

**БУДІВЕЛЬНІ ТА КОЛІЙНІ МАШИНИ**

*Навчальний посібник*

**Частина 2**

**БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА**

**Харків 2016**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

## БУДІВЕЛЬНІ ТА КОЛІЙНІ МАШИНИ

*Навчальний посібник*

Частина 2

БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА

Харків 2016

**УДК 69.002.5 (075)**  
**ББК 39.211-08я7**  
**Б 903**

*Рекомендовано вченою радою Українського державного  
університету залізничного транспорту як навчальний посібник  
(витяг з протоколу № 4 від 24 травня 2016 р.)*

**Рецензенти:**

професори Є.С. Венцель (ХНАДУ),  
О.В. Григоров (НТУ ХП)

**Авторський колектив:**

А.М. Кравець, А.В. Євтушенко,  
А.В. Погребняк (ХНАДУ), Є.В. Романович

**Б 903**

Будівельні та колійні машини. Ч.2. Будівельна техніка:  
Навч. посібник / А.М. Кравець, А.В. Євтушенко,  
А.В. Погребняк та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 274 с.,  
рис. 115, табл. 1.

ISBN 978-617-654-058-8

У цьому навчальному посібнику розглянуто окремі види засобів механізації, які на теперішній час застосовуються в будівельній галузі України. Для розглянутих видів будівельної техніки наведено класифікацію, опис основних параметрів та детально проаналізовано різноманітні конструкції. Наведено формули для визначення продуктивності та інших показників окремих машин. Приділена значна увага аналізу технологічних процесів застосування розглянутих засобів механізації будівництва.

Посібник призначений для студентів спеціальностей 273 «Залізничний транспорт» (6.07010801 «Залізничні споруди та колійне господарство») та 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (6.06010101 «Промислове і цивільне будівництво») всіх форм і термінів навчання, а також для інших спеціальностей відповідних напрямків навчання.

УДК 69.002.5 (075)  
ББК 39.211-08я7

ISBN 978-617-654-058-8

© Український державний університет  
залізничного транспорту, 2016.

Навчальний посібник

**Кравець Андрій Михайлович,**  
**Євтушенко Андрій Вікторович,**  
**Погребняк Андрій Валерійович**  
**та ін.**

БУДІВЕЛЬНІ ТА КОЛІЙНІ МАШИНИ

Частина 2

БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА

Відповідальний за випуск Кравець А.М.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 24.12.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друкарк. 16,25. Тираж 150. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту  
61050, Харків - 50, майдан Фейсрбаха, 7  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Загальні відомості про будівельну техніку.....	7
1.1. Основні поняття та визначення.....	7
1.2. Класифікація будівельних машин.....	8
1.3. Параметри машин.....	11
2. Транспортувальні машини.....	13
2.1. Загальні відомості про транспортувальні машини...	13
2.2. Конвеєри.....	17
2.2.1. Стрічковий конвеєр.....	17
2.2.2. Пластинчастий конвеєр.....	27
2.2.3. Скребокний конвеєр.....	32
2.2.4. Ківшевий конвеєр, ківшевий елеватор.....	39
2.2.5. Гвинтовий конвеєр.....	48
2.2.6. Вібраційний конвеєр.....	53
2.3. Установки пневматичного транспорту.....	60
2.3.1. Загальні відомості.....	60
2.3.2. Установки пневматичного транспорту, що переміщують вантаж у зваженому стані.....	61
3. Вантажопідійомні машини.....	65
3.1. Загальні відомості.....	65
3.2. Домкрати.....	65
3.3. Лебідки.....	72
3.4. Підйомники.....	77
3.5. Крани. Загальні відомості.....	90
3.5.1. Баштові крани.....	94
3.5.2. Крани-трубоукладачі.....	102
3.5.3. Крани на залізничному ході.....	105
3.5.4. Плавучі крани.....	109
3.5.5. Крани на гусеничному ході.....	113
3.5.6. Крани на пневмоколісному ході.....	118
3.5.7. Крани прогінного типу.....	130
4. Земляні роботи в будівництві.....	146
4.1. Види земляних споруд.....	146
4.2. Способи розроблення ґрунтів.....	147
4.3. Класифікація машин для земляних робіт.....	148

5.	Землерийні машини.....	151
5.1.	Одноківшеві екскаватори.....	151
5.2.	Одноківшеві гідравлічні екскаватори.....	153
5.3.	Одноківшеві екскаватори з гнучким підвішуванням робочого устаткування (канатні екскаватори).....	159
5.4.	Екскаватори безперервної дії.....	162
5.5.	Траншейні екскаватори.....	163
5.6.	Екскаватори поперечного копання.....	167
5.7.	Продуктивність екскаваторів.....	171
6.	Землерийно-транспортні машини.....	174
6.1.	Бульдозери та розпушувачі.....	175
6.2.	Скрепери.....	183
6.3.	Автогрейдери.....	188
6.4.	Грейдер-елеватори.....	191
6.5.	Продуктивність землерийно-транспортних машин..	195
7.	Обладнання для бурових робіт.....	202
7.1.	Бурово-кранові машини.....	204
7.2.	Машини для улаштування буронабивних паль.....	213
7.3.	Машини для безтраншейного прокладання комунікацій.....	217
8.	Машини для ущільнення ґрунтів.....	227
8.1.	Ущільнювачі статичної дії.....	228
8.2.	Ґрунтоущільнювальне обладнання вібраційної дії...	236
8.3.	Трамбувальні машини.....	242
8.4.	Продуктивність ґрунтоущільнюючих машини.....	244
9.	Машини та обладнання для пільових робіт.....	245
9.1.	Пільові молоти.....	246
9.2.	Віброзанурювачі та вібромолоти.....	255
9.3.	Копри та копрові установки.....	260
	Бібліографічний список.....	268
	Предметний покажчик.....	272

