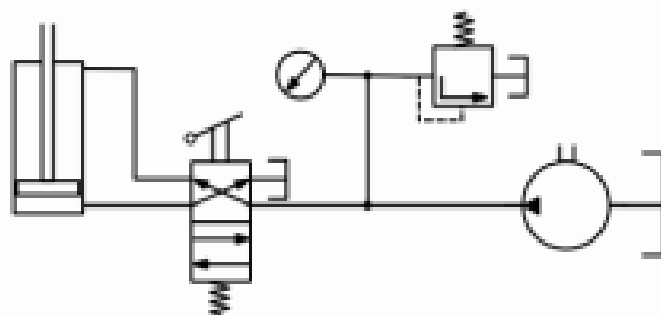

















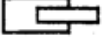



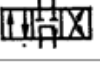












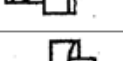




Рис.10. Принципова гідравлічна схема гідроприводу (код 3Г)

Таблиця 1.3.

Умовні позначення на гідравлічних схемах ([https://wiki.tntu.edu.ua/Принципова\\_гідравлічна\\_схема](https://wiki.tntu.edu.ua/Принципова_гідравлічна_схема))

Умовне позначення	Назва	Умовне позначення	Назва
<b>Лінії зв'язку (трубопроводи)</b>		<b>Регулюючий орган</b>	
	- всмоктування, напор, зливу		- нормально закритий
	- управління		- нормально відкритий
	- дренажні	<b>Клапани</b>	
	З'єднання ліній зв'язку		- запобіжний з власним управлінням (прямої дії)
	Перехрещування ліній зв'язку		- диференційний (що підтримує тиск $p_1 - p_2 = \text{const}$ )
	Трубопровід гнучкий	<b>Гідроциліндри двосторонньої дії</b>	
	Підвід рідини		- з одностороннім штоком
	Злив рідини		- з двостороннім штоком
	Гідробак		- з диференційним поршнем
	Фільтр		- плунжерний односторонньої дії
<b>Насоси</b>		<b>Розподільвачі</b>	
	з постійним потоком		- чотирьохлінійний двопозиційний
	- регульовані		- чотирьохлінійний трьох-позиційний
<b>Гідродвигуни</b>		<b>Типи управління розподільвачем</b>	
	- з постійним напрямком потоку		- ручне
	- регульовані		- від кулачка
	Гідроклапан зворотній		- пружиною
	Кран		- від рукоятки з фіксатором
<b>Дроселі</b>			- від електромагніта
	- нерегульований		- гідравлічне
	- регульований		- електрогідравлічне
	Гідропідсилювач		Камера мембранна двосторонньої дії

Література [1, 2, 7]

## Практична робота №2

### РОЗРАХУНОК ЗМІННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ПРОБІГУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

#### Завдання

Розрахувати швидкість та час руху автомобіля на окремих ділянках траси і загалом за рейс. Знайти технічну та змінну продуктивність і змінний пробіг автомобіля.

(Вихідні дані для розрахунку та характеристики траси – видає викладач).

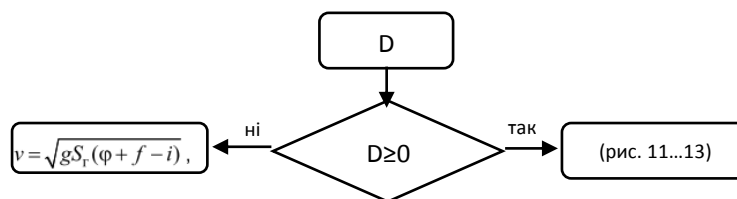
#### Методика розрахунку.

Чисельне значення динамічного фактора:

$$D = f \pm i,$$

- де  $f$  – коефіцієнт опору кочення пневмоколіс;
- $i$  – підйом (+) або уклон (–) ділянки траси для завантаженого автомобіля,
- для порожнього автомобіля знак перед  $i$  поміняти на протилежний.

2. Швидкість руху завантаженого і порожнього автосамоскида на кожній ділянці траси залежить від величини  $D$ .



Якщо  $D \geq 0$ , швидкість визначається за динамічною характеристикою автомобіля (рис. 11...13).

Якщо  $D < 0$ , швидкість автомобіля розраховується за формулою, км/год:

$$v = \sqrt{gS_r(\varphi + f - i)},$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$S_r$  – гальмівний шлях автосамоскида (вих. дані);

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення (вих. дані).

3. Час проходження кожної ділянки траси завантаженим та порожнім автомобілем, с:

$$t^{\text{зав}} = \frac{l_i}{0,9v_i^{\text{зав}}}; \quad t^{\text{пор}} = \frac{l_i}{0,9v_i^{\text{пор}}},$$



де  $l_i$  – довжина ділянки траси (див. табл. 1.3);  $v_i^{зав}$  – швидкість завантаженого автомобіля на  $i$ -й ділянці;  $v_i^{пор}$  – швидкість порожнього автомобіля на  $i$ -й ділянці; 0,9 – коефіцієнт, що враховує витрати часу на прискорення та уповільнення руху.

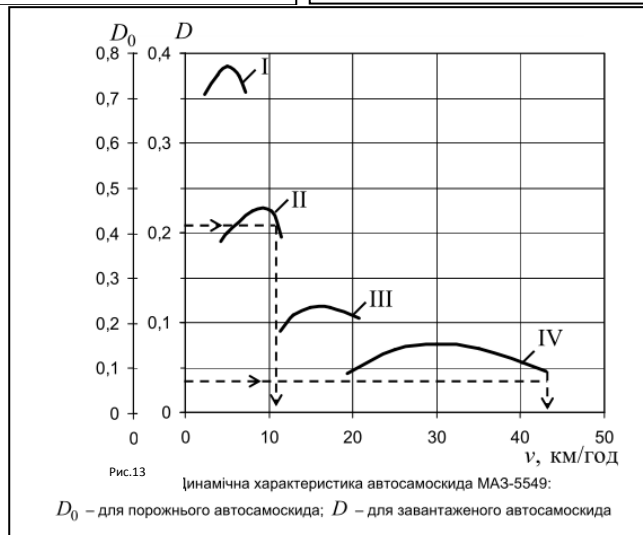
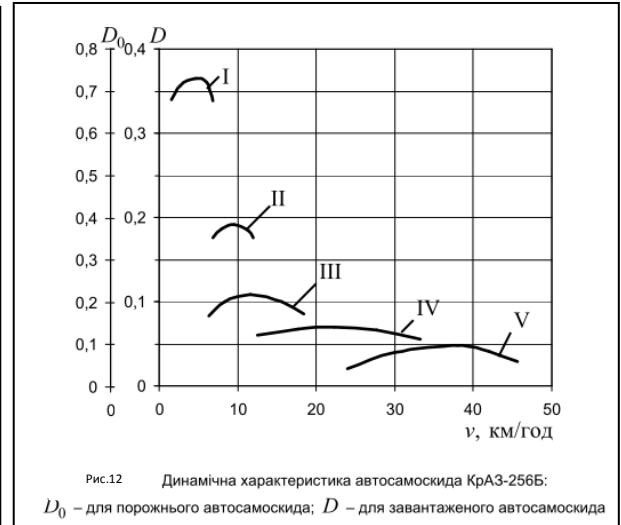
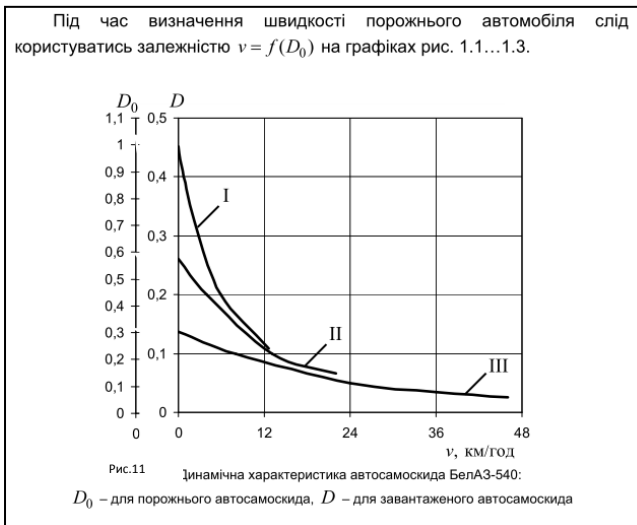


Рис 11 – 13. Динамічні характеристики автомобілів (11 - БелАЗ-540; 12 – КрАЗ-256Б; 13 – МАЗ-5549)

Розрахункові дані оформити згідно табл.2.1

Розрахункові величини часу проходження ділянок траси автомобілем					
	Позначення ділянки	Довжина ділянки, м	Підйом (ухил) ділянки	Швидкість пробігу ділянки, км/год	Час пробігу, с
Завантажений автомобіль					
$D_1$	$L1$				
$D_2$	$L2$				
$D_3$	$L3$				
					$\Sigma$
Порожній автомобіль					
$D_{01}$	$L1$				
$D_{02}$	$L2$				

D <sub>03</sub>		L3				
						Σ

4. Тривалість одного рейсу  $T_p$  автомобіля:

$$T_p = (\sum t_i^{\text{зав}}) + (\sum t_i^{\text{поп}}) + t_1 + t_2,$$

де  $t_1, t_2$  – відповідно тривалість завантаження і розвантаження автомобіля (див табл. 2.1)

5. Технічна продуктивність  $\Pi_{\text{техн}}$  автомобіля:

$$\Pi_{\text{техн}} = \frac{Qk_{\text{зав}}}{T_p},$$

де  $Q$  – маса вантажу в автомобілі (див. табл. 2.2);  $k_{\text{зав}}$  – коефіцієнт завантаження (див. табл. 2.1)

6. Кількість ходок  $n_x$  автомобіля за зміну:

$$n_x = \frac{Tk_{\text{в}}}{T_p},$$

де  $T$  – нормативний змінний час,  $T = 8$  год;  $k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання змінного часу,  $k_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$ . Отриманий результат округлюємо до цілого значення.