## ВСТУП

Весь будівельний цикл від створення проекту будівельного об'єкта до його реалізації є комплексом взаємно пов'язаних складових частин, включаючи механізовану технологію і будівельні машини, як засоби її забезпечення. Для ефективного вирішення будівельних завдань кожний учасник будівельного процесу повинен бути фахівцем у своїй вузькій галузі, а також бути здатним оцінювати вплив на неї суміжних частин указанного комплексу. Наприклад, фахівець-будівельник повинен орієнтуватися в технологічних можливостях різних моделей будівельних машин певного призначення для оптимального комплектування ними (за номенклатурою і чисельним складом) технологічних процесів у заданих виробничих умовах.

Концепція сучасного будівництва передбачає виконання великого переліку операцій як обов'язкових складових технологічного процесу. Сюди входять очищення територій від рослинності і ґрунтового шару, розроблення, переміщення й укладання великих об'ємів нескельного і скельного ґрунту, видобуток, перероблення, сортування, перевезення й укладання будівельних матеріалів природного походження, а також виготовлення штучних будівельних матеріалів. Будь-яка з перерахованих операцій через грандіозний обсяг робіт не може бути виконана в короткі терміни без залучення відповідних машин і механізмів.

У теперішній час у будівництві застосовується великий парк будівельних машин і обладнання, який дає змогу комплексно механізувати основні роботи на всіх стадіях будівельного виробництва. Машини мають забезпечити досить непросте поєднання параметрів: високу якість робіт при оптимальному темпі їх виробництва, скорочення трудових енергетичних і матеріальних витрат при забезпеченні максимальної надійності експлуатації будівель та споруд і досягнення сучасного рівня екології будівельних робіт.

Таким чином, існування і вдосконалення розвинутого багатофункціонального парку підйомно-транспортних, будівельних і дорожніх машин, кожна з яких посідає визначене місце в складному технологічному ланцюжку, є об'єктивно

необхідним. Усі разом ці машини входять в організаційно-технічну систему, що забезпечує розвиток, благоустрій та експлуатацію транспортних, енергетичних і комунікаційних мереж, без яких неможливе нормальне функціонування суспільства.

Цей навчальний посібник призначений для ознайомлення студентів немеханічних спеціальностей з різновидами, особливостями конструкцій і технологічними процесами роботи деяких типів будівельної техніки. Також у посібнику наведені важливі формули, за якими можна визначити головні техніко-економічні показники роботи розглянутих машин.

# 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДІВЕЛЬНУ ТЕХНІКУ

Сучасне будівництво – одна з найбільш механізованих сфер людської діяльності. Будівельні машини беруть участь у всіх етапах будівельного виробництва:

- у кар'єрному видобутку будівельних матеріалів (піску, гравію, глини, крейди тощо);
- у виготовленні залізобетонних, металевих, дерев'яних та інших будівельних елементів заводським способом;
- при навантажуванні, розвантаженні і транспортуванні матеріалів і будівельних конструкцій;
- у технологічних процесах зведення будівель і споруд, будівництві доріг, підземних комунікацій, об'єктів гідротехнічного, енергетичного та інших видів будівництва – від робіт освоєння будівельних майданчиків і нульового циклу до завершальних стадій обробних та інших робіт.

Будівельні машини є також засобами механізації ремонтних і відновних робіт.

## 1.1. Основні поняття та визначення

Будівельною машиною називають пристрій, який за допомогою механічних рухів перетворює розміри, форму, властивості або положення в просторі будівельних матеріалів, виробів і конструкцій [1]. Наприклад:

- верстат для нарізки арматурних стрижнів у виробництві залізобетонних виробів перетворює початкові сталеві прутки в арматурні стрижні певної довжини без зміни інших їх розмірів;
- формувальна машина в тому ж виробництві укладає бетонну суміш в опалубку, надаючи майбутньому бетонному або залізобетонному виробу певної форми;
- поверхневі або глибинні вібратори ущільнюють укладену в інженерну споруду бетонну суміш, перетворюючи її густину;
- баштовий кран переміщає будівельний виріб або вантаж з одного просторового положення в інше.

Машини, що змінюють тільки положення будівельних матеріалів у просторі, належать до транспортних (в інженерній практиці до них відносять автомобілі, трактори, тягачі тощо). Уся



решта машин належить до технологічних. Основою робочих процесів більшості технологічних машин є транспортні операції або їх окремі частини – робочі рухи.

Стан функціонування машини, у процесі якого вона виробляє продукцію, називають виробничою експлуатацією. Вона включає вибір типів машин, їх розстановку, визначення технологічних схем комплексної механізації і їх реалізацію. Під технічною експлуатацією розуміють заходи, що забезпечують підтримку якості машин при їх експлуатації (монтаж і демонтаж машин, транспортування, зберігання і консервація, технічне обслуговування і ремонт, постачання експлуатаційними матеріалами і запчастинами і т.п.).

## **1.2. Класифікація будівельних машин**

Будівельні машини, як і машини, що застосовуються в інших галузях промисловості, класифікуються за певними ознаками. Класифікація машин дає змогу упорядкувати дані, що стосуються умов застосування машин, виробничих нормативів, забезпечення їх експлуатаційними матеріалами і запасними частинами, організації і проведення технічних обслуговувань і ремонтів тощо.

Класифікація будівельних машин – це система, основана на розподілі машин за сукупністю ознак їх схожості і відмінності, а також взаємозв'язків [1]. Головною із класифікаційних ознак слід вважати вид виконуваних робіт (класифікація за призначенням), згідно з якою всі будівельні машини можна розділити на групи [1, 2]:

- транспортні – призначені для переміщення різноманітних вантажів у будівництві;
- вантажопідйомні – призначені для підйому та переміщення вантажів на невеликі відстані;
- транспортувальні – призначені для переміщення масових вантажів неперервним потоком;
- вантажно-розвантажувальні – застосовують для навантаження штучних і насипних вантажів, розвантаження їх з транспортних засобів, а також для переміщення і складування в межах будівельного майданчика;

- для земляних робіт – використовують при розпушуванні щільних, скельних і мерзлих ґрунтів, плануванні будівельних майданчиків, розробленні котлованів під фундаменти будівель та споруд, ритті траншей відкритим способом, будівництві підземних споруд, копанні ям і приямків, зворотній засипці котлованів і траншей після зведення фундаментів і укладання комунікацій, ущільненні ґрунтів тощо;

- для пальових робіт – призначені для занурення залізобетонних та металевих паль, труб, колодязів у ґрунти шляхом ударної та вібраційної дії на них;

- дорожні – призначені для будівництва та утримання доріг різноманітного призначення, а також машини для приготування матеріалів для будівництва доріг;

- для бетонних та залізобетонних робіт – застосовуються для виготовлення, транспортування, укладання, ущільнення бетонних та розчинних сумішей, виробництва та установлення деталей армування і зведення монолітних залізобетонних конструкцій;

- дробильно-сортувальні – призначені для дроблення гірських порід з метою одержання нерудних будівельних матеріалів, що застосовуються для приготування бетону, асфальтобетону, а також баластних шарів і сортування роздроблених гірських порід (гравію, щебеню тощо) на класи за крупністю;

- для оздоблювальних робіт – це засоби механізації штукатурних, малярних, покрівельних робіт, улаштування та обробки підлоги тощо;

- механізований інструмент – призначений для механізації виконання окремих операцій при проведенні будівельних робіт – свердління, шліфування, полірування, закручування нарізних з'єднань, обробка металу та дерева тощо.

Будівельні машини класифікують також за режимом робочого процесу, за родом енергії, що використовується, а також за здатністю пересуватися і типом ходових пристроїв.

За режимом робочого процесу розрізняють машини [2, 3]:

- циклічної дії – послідовно виконувани технологічні операції утворюють у сукупності робочий цикл машини, після закінчення якого видається одна порція продукції. Наприклад, одноківшевий екскаватор відокремлює ґрунт від масиву,

завантажуючи його в ківш (операція копання ґрунту), переносить ґрунт у ківші до місця вивантаження (транспортна операція), вивантажує у відвал або транспортний засіб (операція вивантаження) і повертає робоче обладнання на позицію початку наступного робочого циклу (заклучна операція робочого циклу). За кожний робочий цикл екскаватор видає порцію продукції в об'ємі місткості ковша;

- безперервної дії – операції машин суміщені в часі, а в межах кожної операції будівельний матеріал перебуває на різних етапах перетворення. Машини видають продукцію безперервно. Наприклад, у процесі обертання ротора роторного екскаватора і його поступального руху разом з тягачем ківші по черзі заповнюються відокремлюваним від масиву ґрунтом, виносять його над рівнем траншеї і розвантажують на стрічковий конвеєр, установлений упоперек ротора, яким ґрунт безперервно відкидається вбік від траншеї. У процесі виконання технологічних операцій копання і переміщення ґрунту до місця вивантаження в кожний момент часу ківші займають різні положення в просторі, а матеріал – завантажений у ківші ґрунт – перебуває на різних етапах його переміщення (перетворення).

Машини безперервної дії мають більш високу продуктивність у порівнянні з циклічними машинами, обумовлену поєднанням технологічних операцій у часі, але є зазвичай вузькоспеціалізованими, тоді як машини циклічної дії є більш універсальними.

Деякі машини, залежно від виду виконуваних робіт, можуть працювати як у циклічному, так і в безперервному режимах.

За родом енергії, що використовується, розрізняють будівельні машини [1, 3]:

- що працюють від власного двигуна внутрішнього згорання (дизельного або бензинового) – ці машини відзначаються автономністю, що зумовило їх переважне використання при частих міжоб'єктних переміщеннях;

- що працюють від зовнішніх джерел живлення (електричних, пневматичних, рідше гідравлічних) – відзначаються високою готовністю до роботи, але з обмеженим радіусом зони застосування, використовуються в межах об'єктів з великими обсягами робіт, розрахованими на довгий час.

За здатністю пересуватися розрізняють машини [1]:

- стаціонарні – працюють на одному постійному місці;
- пересувні – обладнані ходовим пристроєм і можуть переміщатися в процесі виконання своїх функцій.

За типом ходових пристроїв розрізняють пересувні машини [3]:

- гусеничні – мають високу прохідність, завдяки чому їх використовують переважно на об'єктах нульового циклу і в умовах низької несучої здатності ґрунту як поверхні пересування;
- пневмоколісні – мають порівняно високі швидкості пересування, що дає змогу застосовувати їх на об'єктах з розосередженими обсягами робіт при частих і тривалих міжоб'єктних пересуваннях;
- рейкоколісні – працюють тривалий час на об'єктах з дуже обмеженою робочою зоною, що пов'язано з високими витратами на улаштування рейкової колії;
- спеціальні машини – крокуючі пристрої, всюдихідні пристрої для пересування по снігу, болотах тощо.