7. Змінна продуктивність  $\Pi_{\text{змін}}$  автомобіля:

$$\Pi_{\text{змін}} = n_x Q.$$

8. Пробіг  $L_{\text{змін}}$  автомобіля за зміну:

$$L_{\text{змін}} = n_x 2(l_1 + l_2 + l_3).$$

Траса має три ділянки:  $l_1, l_2, l_3$  та ухили:  $i_1, i_2, i_3$ .

Література [1, 2]

### РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЛЕБІДКИ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

Поліспаст-переносна блокова система, призначена для підйому і переміщення вантажів різного ступеня тяжкості.

Це пристрій застосовується в будівельній сфері, логістиці, альпінізмі та під час рятувальних робіт. Щоб виготовити поліспаст своїми руками, потрібно знати конструктивні особливості цього пристосування, способи кріплення канатів до вантажопідйомника і технологію проведення запасування.



#### Загальні відомості.

Поліспаст складається з 2-х і більше шківів (блоків), пов'язаних за допомогою мотузкових канатів або ланцюгів:

1. **Нерухомий шків.** Цей блок кріпиться до міцних статичних елементів або спецтехніки. Він включає в себе кілька роликів. По кожному з них проводяться мотузки, металеві канати або залізні ланцюги. Нерухомий шків розподіляє тиск між елементами конструкції. Величина тиску на кожен канат визначається числом роликів.

1. **Рухомий шків.** Цей блок прикріплюється до вантажу і використовується для підтримки працездатності вантажопідйомного механізму. Він обладнаний гаком, карабіном і магнітом. Рухомий шків, прикріплений до вантажу, здатний виграти в зусиллях.

Рис.14. Рухомий шків

Існують такі різновиди поліспастів:

1. **За призначенням:** силові і швидкісні. Силові механізми призначені для

транспортування важких об'єктів. Вони забезпечують вигравш в силі за рахунок втрат в відстані і швидкості. Швидкісні поліспасты не дають вигравшу в силі, його мета - швидкість. Застосовується для прискорення роботи на шкоду докладаємих зусиль



Рис.15. Різновиди поліспастів

2. **За складністю схеми.** У простих схемах

підйому вантажу за допомогою блоків все ролики з'єднані послідовно за допомогою 1 ланцюга або каната. Складні системи відрізняються високою продуктивністю. Виграш в силі забезпечується при меншій кількості блоків.

**Поліспасти використовуються для наступних операцій:**

1. Для натягу кабелів, силових ліній і підвісних конструкцій.
2. Спільно з лебідкою для витягування автомобіля чи іншого виду транспорту, який застряг в ґрунті.
3. Для проведення такелажні роботи під час транспортування важких конструкцій.

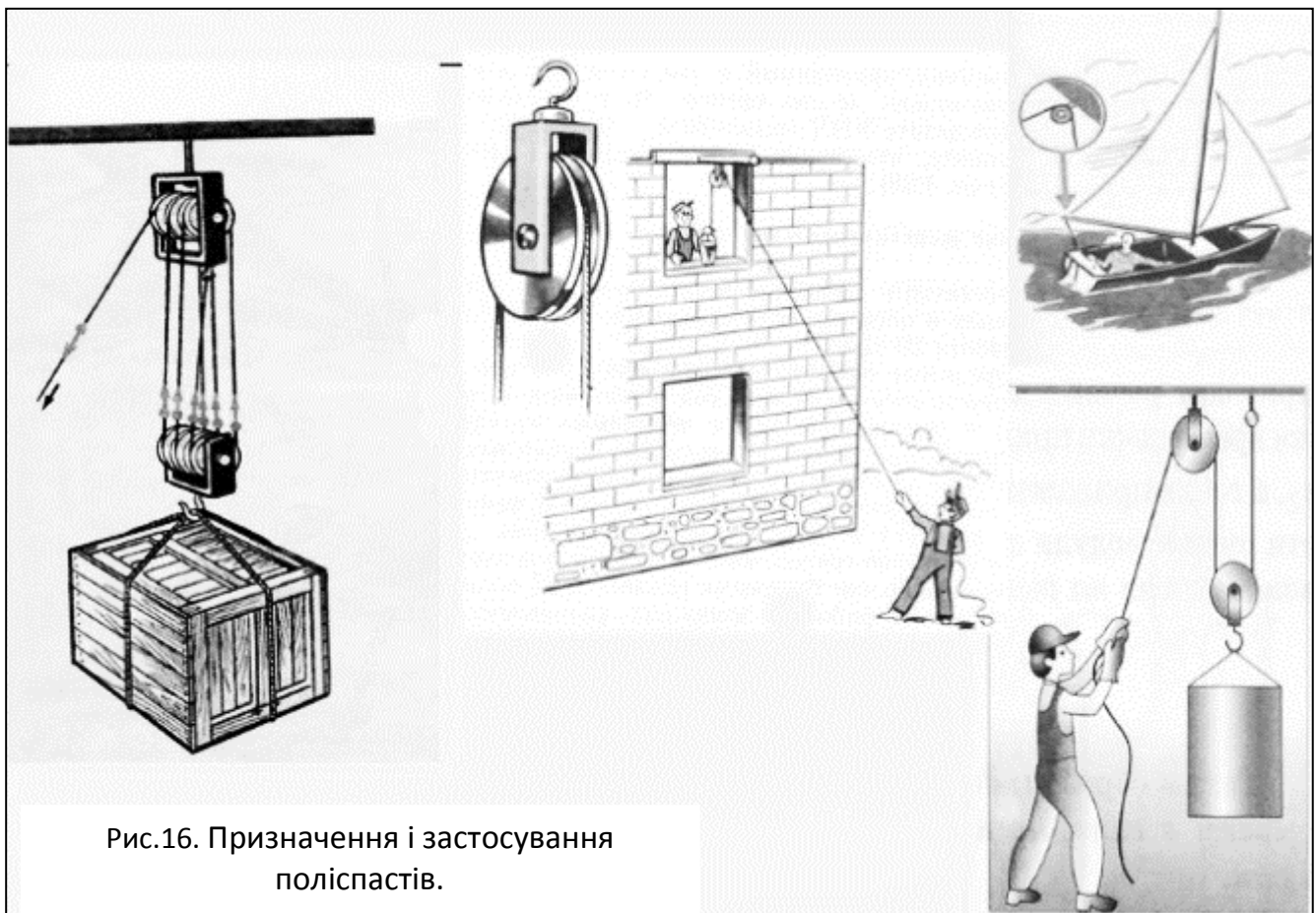


Рис.16. Призначення і застосування поліспаств.

Поліспасти оснащуються різні види кранів, гідравлічні і електричні приводи. Вони також застосовувалися в старих прототипах ліфтів.

### РОЗРАХУНОК ПОЛІСПАСТА

Перед виготовленням поліспаства потрібно розрахувати основні технічні характеристики вантажопідійомної конструкції. Розрахунки потрібно для складання креслень і виробляються відповідно до параметрів робочого приміщення і вагою вантажу.

Для визначення навантажень, що впливають на блочну систему в ході експлуатації, потрібно розрахувати параметри, що діють на окремі блоки:

1. Силу впливу вантажу, що піднімається ( $S_c$ ).
2. Тягову силу двигуна ( $S_m$ ).

3. Кут відхилення ( $\alpha$ ). При розрахунку параметрів поліспасти цією характеристикою можна знехтувати, тому що у сучасних пристроїв кут відхилення відсутня.
4. Діаметр блоку ( $D$ ).
5. Діаметр втулки ( $d$ ).

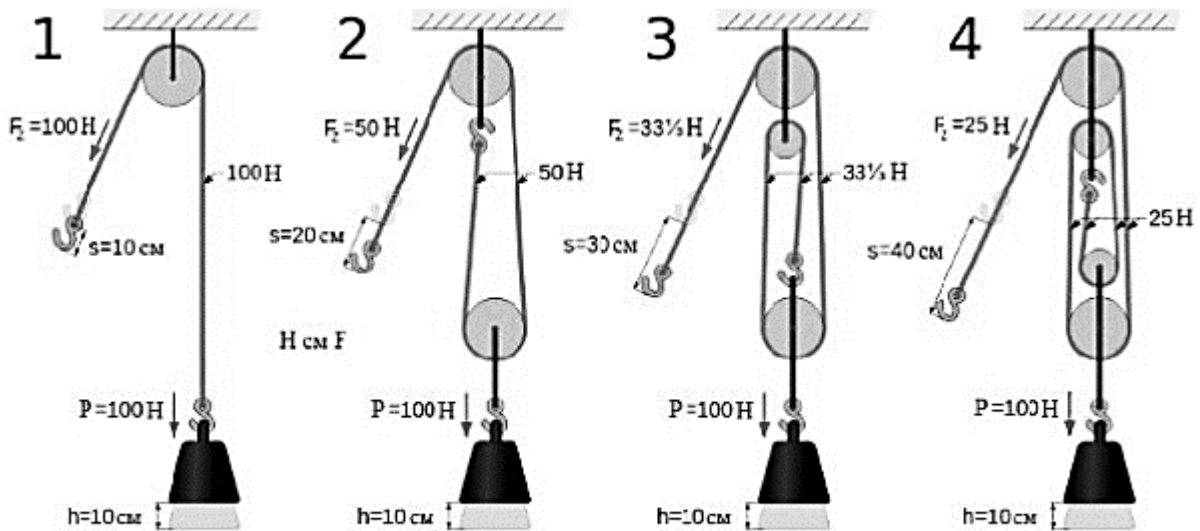


Рис.17. 1)Нерухомий блок- не дає виграшу в силі; 2)Рухомий блок – дає виграш в силі в 2 рази; 3)Система блоків – дає виграш в силі в 3 рази; 4)Система блоків – виграш в силі в 4 рази

Коефіцієнт корисної дії поліспасти визначається за такою формулою:

$$\eta = S_c / S_M .$$

На цей параметр впливають якість виготовлення блоків і складність схеми.