### **1.3. Параметри машин**

Параметром машини називають кількісну, рідше, якісну характеристику якої-небудь істотної її ознаки [1]. Розрізняють головні, основні і допоміжні параметри.

Головними називають такі параметри, які найбільшою мірою визначають технологічні можливості машини. Для більшості машин до таких параметрів відносять: масу машини, потужність силової установки або сумарну потужність основних двигунів в електроприводі, продуктивність тощо.

До основних параметрів, що включають також головні, відносять такі, які необхідні для вибору машин у певних умовах їх експлуатації. Крім перерахованих, до цих параметрів належать характеристики прохідності (питомий тиск на ґрунт у робочих і транспортних режимах тощо), маневреність машини (радіуси розворотів) та інші ходові властивості (швидкість пересування, граничні кути підйому тощо), зусилля на робочих органах, розміри робочої зони, габаритні розміри машини тощо.

До допоміжних параметрів відносять решту параметрів, що характеризують, наприклад, умови технічного обслуговування, ремонту і перебазування.

### **Контрольні питання**

1. Що називається будівельною машиною?
2. У чому полягає різниця і взаємозв'язок між транспортними і технологічними будівельними машинами?
3. Що таке виробнича і технічна експлуатація будівельних машин?
4. У чому полягає сенс класифікації машин узагалі і будівельних зокрема?
5. На які групи класифікуються будівельні машини за видами виконуваних робіт?
6. Як класифікуються будівельні машини за режимом робочого процесу?
7. У чому полягають переваги машин неперервної і циклічної дії?
8. На які групи поділяються будівельні машини за родом використовуваної енергії?
9. Як класифікуються будівельні машини за здатністю пересуватися і за типом ходових пристроїв?
10. Що таке параметри машин і які види параметрів існують?
11. Які параметри будівельних машин належать до головних?
12. Які параметри машин належать до основних?

## 2. ТРАНСПОРТУВАЛЬНІ МАШИНИ

За принципом дії підйомно-транспортні машини поділяють на дві самостійні конструктивні групи: машини періодичної й безперервної дії. До першої належать вантажопідйомні крани всіх типів, ліфти, засоби підлогового транспорту (візки, навантажувачі, тягачі), підвісні рейкові й канатні дороги (періодичної дії), скрепери й інші подібні машини, а до другої (їх також називають машинами безперервного транспорту й транспортувальними машинами) – конвеєри різних типів, пристрої пневматичного й гідравлічного транспорту та їм подібні транспортувальні машини.

### 2.1. Загальні відомості про транспортувальні машини

Машини безперервної дії характеризуються безперервним переміщенням насипних або штучних вантажів по заданій трасі без зупинок для завантаження чи розвантаження. Переміщуваний насипний вантаж розташовується суцільним шаром на несучому елементі машини – стрічці або полотні або окремими порціями у ковшах, коробах та інших ємностях, які безупинно рухаються та розташовані на невеликій відстані один від одного. Штучні вантажі переміщаються також безперервним потоком у заданій послідовності один за одним. При цьому робочий (з вантажем) і зворотний (без вантажу) рух вантажонесучого елемента машини відбуваються одночасно. Завдяки безперервності переміщення вантажу, відсутності зупинок для завантаження й розвантаження та поєднанням робочого й зворотного рухів вантажонесучого елемента машини безперервної дії мають високу продуктивність. Наприклад, сучасний стрічковий конвеєр на відкритих розробках вугілля може транспортувати до 30000 т/год розкривної породи, забезпечуючи завантаження десяти залізничних вагонів за 1 хв [4].

Основне призначення машин безперервної дії – переміщення вантажів по заданій трасі. Одночасно із транспортуванням вантажів вони можуть розподіляти їх по заданих пунктах, складувати, накопичуючи в обумовлених місцях, переміщати згідно з технологічними операціями і забезпечувати необхідний ритм виробничого процесу.

Окрему групу транспортувальних машин і установок складають допоміжні пристрої, що працюють разом з ними: живильники, ваги, навантажувальні машини, бункери, затвори, дозатори, жолоби й т.п.

Класифікація транспортувальних машин і допоміжних пристроїв зображена на рис. 2.1 [4].

За способом передачі переміщуваному вантажу рушійної сили розрізняють транспортувальні машини, що діють за допомогою механічного привода (електричного, гідравлічного, пневматичного), самопливні (гравітаційні) пристрої, у яких вантаж переміщається під дією власної сили ваги, пристрої пневматичного й гідравлічного транспорту, у яких рушійною силою є відповідно потік повітря або струмінь води. Особливою групою є машини для транспортування розпеченого рідкого металу під дією електродинамічних сил електромагнітного поля, що біжить (індукційні насоси), а також конвеєри для переміщення насипних феромагнітних вантажів у магнітному полі, що біжить.

За характером прикладання рушійної сили й конструкції транспортувальні машини поділяють на машини з тяговим елементом (стрічкою, ланцюгом, канатом, штангою) для передачі рушійної сили й без нього. Тяговий елемент мають стрічкові, пластинчасті, скребкові, ківшеві, колискові, візкові вантажоведучі, підвісні, штангові й крокуючі конвеєри, ескалатори й елеватори. Їхньою характерною рисою є рух вантажу разом з тяговим елементом. До машин без тягового елемента належать гвинтові, хитні (вібраційні) і роликові конвеєри й обертові транспортні труби. Їхньою характерною рисою є поступальний рух вантажу, що транспортується, при обертальному або коливальному русі робочих елементів машини.

За родом переміщуваних вантажів розрізняють машини для насипних і для штучних вантажів, однак більшість машин безпосередньо або при деякій зміні конструкції можуть транспортувати ті й інші вантажі.

За напрямком і трасою переміщення вантажів транспортувальні машини поділяють на три групи. Машини першої групи – вертикально замкнуті. Вони розташовуються в одній вертикальній площині й переміщують вантажі по трасі, що

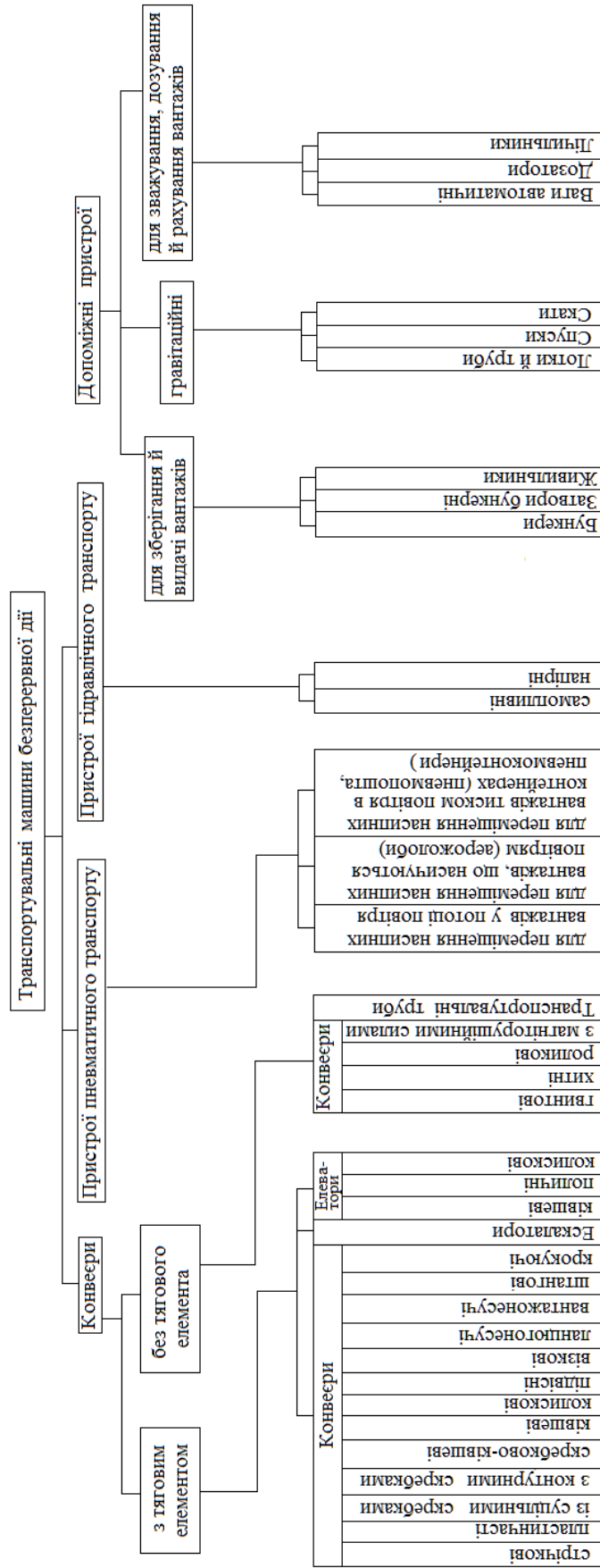


Рис. 2.1. Класифікація транспортувальних машин і допоміжних пристроїв



складається з одного прямолінійного відрізка (горизонтального, похилого або вертикального) або з поєднанням декількох окремих прямолінійних відрізків (горизонтального й похилого, горизонтального й вертикального тощо). Машини другої групи – горизонтально замкнуті. Вони розташовуються в одній горизонтальній площині на одному горизонтальному рівні по замкнутій трасі різноманітного обрису. Машини третьої групи – просторові. Вони розташовуються в просторі й переміщують вантажі по складній просторовій трасі з горизонтальними, похилими й вертикальними ділянками.

За характером руху вантажонесучого елемента машини розрізняють конвеєри з безперервним і періодичним (пульсуючим) рухами. Залежно від типу й конструкції конвеєра його вантажонесучий елемент може мати поступальний, зворотно-поступальний, обертальний і коливальний рухи.

У транспортувальних машинах використовуються такі способи переміщення вантажів:

а) переміщення на несучому елементі, що безупинно рухається, у вигляді суцільної стрічки або настилу (у стрічкових, пластинчастих і ланцюгонесучих конвеєрах);

б) переміщення в робочих елементах, що безупинно рухаються, у вигляді ковшів, коробів, підвісок, візків тощо (у ківшевих, підвісних, візкових і коліскових конвеєрах, ескаляторах і елеваторах);

в) волочіння по нерухомому жалобу або трубі безупинно скребками, що рухаються (у скребкових конвеєрах);

г) волочіння (проштовхування) по нерухомому жолобу обертливими гвинтовими лопатями (у гвинтових конвеєрах);

д) пересипання й поздовжнє переміщення в обертливій трубі - гладкій або із гвинтовими лопатями (у транспортних трубах);

е) ковзання під дією сил інерції або переміщення мікрокидками по хитному жолобу або трубі (у хитних інерційних і вібраційних конвеєрах);

є) переміщення на колесах або на візках по коліях, що покладені на підлогу приміщення поза конструкцією конвеєра (у вантажоведучих конвеєрах);

ж) поступальний перенос на окремі строго фіксовані ділянки по довжині (у крокуючих конвеєрах);

з) переміщення в закритій трубі безперервним потоком у зваженому стані в струмені повітря, що рухається, або окремими порціями під дією струменя повітря (в установках пневматичного транспорту, пневмопошти, пневмоконтейнерах);

и) переміщення в ринві або трубі під дією струменя води (в установках гідравлічного транспорту);

і) переміщення феромагнітних вантажів у трубі або жолобі під дією магнітного поля, що біжить (у соленоїдних конвеєрах).