Існують такі рівні ККД блокової системи:

1. 97% - використовується в якості середнього значення, якщо в елементах вантажопідйомного пристрою присутні підшипники кочення і втулки з бронзи.
2. 95% - використовуються підшипники ковзання.
3. 93% і нижче - при роботі вантажопідйомного механізму в суворих природних умовах або в приміщеннях з високою температурою.

### Схеми поліспастів

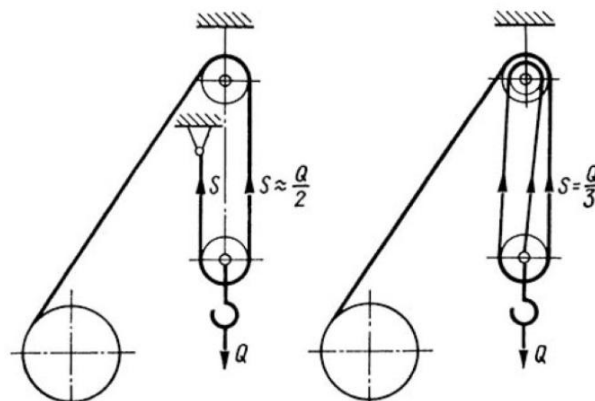


Рис.18. Схеми поліспастів.

### Запасовка поліспаствів

Запасовка - процедура зміни місця розташування шківів і дистанції між ними. Метою цієї операції є регулювання швидкості і висоти підйому вантажів відповідно до певної схеми проходження троса по блокам вантажопідйомного механізму. Існують такі різновиди запасування:

1. Одноразова. На гаку закріплюється 1 мотузка, яка проводиться через все нерухомі блоки і намотується на барабан.
2. Дворазова. Перший кінець каната кріплять на голівці поворотного елемента крана, другий - на лебідці. Цей спосіб запасування може застосовуватися на кранах стрілового типу.
3. Чотириразова. 2 робочих гілки троса проводяться через шкиви робочої стріли. Сусідні поліспасти скріплюються між собою за допомогою статичного блоку, що встановлюється на стійці платформи. Цей метод запасування використовується для пристроїв з великою вантажопідйомністю.

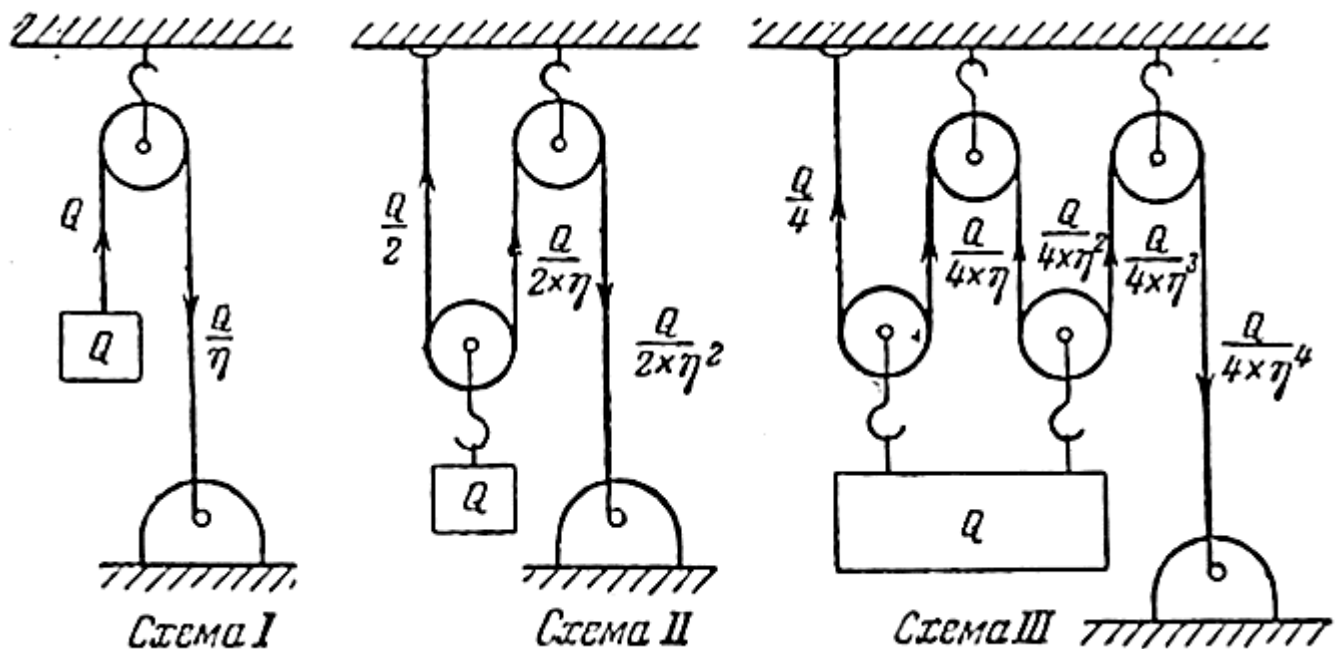


Рис.19. Запасовка поліспаствів.

Існує також змінна запасовка. Вона буває як дворазовою, так і чотирикратною. Рухливі ролики встановлюються на кількох рухомих обіймах, утримуваних за допомогою каната. Кратність запасування змінюється за допомогою опускання підвіски гака на опору при змотуванні мотузки.

Література [1, 2, 3, 6]

Розрахунок

Визначити: навантаження каната  $P_k$ ; тип, діаметр і довжину каната; параметри лебідки. (Вихідні дані видаються викладачем).

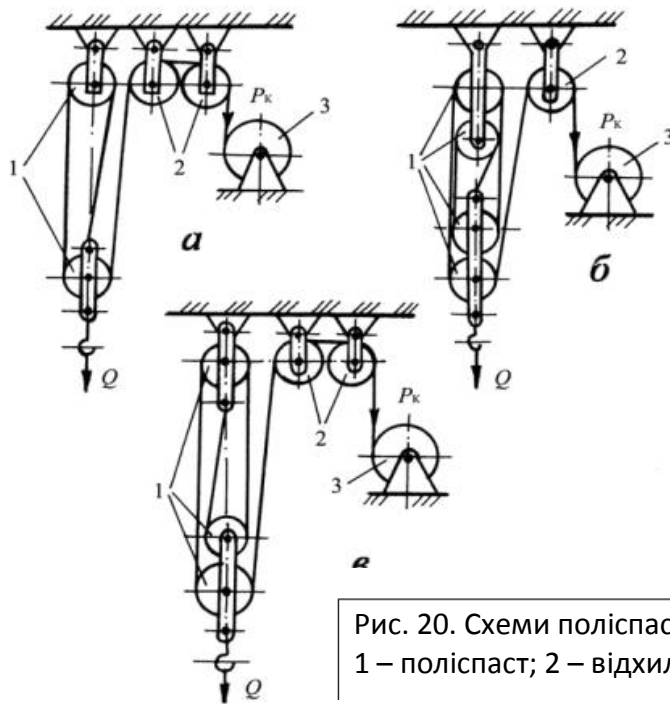


Рис. 20. Схеми поліспасти

1 – поліспаст; 2 – відхиляючі блоки; 3 – барабан лебідки

## Методика виконання

1. Згідно з завданням накреслити схему поліспасти і визначити його кратність  $m$ .

3. Визначити зусилля  $P_k$  у канаті, Н:

$$P_k = \frac{(Q + Q_{пл}) \cdot 9,81}{m \cdot z_{пол} \cdot \eta_{вб}^m} \quad (1)$$

де  $Q$  – маса вантажу;

$Q_{пл}$  – маса вантажної площадки (замість гака для приєднання каната до робочого органа використовується вантажна площадка, рама, бункер),  $Q_{пл} = 150$  кг;

$z_{пол}$  – коефіцієнт корисної дії поліспасти:

$$z_{пол} = \frac{\eta_b (1 - \eta_{вб}^m)}{m (1 - \eta_b)}, \quad (2)$$

де  $\eta_b$  – коефіцієнт корисної дії блока,  $\eta_b = 0,96$ ;

$\eta_{вб}$  – коефіцієнт корисної дії відхиляючого блока,  $\eta_{вб} = \eta_b$ ;

$m$  – кількість відхиляючих блоків

(Відхиляючі блоки не входять до складу поліспасти, “не приймають участі” у нарощуванні кратності; вони лише забезпечують можливість встановлення барабана лебідки там, де це потрібно).

3. Обчислюємо необхідне розривне зусилля  $R$  у канаті:

$$R = P_k k, \quad (3)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу, величина якого залежить від режиму роботи лебідки; для легкого режиму праці  $k = 5$ , для середнього  $k = 5,5$ , для важкого  $k = 6$  (див. табл. 1).

4. Підібрати канат діаметром  $d_k$  (табл. 3.1). Розривне зусилля каната має дорівнювати або перевищувати значення  $R$ , розраховане за формулою (3).