За призначенням і положенням на виробничому майданчику розрізняють конвеєри стаціонарні, рухомі – розподільні із власним поперемінно зворотним точно фіксованим рухом машини, переставні (переставляються по мірі виробітку в шахті або кар'єрі), переносні й пересувні. Переносні й пересувні належать до навантажувальних машин.

## **2.2. Конвеєри**

### **2.2.1. Стрічковий конвеєр**

Стрічкові конвеєри призначені для переміщення безперервним потоком у горизонтальному або похилому (під кутом до  $20^\circ$ ) напрямках насипних (піску, землі, цементу), дрібнокускових (щебеню, гравію й ін.) і дрібноштучних (цегли, блоків, плитки й ін.) матеріалів, а також розчинів, бетонної суміші при температурі навколишнього повітря від  $-40$  до  $+40$  °С і температурі матеріалів, що транспортуються, не вище ніж  $+60$  °С. Також застосовуються для міжопераційного транспортування виробів при потоковому виробництві; одержали значне поширення у всіх галузях промисловості і є основними агрегатами механізації транспорту в ливарних цехах (подача й розподіл землі й збирання відходів), для подачі палива на електростанціях, підземного й наземного транспортування вугілля й породи у вуглевидобувній промисловості, руди, коксу й флюсів у металургії, будівельних матеріалів і корисних копалин у кар'єрах, зерна в зерноховищах, піску й каменю на будівництві каналів і гідроелектростанцій та ін. Стрічкові конвеєри служать

складовими частинами таких машин, як роторні екскаватори, перевантажувальні й відвальні мости й т.п. Велике поширення стрічкові конвеєри одержали завдяки можливості отримання високої продуктивності (до 30000 т/год), великій довжині транспортування (до 3...4 км в одному конвеєрі й до 100 км у системі з декількох конвеєрів), простоті конструкції.

Тяговим і вантажонесучим органом стрічкових конвеєрів служить прогумована гладка нескінченна стрічка, що обгинає два кінцевих барабани – приводний і натяжний. Розрахункову довжину конвеєрів вимірюють за центрами кінцевих барабанів.

Основою стрічки служить бавовняна або капронова тканина, що утворює прокладки стрічки, які зв'язані між собою й покриті зовні вулканізованою гумою. Кінці стрічки при її монтажі склеюють із подальшою вулканізацією місця стику. Стрічка приводиться в рух силою тертя, що виникає між нею й поверхнею приводного барабана. Необхідний тиск стрічки на барабан забезпечується її натягом при переміщенні неприводного (натяжного) барабана гвинтовим (або іншим за принципом дії) натяжним пристроєм. Робоча (навантажена) гілка стрічки конвеєра підтримується за допомогою опор (одно-, дво- або трироликів), крайні ролики яких установлені під кутом  $\alpha$  = від 20 до 30° і надають стрічці жолобчастої форми. Така форма забезпечує можливість транспортування насипних вантажів, запобігаючи їх просипанню, і сприяє підвищенню продуктивності конвеєра. Холосту гілку стрічки підтримують прямі однороликові або дворолікові опори, ролики яких установлені під кутом  $\alpha_{жк} = 10^\circ$  (рис. 2.2 [4]).

Стрічковий конвеєр (рис. 2.3 [4]) має станину 6, на кінцях якої встановлені два барабани: передній 7 – приводний і задній 1 – натяжний. Вертикально замкнута стрічка 5 обгинає ці кінцеві барабани й по всій довжині підтримується опорними роликами – роликоопорами, – верхніми 4 і нижніми 10, закріпленими на станині 6. Іноді замість роликів застосовують настил. Приводний барабан 7 одержує обертання від привода 11 і надає руху стрічці вздовж траси конвеєра.

Стрічка завантажується через одну або кілька завантажувальних лійок 2, розміщених на конвеєрі. Вантаж, що транспортується, переміщується на верхній (вантажонесучій,

робочій) гілці стрічки, а нижня гілка є зворотною. Можливе також транспортування вантажів одночасно на верхній і нижній гілках стрічки в різних напрямках.

Вантаж вивантажується на передньому барабані 7 через розвантажувальну вирву 8 або в проміжних пунктах конвеєра за допомогою розвантажувальних пристроїв: плужкових 3 або барабанних розвантажувачів. Зовнішня поверхня стрічки очищується від прилиплих до неї часток вантажу очисним пристроєм 9, установленим біля переднього барабана 7.

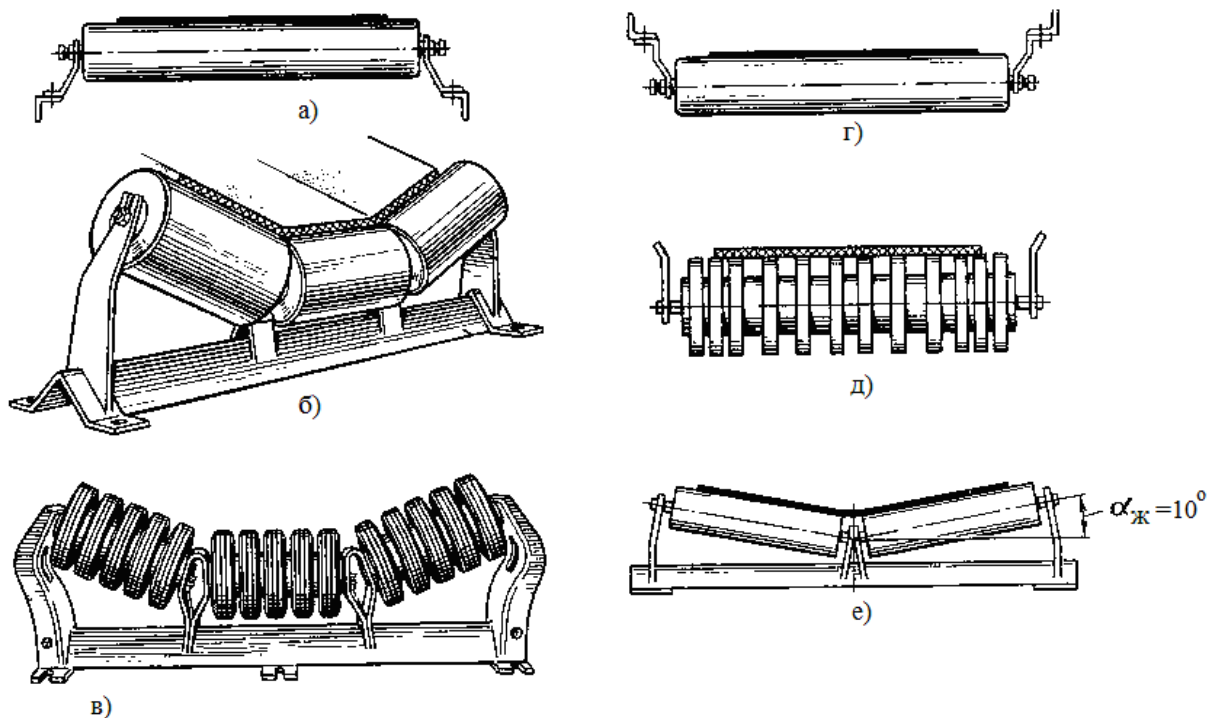


Рис. 2.2. Роликоопори:

а, б, в – для верхньої гілки відповідно пряма, жолобчаста, амортизуюча; г, д, е – для нижньої гілки відповідно пряма, дискова очисна, жолобчаста

За розташуванням на місцевості стрічкові конвеєри поділяють на стаціонарні й рухомі, пересувні й переносні, переставні (для кар'єрів відкритих розробок) і надводні, що плавають на понтонах.

Стаціонарні стрічкові конвеєри застосовують на об'єктах з великими обсягами робіт. Такі конвеєри складаються з тих же вузлів, що й пересувні машини (за винятком механізмів пересування й зміни висоти розвантаження), повністю

уніфіковані й відрізняються один від одного довжиною й потужністю привода. Рами стаціонарних конвеєрів складають із типових взаємозамінних секцій – ланок довжиною 2,5 м.

Пересувні стрічкові конвеєри мають пневмоколісні шасі й застосовуються на розосереджених об'єктах з малими обсягами робіт.

За конструкцією й призначенням розрізняють стрічкові конвеєри загального призначення (ГОСТ 22644-77, ТУ 24.09.459-82, ТУ 24.09.634-85) і спеціальні: підземні, для харчової, борошномельно-круп'яної й комбікормової промисловості й потокового виробництва в приладобудівній, радіотехнічній і легкій промисловості.