## Таблиця 3.1

Канати сталеві (ГОСТ 2688-80), ЛК–Р конструкції 6х19

Діаметр каната $d_k$ , м	Маса 100 м каната, кг	Маркувальна група каната, МПа (Н/мм <sup>2</sup> )					
		1470	1568	1666	1764	1862	1960
		Розривне зусилля, Н					
6,9	17,7	—	24000	25500	26300	27450	28700
8,3	25,6	—	34800	36950	38150	39850	41600
9,1	30,5	—	41550	44100	45450	47500	49600
9,9	35,7	—	48850	51850	53450	55950	58350
11,0	46,2	—	62850	66750	68800	72000	75150
12,0	52,7	—	71750	76200	78550	81900	85750
13,0	59,7	76180	81250	86300	89000	92800	97000
14,0	72,8	92850	98950	105000	108000	112500	118000
15,0	84,4	107000	114500	122000	125500	133100	137000
16,5	102,5	130000	139000	147500	152000	159000	166000
18,0	122,5	155000	166000	176000	181500	189500	198000
19,5	140,5	179500	191000	203000	209000	218500	228000
21,0	163,5	208000	222000	236000	243500	254000	265500

5. Визначити найменші допустимі діаметри блоків  $D_{бл}$  і барабана лебідки  $D_б$ ; для умов легкого режиму праці  $D_{бл} \geq 16d_k$ ; для середнього  $D_{бл} \geq 18d_k$ ; для важкого режиму  $D_{бл} \geq 20d_k$ :

$$D_б = 1,35 D_{бл} \quad (4)$$

6. Діаметри блоків і барабану лебідки призначаємо за умовами найближчого більшого розміру з ряду нормальних стандартних діаметрів, мм:

50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1060; 1130; 1180; 1250; 1320; 1400; 1500; 1600.

Висновок до розрахунку:

Література [1, 2, 3, 4, 5, 6]



## Практична робота №4

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОБОТИ БАШТОВИХ КРАНІВ. РОЗРАХУНОК БАШТОВИХ КРАНІВ



#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

**КБ-403** (КБК-160.2) - пересувний баштовий кран на рейковому ході, з поворотною баштою змінної висоти і балочною стрілою. Кран призначений для зведення житлових, промислових, адміністративних будівель і споруд висотою до 16 поверхів і масою елементів, які монтує до 8 т. Кран має дві модифікації (КБ-403А, КБ-403Б) і безліч виконань.

Баштові крани КБ-403, в основному, виконанні з можливістю перевезення в розібраному стані або в зібраному вигляді - автомобільним транспортом на підкатних візках.

Основні вантажні характеристики можна отримати з діаграми на рис. 22.

Рис. 21. Баштовий кран КБ-403А

При горизонтальному положенні стріли

При похилому положенні стріли

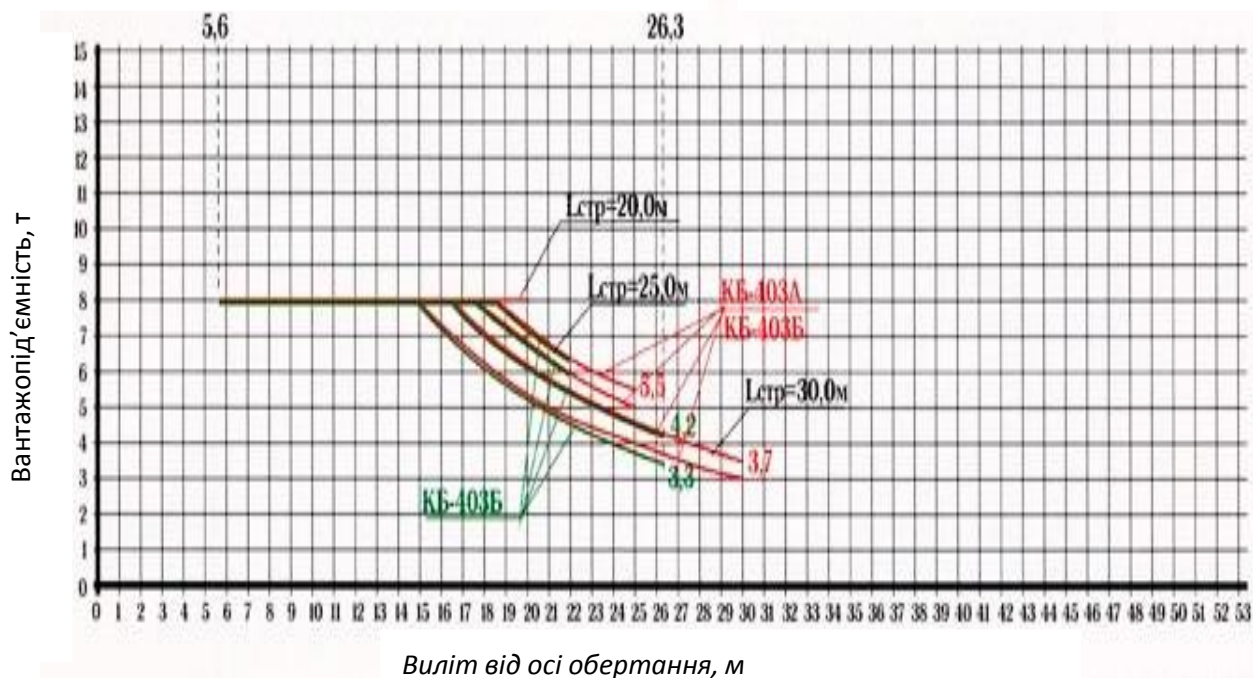


Рис. 22. Вантажопідйомність баштового крану КБ-403А в залежності від вильоту стріли

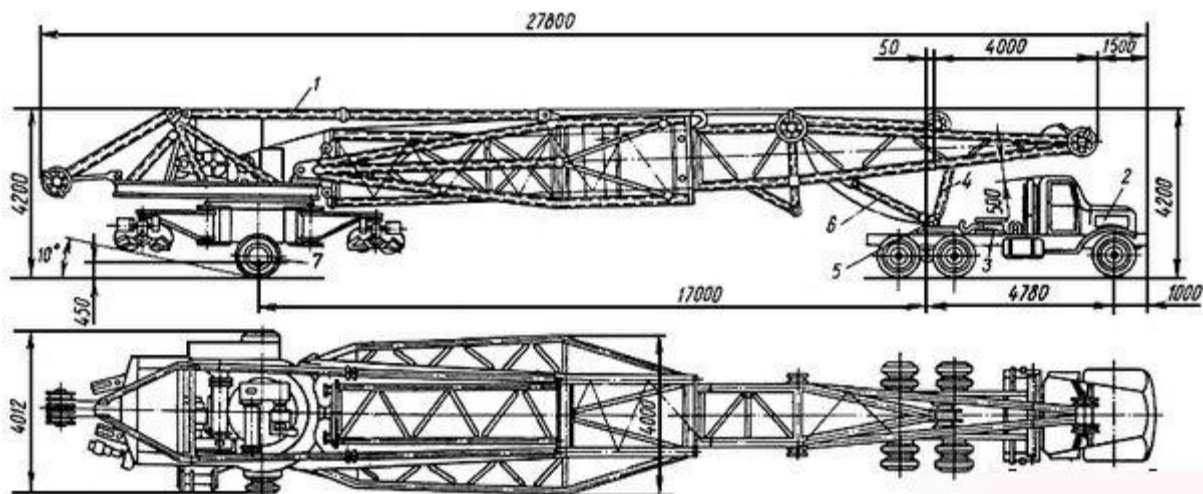


Рис. 23. Транспортування баштового крану КБ-403А

Див. відео - монтаж на будівельному майданчику - <https://www.youtube.com/watch?v=QaqE4rww9Ps>

Таблиця 4.1.

### Технічні характеристики

Виконання	КБ-403Б КБ-403Б.1		КБ-403Б.2 КБ-403Б.3	
Максимальний вантажний момент, тм	120		132	
<i>Вантажопідйомність, т</i>				
максимальна	8			
при максимальному вильоті горизонтальній стріли	3		3,5	
при максимальному вильоті похилій стріли під кутом 30 °	3,7		4,3	
<i>Виліт, м</i>				
максимальний горизонтальній стріли	30			
максимальний похилій стріли	26,3			
при максимальній вантажопідйомності	15		16,5	
мінімальний	5,6			
<i>Висота підйому максимальна, м</i>				
стріли горизонтальної / число секцій	41/6	35,4 / 5	29,8 / 4	24,2 / 3
стріли похилій	54,7	49,1	43,5	37,9
Частота обертання, об. / Хв	0,65			
Сумарна потужність електродвигунів	121			
<i>Геометричні параметри, м</i>				
колія x база	6 x 6			
задній габарит	3,8			
<i>Маса, т</i>				
конструктивна	50,5	49,2	47,9	46,6
противаг	30 (+/- 0,3)			
Розрахункове навантаження ходового колеса на рейку, кН	270			
Сейсмічність, бали	1-6			
вітровий район	III	V	VI	VII

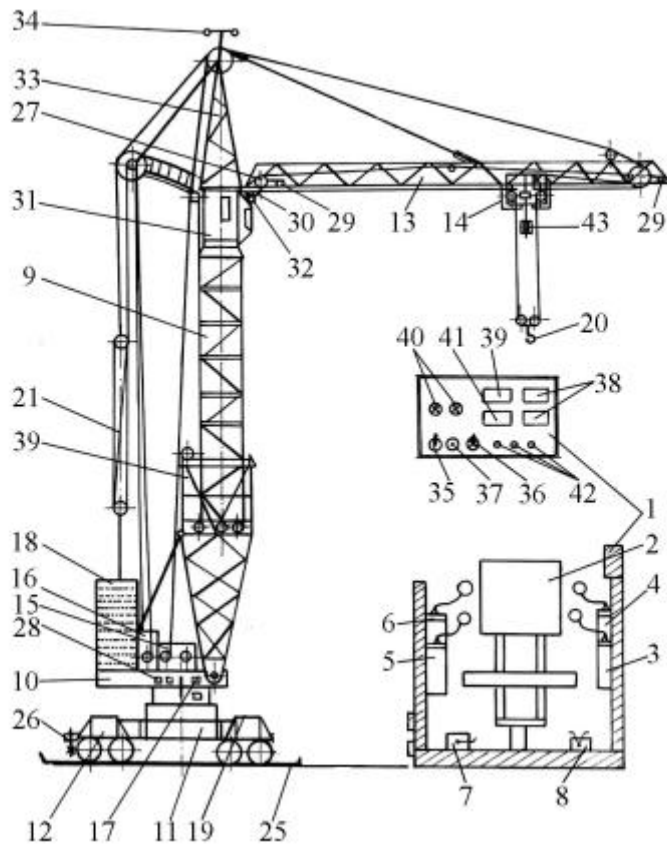


Рис. 24. Схема крана та кабіни керування баштового крана КБ-403А

Розміщення органів керування та контролю баштового крана:

1. пульт;
2. сидіння машиніста;
3. командо-контролер механізму обертання;
4. командо-контролер вантажної лебідки;
5. командо-контролер механізму пересування крана;
6. командо-контролер механізму пересування вантажної каретки;
7. педаль звукового сигналу;
8. нижній вмикач гальма повороту.

#### **Баштовий кран складається з:**

башти 9 ґратчастої (див. рис. 24) або трубчастої конструкції, шарнірно закріпленої на поворотній платформі 10, яку приєднано до опорної рами 11 з ходовими візками 12. На поворотній платформі розміщені вантажна 15 та стрілова 16 лебідки, механізм повороту 17, протывага 18 і шафа з електрообладнанням 19. Підйомна стріла 13, по якій переміщується за допомогою механізму пересування 27 візок 14 з вантажним поліспастом і гаком 20, утримується в горизонтальному положенні стріловою лебідкою 16 і стріловим поліспастом 21. В моделі крана КБ-100.1 вантажний візок відсутній, а кріплення підйомної стріли 13 аналогічне.

**На базовому крані, застосовуються прилади безпеки** (див. рис. 1.4): – на рейковому ході встановлено упори обмеження ходу 25 (21); – на опорній рамі 11 закріплено кліщі (лещата) 26, які затискають рейку за її голівку і не дають крану переміщатись; – на поворотній платформі встановлено кінцеві обмежувачі повороту крана 28 (23) праворуч/ліворуч (вимикають електромережу електродвигуна механізму повороту); – на кінці стріли та її п'яті встановлено кінцеві вимикачі обмеження ходу візка 29 (тільки для

моделі баштового крана КБ-403А); – у місці приєднання стріли до башти встановлено важільний пристрій 30, який вказує кут нахилу стріли в кабіні 31. Тут же встановлено кінцевий вимикач 32 з пристроєм максимального натягу вантажного канату;

– на оголовку башти 33 встановлено анемометр 34 (прилад для вимірювання тиску або швидкості вітру); – на візку встановлено обмежувач підйому вантажу 43, на якому встановлені обмежувачі, що не дозволяють канату вантажного поліспасти закручуватися. Обмежувач підйому вантажу з'єднаний з кінцевим електровимикачем електромережі лебідки підйому вантажу. Обмеженням опускання вантажу є канатоємність барабану вантажопідйомної лебідки.

### Практична частина

Визначити необхідну висоту підйому крюка; вибрати кран; визначити змінну продуктивність крана при суміщеному і несуміщеному циклах; визначити тривалість робочого циклу без суміщення і при суміщенні операцій.

(Вихідні дані для розрахунку видаються викладачем )

### Методика розрахунку

1. Висота підйому крюка (рис. 25, ) м:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

де  $h_1$  – задана висота рівня монтажу;

$h_2$  – висота підйому вантажу над рівнем монтажу (з вимог техніки безпеки  $h_2=2,5.. 3,0$  м) ;

$h_3$  – висота виробу;

$h_4$  – довжина строп.

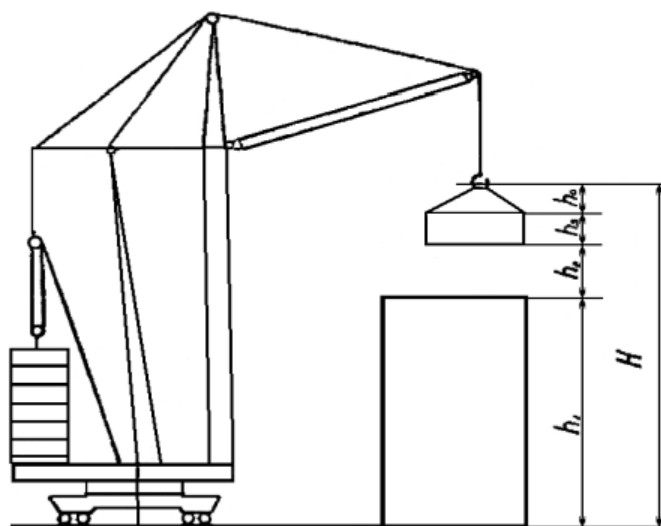


Рис. 25. Схема

розрахунку крану

КБ-403А

2. За визначеною висотою підйому крана ( $F_{fucet}$ )  $H$  і масою вантажу ( $freight$ ), користуючись табл. 4.2, вибрати кран.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики баштових пересувних кранів

Параметри	КБ-160	КБ-308	КБ-103	КБ-503А	КБ-405
Вантажопідйомність, $t$	5...8	3,2...8	4,5...8	7,5...10	4,8...8
Виліт, $m$	13...25	4,5...25	5,5...30	1,5...35	16...30
Виліт при максимальній вантажопідйомності, $m$	13	4,5	5,5	1,5	11
Максимальний вантажний момент, $kNm$	1600	1000	1125	2800	1350
Висота підйому, $m$	41...55	32,5...42	41...57,5	53...67,5	54...70
Швидкість, $10^{-2} m/c$ підйому та опускання	33; 66	30; 60	37	50	37
Посадки	6,7	8; 4	8	5	8
пересування крана	32,8	30	33	20	33
пересування вантажної каретки		27; 13,3	25	11,5; 6	
Частота обертання, $хв^{-1}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Маса крана, $t$ :					
загальна	79,5	84	80,5	145	107,2
конструктивна	49,5	38	50,5	90	51,2

Тривалість робочого циклу складається з часу на:  $t_1$  – стропування виробу;  $t_2$  – підйом даного виробу до потрібного рівня;  $t_3$  – поворот стріли крана;  $t_4$  – переміщення крана по рейках;  $t_5$  – опускання вантажів до рівня монтування;  $t_6$  – утримання елемента, який монтується, під час установлення і його закріплення;  $t_7$  – розстропування (roz of stropuvannya) встановлених елементів;  $t_8$  – підйом крюка вантажопідйомним пристосуванням над рівнем монтування;  $t_9$  – повернення стріли у вихідне положення;  $t_{10}$  – зворотне переміщення крана;  $t_{11}$  – опускання крюка з вантажозахо-плювальним пристосуванням.

Тривалість ручних операцій  $t_1$ ,  $t_6$ ,  $t_7$  треба приймати за даними табл. 4.2, а тривалість інших операцій вираховують приблизно, при постійності швидкостей робочих рухів крана, не враховуючи періодів розгону і гальмування.

3. Тривалість підйому вантажу:

$$t_2 = \frac{h_1 + h_2}{V_n}$$

де  $V_n$  – швидкість підйому (табл. 1.1).

4. Час повороту стріли крана:

$$t_3 = \frac{\alpha}{360^\circ n}$$

де  $\alpha$  – робочий кут повороту крана (див. вих. дані);

$n$  – частота обертання крана (див. табл. 4.2).

Тривалість пересування крана по рейках:

$$t_4 = \frac{L}{V}$$

де  $L$  – довжина шляху пересування крана (див. вих. дані);

$V$  – швидкість пересування крана (див. табл. 4.2).

5. Час, який витрачений на опускання вантажу до рівня монтажу (level of editing):

$$t_5 = \frac{h_2}{V_{on}}$$

де  $V_{on}$  – швидкість опускання (див. табл. 4.2).

6. Тривалість підйому крюка зі стропами над рівнем монтажу:

$$t_8 = \frac{h_2}{V_n}$$

7. Тривалість інших операцій:

$$t_9 = t_3; t_{10} = t_{11}; t_{11} = \frac{h_1 + h_2}{V_{on}}$$

Література [1, 2, 3, 4, 5, 6]

---

ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК  
БАГАТОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА

---

**ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.**

**Багатоківшевий екскаватор** (англ. *multi-bucket excavator*; нім. *Mehrgefäßbagger m, Eimerkettenbagger m*) — виймально-навантажувальна машина безперервної дії з ланцюговим або роторним робочим органом (відповідно ланцюговий та роторний екскаватор).

Екскавація породи здійснюється ковшами, послідовно розташованими на нескінченному ланцюзі або на роторному колесі. Навантаження породи в засоби транспорту виконується з розвантажувальної консолі або через спеціальний навантажувальний пристрій.

За типом робочого органу розрізняють *роторні* і *ланцюгові* траншейні екскаватори, що здатні розробляти як немерзлі, так і мерзлі ґрунти.

У залежності від характеру руху робочого органу багатоківшеві екскаватори бувають: *подовжнього, поперечного і радіального копання.*

На відкритих гірничих розробках переважно застосовуються ланцюгові і роторні багатоківшеві екскаватори поперечного і радіального копання. Ці екскаватори найбільш ефективно використовуються на однотипних роботах великого обсягу, зосереджених в одному місці або на протяжних ділянках з відносно м'якими гірськими породами.

Багатоківшеві екскаватори подовжнього копання (фрезерні, траншейні) призначені для видобутку вугілля, будівництва траншей для підземних комунікацій, газопроводів та інш., а також іригаційних споруд в породах до IV категорії включно і ґрунтах з глибиною промерзання до 1,5 м.

Індекс (марка) екскаватора безперервної дії складається з буквеної (перші літери назви виду), цифрової (головний параметр і порядковий номер моделі) частини та літер порядкової модернізації та кліматичного виконання.

Екскаватори траншейні ланцюгові та роторні мають індекс ЕТЦ-202А, ЕТР-231 (перші дві цифри означають глибину копання в дециметрах, а третя – номер моделі, літера після цифр — першу модернізацію); екскаватори кар'єрні роторні радіального копання - ЕР-1001 (перші три цифри означають місткість ковша в літрах, а четверта-номер моделі), екскаватори поперечного копання ланцюгові - ЕМ-201А (перші дві цифри вказують на місткість ковша в літрах, третя – номер моделі, а літера після цифр-порядковий номер модернізації).



Рис.26. Приклади роторних екскаваторів.



Рис.27. Приклади стрічкових екскаваторів.



Рис.28. Робота траншейного екскаватора ЕТЦ-203.





Рис.29. Работа траншейного экскаватора ЭТУ-354А.

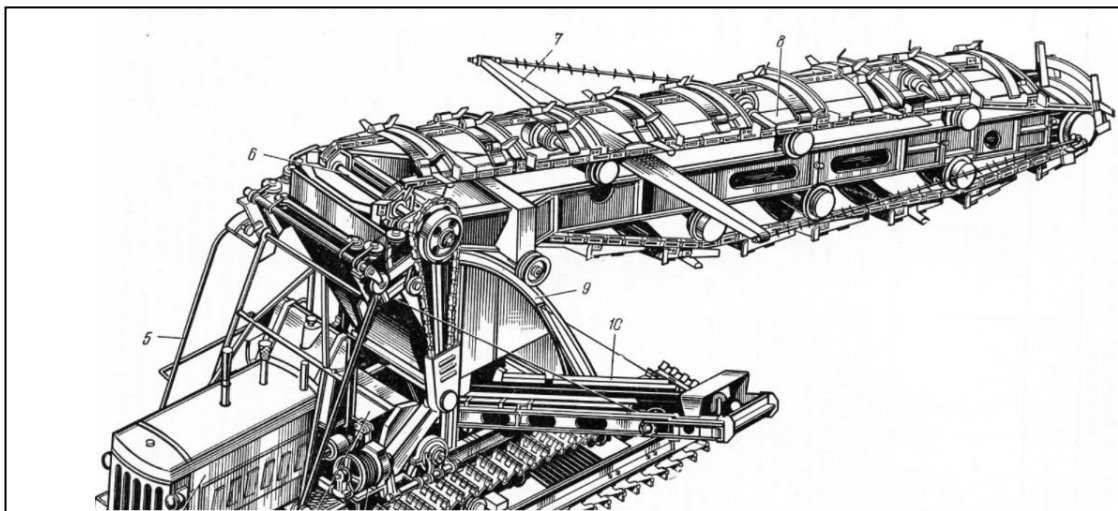
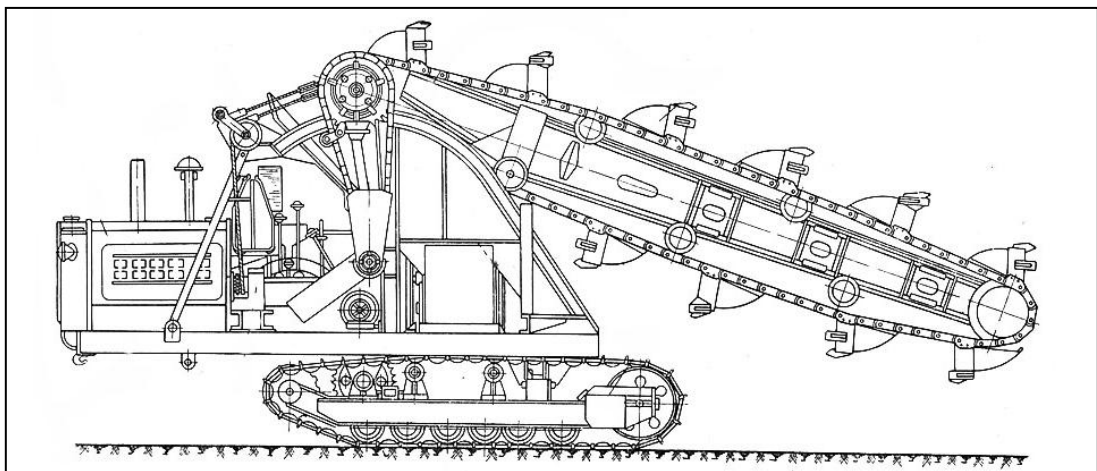


Рис. 30. Экскаватор ЕТЦ (ЦЮ) -354А:

1 - гусеничний хід, 2 - лебідка, 3 -коробка передач, 4 - двигун, 5 кабіна, 6 - турасний вал, 7 - откософормувальники, 8 - робочий орган, 9 - верхня рама, 10 – конвеєр

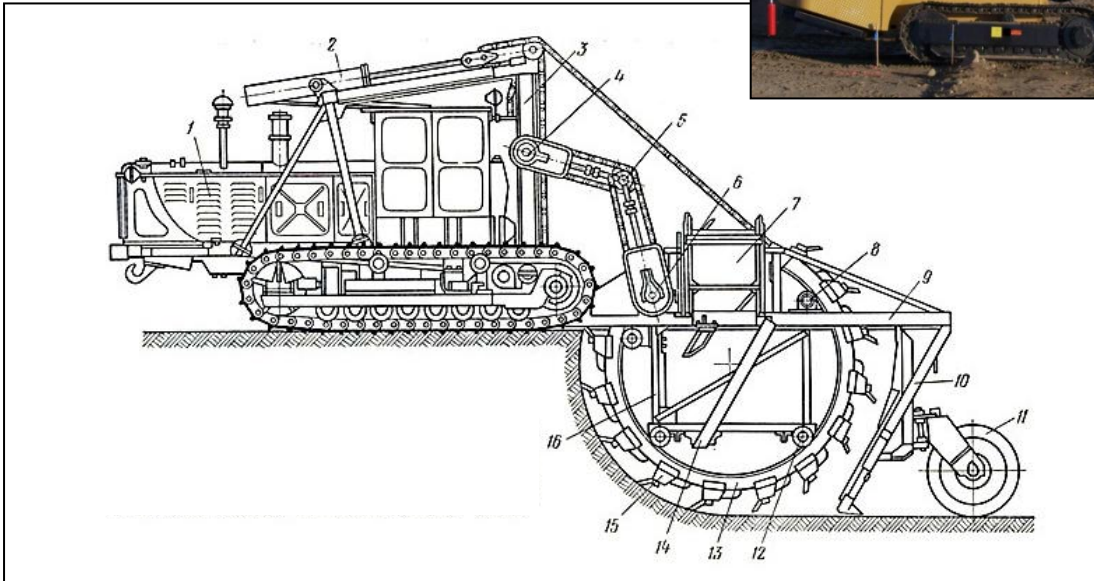


Рис. 31. Екксаватор ЕТР-161:

1 - тягач, 2 – механізм підйому робочого обладнання, 3 -вертикальна рама, 4 – редуктор приводу ротора, 5 – шарнірна цепна передача, 6 – вал приводу ротора, 7 - конвейер, 8 – підтримуючий ролик, 9 – рама робочого обладнання, 10 – очисний пристрій, 11 – задня опора, 12 – направляючий ролик, 13 – ротор, 14 – ножевий відкосник, 15 – ковш, 16 – рама ротора

Траншейні екскаватори (power-shovel) застосовують при будівництві лінійних підземних комунікацій відкритим способом для відривання траншей прямокутного і трапецеїдального профілю під газо-, нафто-, водопроводи, каналізаційні і теплофікаційні системи, кабельні лінії зв'язку і електропостачання та ін. Вони являють собою самохідні землерийні машини безперервної дії з багатоківшевим або безківшевим (скребачковим) робочим органом, які при своєму поступальному пересуванні розробляють позаду себе за один прохід траншею певної глибини, ширини і профілю з одночасним транспортуванням ґрунту вбік від траншеї [1].

При тій самій потужності двигуна (engine) і швидкості руху ковшів і питоме зусилля різанню, що розвивається багатоківшевим екскаватором (bagatokivshevi power-shovel), значно нижче такого ж зусилля одноківшевого.

Продуктивність траншейних екскаваторів в 2...2,5 рази вища, ніж у одноківшевих машин, енерговитрати на 1 м<sup>3</sup> розроблюваного ґрунту менші при більш високій якості робіт.



Рис. 31. Екскаватор багатоківшевий «Bagger 288»

## Методика виконання розрахунку

1. За технічною характеристикою (вихідні дані – у викладача) вибрати екскаватор, що може забезпечити задану глибину  $H$  та ширину  $B$  траншеї відповідно до варіанта завдання.

2. Визначити технічну продуктивність екскаватора,  $m^3 / год$ :

$$\Pi_T = 3,6qt \frac{k_H}{k_p},$$

де  $q$  – місткість ковша, л;  $t$  – кількість розвантажень ковшів за секунду;

$k_p$  – коефіцієнт розпушення ґрунту;  $k_H$  – коефіцієнт наповнення ковша.

Коефіцієнти  $k_p$  та  $k_H$  для відповідної групи ґрунту беруть з табл.5.2

▪ Кількість розвантажень ковшів за секунду визначається:

○ для ланцюгових екскаваторів

$$t = \frac{v_L}{a},$$

○ для роторних

$$t = \frac{n_p Z}{60}$$

де:

$v_L$  – швидкість ланцюга, м/с;  $a$  – крок ковшів, м; (табл. 5.1)

$n_p$  – частота обертання роторного колеса, хв<sup>-1</sup>; (див. табл. 5.1)

$Z$  – кількість ковшів на роторному колесі (див. табл. 5.1).

Швидкість ланцюга  $v_L$  потрібно брати для груп ґрунтів I, II на 2 передачі, а для груп ґрунтів III, IV – на 1 передачі. (див. табл. 1)

3. Визначити оптимальну швидкість пересування екскаватора, яка забезпечує його технічну продуктивність, м/год:

$$v_{\text{опт}} = \frac{\Pi_T}{BH}$$

4. За технічною характеристикою екскаватора перевірити, чи забезпечить машина робочу швидкість пересування, яка відповідає оптимальній, м/год:

$$v_p = v_{\text{опт}} \cdot$$

За  $v_{\text{опт}} > v_p$  або  $v_{\text{опт}} < v_p$  беруть найближчу робочу швидкість пересування екскаватора.

5. Визначити змінну експлуатаційну продуктивність екскаватора, м<sup>3</sup>/зміну:

$$P_{\text{ЗМ}} = BHv_p k_B T_{\text{ЗМ}},$$

де:

$T_{\text{ЗМ}}$  – тривалість зміни (8 год),

$k_B$  – коефіцієнт використання робочого часу екскаватора ( $k_B = 0,7...0,9$ ).

6. Визначити кількість робочих змін для риття траншеї:

$$n_{\text{ЗМ}} = \frac{BHL}{P_{\text{ЗМ}}},$$

де  $L$  – довжина траншеї, м (вихідні дані).

Таблиця 5.1

Технічні характеристики траншейних екскаваторів

Параметри	Ланцюгові						Роторні				
	ЭТН-142	ЭТН-171А	ЭТУ-208	ЭТУ-201	ЭТУ-252	ЭТУ-353	ЭТР-134	ЭТР-204А	ЭТР-223А	ЭТР-224А	ЭТР-253А
Глибина траншеї $H$ , м	1,7	1,85	2,0	2,2	2,5	3,5	1,3	2,0	2,2	2,2	2,5
Ширина траншеї по дну $B$ , м	0,45	0,5	0,6	0,5	0,8... 1,0	0,8... 1,1	0,28	1,2	1,5	0,8	1,8... 2,1
Місткість ковша $q$ , л	16	23	37	23	53	45	40	140	160	85	250
Швидкість ланцюга $v_d$ , м/с:											
1 передача	0,62	0,66	1,6	0,7	0,8	1,1	—	—	—	—	—
2 передача	0,92	1,06	2,6	1,18	1,25	—	—	—	—	—	—
Крок ланцюга $a$ , м	0,95	0,95	0,8	0,95	0,75	1,14	—	—	—	—	—
Робоча швидкість пересування $v$ , м/год	56... 182	47... 196	20... 600	15... 250	5... 150	12,5... 114	48... 204	8... 150	10... 300	10... 300	12,5... 245
Кількість ковшів $Z$	—	—	—	—	—	—	18	14	14	16	14
Кількість обертів роторного колеса $n_p$ , хв <sup>-1</sup>	—	—	—	—	—	—	13,2	7,8	7,8	9,0	7,4

Таблиця 5.2

Значення коефіцієнтів розпушування ґрунту  $k_p$  і наповнення ковша  $k_H$

Група ґрунту	$k_p$	$k_H$
I	1,12	1,05
II	1,21	1,10
III	1,27	1,15
IV	1,30	1,20

Література [1, 2, 3]

## Практична робота №6

### ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК БАГАТОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.



*Бульдóзер* — трактор або тягач (гусеничний або колісний), обладнаний навісним неповоротним чи поворотним робочим органом, який називають відвалом.

Ця самохідна землерийна машина має безліч корисних функцій. Конкуренція змушує виробників постійно вдосконалювати робоче та навісне обладнання. Досягнення науки і нові технології

дають для цього достатньо шляхів.

Правильно обрати бульдозер, найбільш ефективно використовувати його переваги і не платити за зайве, допоможе правильно складений “портрет” того, що потрібно на робочому майданчику. Перш за все треба чітко визначити завдання, які належить виконувати бульдозеру, продуктивність та умови, в яких буде проходити експлуатація.

#### РІЗНОВИДИ БУЛЬДОЗЕРІВ

(<https://mcet.com.ua/riznovidi-buldozeriv-do-zagalnogo-cherез-vidminnosti/>)

Величезну різноманітність моделей бульдозерів фахівці поділяють на класи. Це дозволяє чітко визначити, яку машину підібрати для виконання спільних або спеціальних завдань у конкретних умовах експлуатації.



Рис. 32. Гусеничний бульдозер Case.

### Бульдозери: класифікація.

- призначенням;
- типом шасі;
- вагою;
- конструкцією основного робочого органу;
- системою керування робочими органами.

### Призначення більшої частини бульдозерів – загальнобудівельні.

Вони виконують землерийно-транспортні та допоміжні роботи.

Крім того, є спеціальні бульдозери:

для підземних робіт, штовхачі скреперів, для розмінування, інші інженерні та військові машини.

### Шасі у бульдозерів бувають двох типів – гусеничні та колісні.

Перші застосовуються значно частіше. Вони володіють високою тягою і хорошою прохідністю. Можуть розгортатися практично на місці. Моделі з особливо широкими гусеницями можуть працювати на піщаних і болотистих ґрунтах. Загальний недолік гусеничних бульдозерів – мала швидкість ходу. На відносно великі відстані їх транспортують на тралах.

Машини на колісному ходу високомобільні. Вони можуть самостійно швидко переміщатися з одного майданчика на інший.

### Клас тяги бульдозерів визначається вагою носія, тобто бульдозера.

- малі – вагою до 16 т і потужністю двигуна від 74 до 130 л.с. ;
- середні – вагою від 16 до 27 т і потужністю до 240 л.с. ;
- великі – вагою від 35 т і вище, потужність перевищує 850 л.с.

Є різні варіанти конструкції основного робочого органу – відвалу. Він може бути неповоротним і поворотним.



Рис. 33. Бульдозер з поворотним відвалом.

Перший розташовується перпендикулярно осі машини, при русі піднімається вгору, для роботи опускається вниз. Може змінювати кут нахилу відносно поверхні.

Другий називають шестипозиційним, він може ще змінювати кут відносно напрямку руху бульдозеру і таким чином формувати матеріал на сторону. Такий відвал дозволяє вирівнювати майданчики і якісно робити відкоси при будівництві доріг. Корисний при складуванні відсіву, піску в річпорту і на складах бетонних заводів. Знаходить застосування на розкривних роботах, зачистці забою при видобутку гірської маси. Іноді застосовується замість грейдера при формуванні дорожнього полотна.

Класифікація відвалів за формою: прямими, сферичними і напівсферичними, сигмовидної, трикутними, зчленованими, різними по місткості і додаткового оснащення.

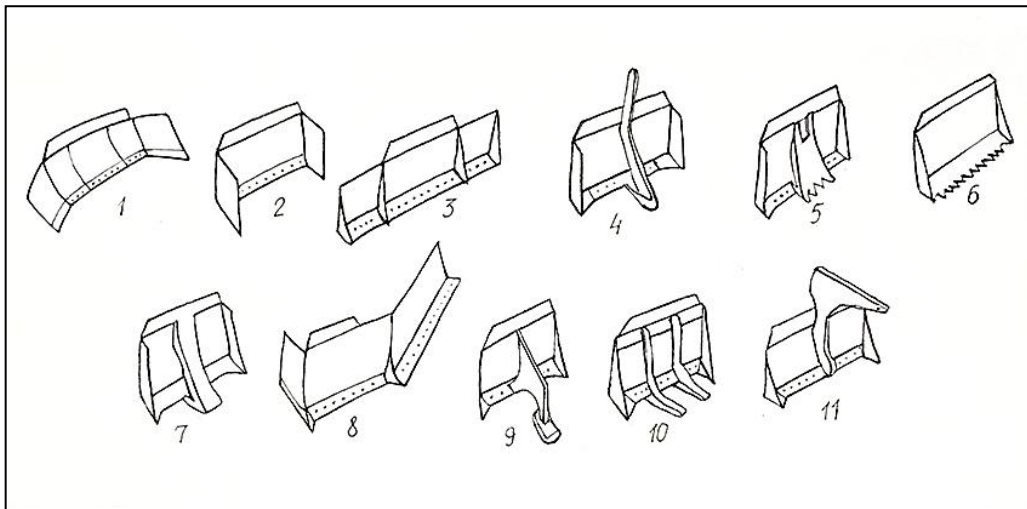


Рис. 34. Додаткове обладнання бульдозерів:

1 – уширителі, 2 – відкрилки, 3 – подовжувачі, 4 – зуб-розпушувач, 5 – кірковщик для розпушування ґрунту і руйнування дорожніх одягів, 6 – гребенчаті ножі, 7 – канавна надставка, 8 – відкісник, 9 – опорна лижа, 10 – вантажні вила, 10 – вантажопідйомний гак.

### Бульдозери модульні з оснащенням розпушувачем машини.

Модульний складається з двох зчленованих половин. Кожна може встановлюватися під тим або іншим кутом до напрямку руху машини. Цю конструкцію можна налаштувати для різних робіт: розкриву, підгортання ґрунту, очищення доріг від снігу та ін.



**Бульдозери-розпушувачі** призначені для руйнування поверхні важких, кам'янистих і мерзлих ґрунтів. Один розпушувач може встановлюватися на відвал машини. Але частіше кілька довгих розпушувачів, ставлять позаду корпусу бульдозера. Вони виконують функцію, подібну тій, що і кірковщівки автогрейдерів. За допомогою *гідравлічних, механічних (канатно-блокових)* і

Рис. 35. Бульдозер-розпушувач CAT.

електромеханічних приводних систем бульдозерист може опускати, піднімати робочі органи, повертати у горизонтальній і перекошувати у вертикальній площині, нахилити вперед і назад.

Деякі з машин для безпеки операторів замість стандартних оснащують посиленими кабінами. Їх існує два основні різновиди – з вбудованим каркасом захисту при перекиданні (ROPS) і захисту від падаючих предметів (FOPS).

В останні роки машини почали оснащувати системами позиціонування – Trimble, Topcon, Leica. Вони використовують комп'ютерні технології, лазер, глобальну супутникову систему позиціонування. Їх застосування дозволяє з високою точністю визначати координати об'єкта і машини.

## Спектр сучасних машин

- **Машинобудівна компанія Komatsu** (від легких до надважких).

Всю техніку об'єднує висока продуктивність у своєму класі, плавні та впевнені повороти, просте перемикання передач. Електронне управління гідрооб'ємної трансмісії допомагає бульдозеристу обрати відповідний режим управління. Завдяки клапану PPC оператор управляє відвалом за допомогою джойстика. Спеціальна система регулює вихідну потужність силового агрегату. Це зменшує навантаження на людину, а також виключає прослизання черевиків на гусеничних бульдозерах. При цьому зростає продуктивність і економиться паливо.



Всі машини мають хороший огляд. Цього інженери, які розробляють японські бульдозери, досягли, встановивши капот зі збільшеним скосом. Гучність зовнішніх звуків в 110 дБ у комфортабельних шумозахисних кабінах знижується до 70 дБ. Вібраціям і коливанням кабіни запобігають

Рис. 36. Продукція машинобудівної компанії Komatsu

демпферні кріплення.

### Найбільш відомі колісні машини

Komatsu WD900-3, WD600-6 і більше 10 серій гусеничних. Серед них – легкі бульдозери D63E-12, D85EX-15, важкі





бульдозери D155A-5, D275A-5, надважкі D475A-5.

Легка машина Komatsu D37EX-22 масою 7,9 т має двигун потужністю 90 к.с. і відвал об'ємом 1,77 м<sup>3</sup>. У бульдозера D475A-5 експлуатаційна маса 102,5 т, мотор на 872 к.с. і відвал від 27,2 до 34,4 м<sup>3</sup>.

У 2013 році припинився союз CNH Global (входить в Fiat Group) і Kobelco, після 11 років спільного співробітництва. Відповідно до підписаної угоди, техніка випускалася під брендом "Fiat Kobelco", компанія спеціалізувалася на випуску малих і середніх машин. Найбільш відомі серед них D150, D180, D255, D350.

Рис. 37. Колесна продукція машинобудівної компанії Komatsu

під брендом "Fiat Kobelco", компанія спеціалізувалася на випуску малих і середніх машин. Найбільш відомі серед

- **Найпотужніші бульдозери у світі**

Найміцніші та найбільші бульдозери у світі серійно випускаються у трьох країнах – Японії, США і Німеччини.



*Найбільший бульдозер Європи німецький Liebherr PR 776 Litronic. Його робоча вага **73 т**. Двигун має потужність 768 к.с. Машина довжиною 10 і шириною 4,83 м оснащена 9-тонним розпушувачем. Вона призначена для роботи на скельних ґрунтах.*

Рис. 38. Найбільший бульдозер Європи німецький Liebherr PR 776 Litronic

попередник D11N випускався з 1986 року. У бульдозера довжина 10,5, а ширина 4,3 м, маса **104,5 т**.

**Найбільший в світі бульдозер Komatsu D575A-3 SD**

випускається з 1989 року. Маса машини **152 т**.

Її двигун розвиває потужність 1150 к.с. Відвал шириною 7,4, висотою 3,6 м вміщає 69 м<sup>3</sup> породи і може занурюватися на глибину 805 мм.

Американський **Caterpillar D11T**; його

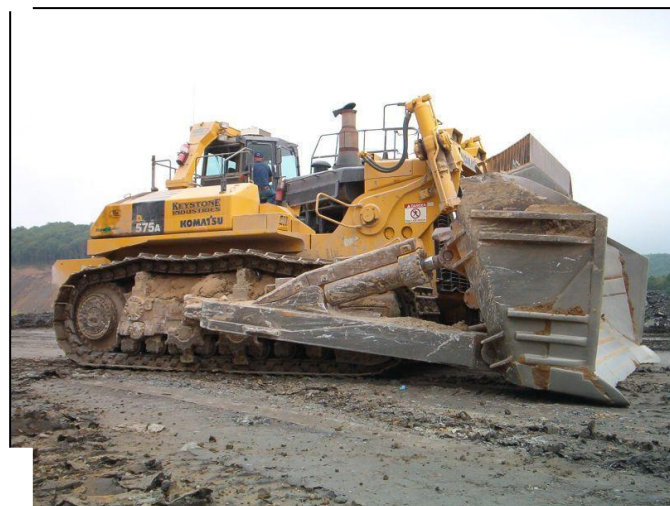


Рис. 39. Найбільший в світі бульдозер Komatsu D575A-3 SD

- Вітчизняні бульдозери



Рис. 40. Важкі бульдозери ХТЗ ТС-5

У нашій країні трактори, які можуть бути носіями бульдозерного обладнання, випускають кілька підприємств. Найвідоміша марка – ХТЗ. Деякі з вітчизняних компаній, що виготовляють базу під бульдозери, дилери або партнери іноземних.

Харківський тракторний завод випускає гусеничні важкі бульдозери ХТЗ ТС-5 і ХТЗ ТС-10. Вони оснащені 180-сильними двигунами і можуть працювати на різних ґрунтах, у різних кліматичних умовах.

В Україні доступні японські машини

Komatsu, німецькі Liebherr, Caterpillar з США, польська Dressta, китайські бульдозери Shantui (часто називають бульдозери Hyundai), SEM, Shehwa, PengPu і інші.

Нааявний у продажу і для здачі в оренду спектр бульдозерів дозволяє обрати оптимальну по продуктивності і економічно вигідну машину.

### Практична частина

Ознайомитись з конструкцією і принципом дії бульдозера, намалювати його схему, визначити продуктивність

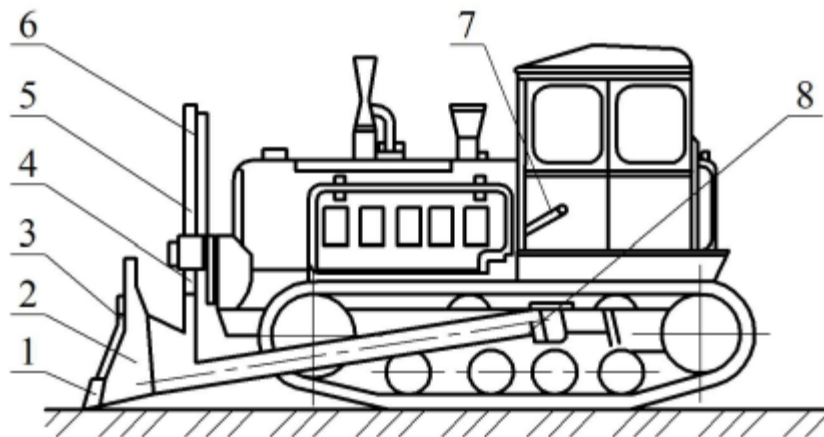


Рис 41. Сема бульдозера: 1 – ніж; 2 – відвал; 3 – козирок; 4 – кронштейн гідроциліндра; 5 – гідроциліндр; 6 – трубопровід; 7 – подовжувач важеля керування розподільником; 8 – поперечна балка. Для проведення роботи застосовують натурний зразок бульдозера Д-535. Для піднімання, опускання і заглиблення його відвала використовують гідросистему базового трактора, гідроциліндри і гнучкі шланги

*Хід розрахунку:*

1. Виміряти час циклу  $T_{\text{ц}}$  бульдозера, що складається з величин, с:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{к}} + T_{\text{т}} + T_{\text{зв}}$$

де  $T_{\text{к}}$  – час набирання ґрунту;  $T_{\text{т}}$  – час транспортування ґрунту;  $T_{\text{зв}}$  – час зворотного ходу бульдозера.

2. Визначити об'єм ґрунту в розпушеному стані перед відвалом бульдозера після його наповнення,  $\text{м}^3$  :

$$V_{\text{г}} = \frac{lh^2}{2\text{tg}\varphi_0 k_{\text{р}}}$$

де  $l$ ,  $h$  – довжина і висота відвала відповідно, м;  $\varphi_0$  – кут природного укосу ґрунту, град;  $k_{\text{р}}$  – коефіцієнт розпушування ґрунту,  $k_{\text{р}} = 1,2$ .

3. Визначити технічну продуктивність бульдозера фактичними вимірюваннями. Фактична технічна годинна продуктивність,  $\text{м}^3$  :

$$П_{\text{т}} = \frac{3600V_{\text{г}}}{T_{\text{ц}}k_{\text{р}}}$$

Література [1, 2, 3]

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сукач М. К., Комоцька С. Ю., Балака М. М. С89 Будівельні машини і обладнання. Практикум : навч. посібник. К. : КНУБА, 2016. 120 с.
2. Клімов С. В. Методичні вказівки до виконання практичних завдань та самостійної роботи з дисципліни «Будівельна та меліоративна техніка» для студентів за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної і заочної форм навчання. Рівне, НУВГП, 2018. 36 с.
3. Баладінський В. Л., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Будівельна техніка : підручник. Київ-Полтава : КНУБА-ПНУБА, 2002. 462 с.
4. Будівельна техніка : навч. посібник / В. Л. Баладінський, О. М. Лівінський, Л. А. Хмара та ін. К. : Либідь, 2001. 361 с.
5. Будівельна техніка : підручник / В. Л. Баладінський, А. М. Тугай, О. М. Гаркавенко, І. В. Русан. К. : КНУБА, 2002. 237 с.
6. Гетта В. Г., Шевель В. І. Технологія будівництва зовнішніх водогінних і каналізаційних трубопроводів : навч. посібник. Чернігів, 2009. 470 с.
7. Гідравліка, гідравлічні машини, гідроприводи : навч. посібник / І. В. Ніколенко, О. Ф. Дашенко, Є. Красовський, С. Сосновський, А. М. Яковенко. Сімферополь : РВВ НАПКБ, 2008. 321 с.
8. Полянський С. К. Будівельно-дорожні та вантажопіднімальні машини. К. : Техніка, 2001. 624 с.
9. Тютюнников П. Н., Моисеенко В. Г. Механическое оборудование санитарно-технических заводов : навч. посібник. К. : Вища школа, 1983. 175 с.
10. Храменков С. В., Орлов В. А., Харькин В. А. Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. 240 с.