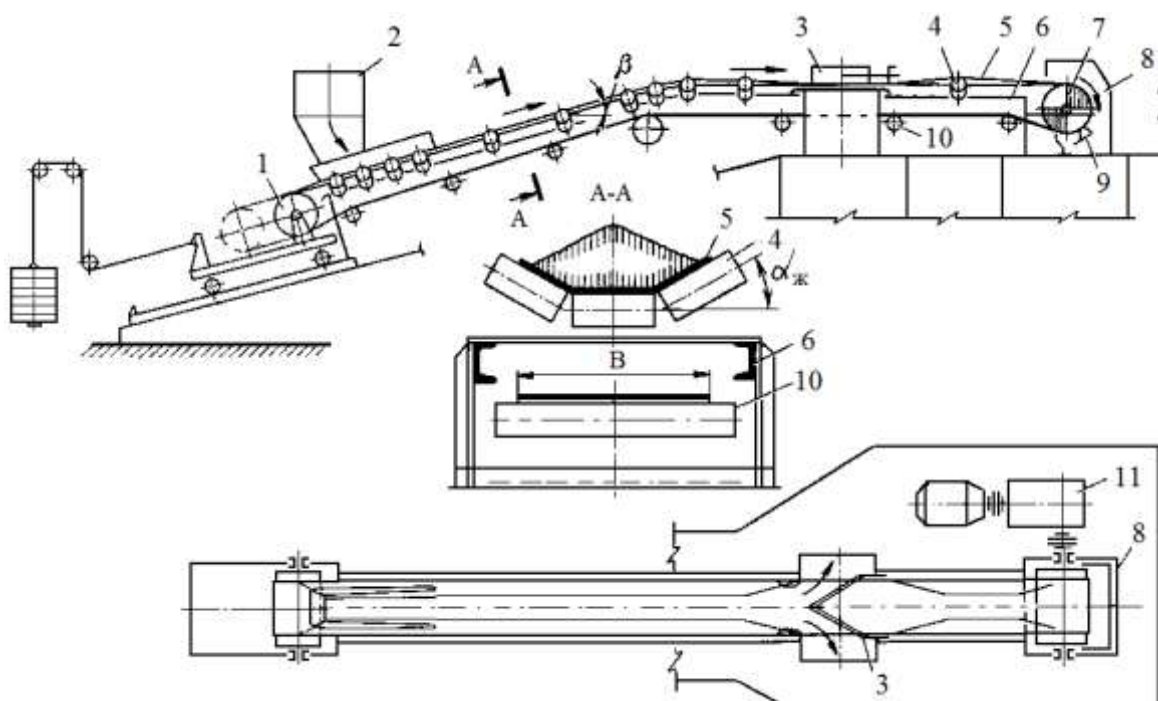


Рис. 2.3. Схема стрічкового конвеєра

За типом стрічки конвеєри бувають з прогумованою, сталевую ціліснопрокатною і дровою стрічками. Найбільше поширення одержали конвеєри із прогумованою стрічкою. За конструкцією прогумованої стрічки, опорних ходових пристроїв і передачі тягового зусилля розрізняють стрічкові конвеєри, у яких стрічка є вантажонесучим і тяговим елементом (основний тип), стрічково-канатні й стрічково-ланцюгові, у яких стрічка служить тільки вантажонесучим елементом, а тяговим елементом є два канати або один ланцюг.

За профілем траси стрічкові конвеєри поділяються на горизонтальні, похилі і комбіновані: похило-горизонтальні і горизонтально-похилі з одним або декількома перегинами зі складною трасою.

У стрічковому конвеєрі рушійна сила передається на стрічку тертям при обгинанні нею приводного барабана (при барабанному приводі) або при контакті приводної стрічки з вантажонесучою (при прямолінійному проміжному приводі багатопроводного конвеєра).

Барабанний привод складається з барабана, передавальних механізмів (муфт і редукторів) і двигуна. У приводах похилих конвеєрів установлюють також стопорний пристрій (зупинник) і гальмо, що перешкоджають у випадку вимкнення двигуна мимовільному руху стрічки.

Розрізняють (рис. 2.4) однобарабанні приводи з одним або двома двигунами; двобарабанні з близько розташованими один біля одного приводними барабанами і з роздільним розташуванням приводних барабанів на передньому й задньому кінцях; конвеєри трибарабанні із близько розташованими один біля одного барабанами або з роздільним розташуванням двох приводних барабанів на передньому (головному) і одного – на задньому кінцях конвеєра. Трибарабанні приводи через складність і недостатню надійність застосовують дуже рідко.

Потужність  $N$ , кВт, приводного двигуна з урахуванням коефіцієнта запасу

$$N = \frac{K_3 \cdot W \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

де  $v$  – швидкість руху стрічки конвеєра, м/с;

$K_3$  - коефіцієнт зчеплення стрічки з барабаном,  $K_3 = 1,1 \dots 1,2$  [4];

$W$  – тягове зусилля, що дорівнює загальному опору руху стрічки, який обумовлений тяговим розрахунком конвеєра, Н;

$\eta$  – загальний ККД механізмів привода (звичайно  $\eta = 0,8 \dots 0,9$  [5]).

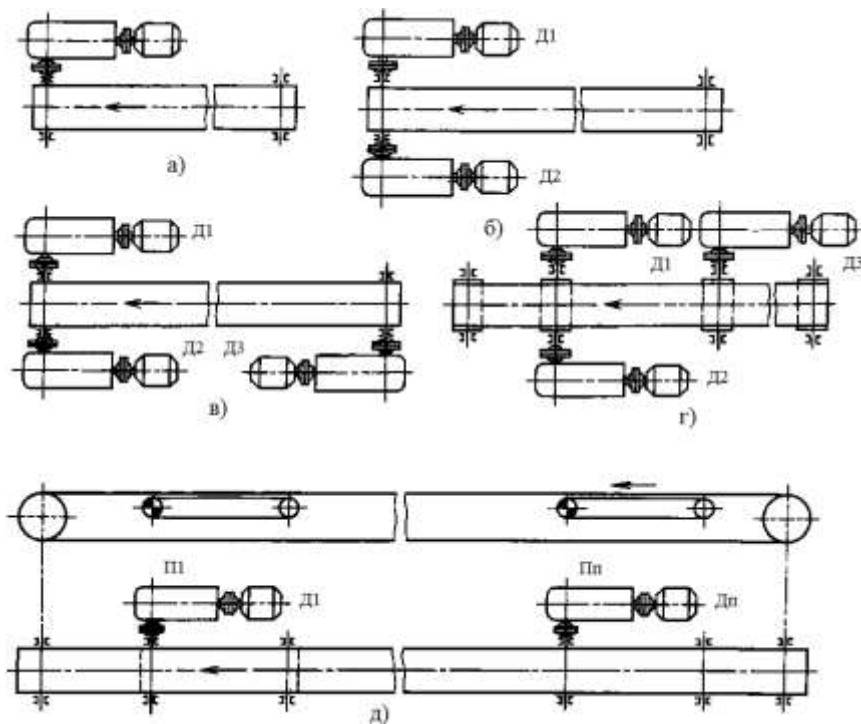


Рис. 2.4. Схеми розташування приводів:

а – з одним двигуном; б – з двома двигунами; в, г – з трьома двигунами; д – багатопровідний з прямолінійними проміжними приводами; П – привод, Д – двигун

Загальна потрібна потужність двигунів  $N$ , кВт, двобарабанного привода визначається за формулою (2.1) і розподіляється між барабанами у відповідності до прийнятого коефіцієнта відповідності потужностей

$$N = N_1 + N_2,$$

$$N_1 = N \frac{K_\phi}{K_\phi + 1} \approx N_{1д},$$

$$N_2 = N / (K_\phi + 1) \approx N_{2д},$$

де  $K_\phi = N_{1д} / N_{2д}$  – коефіцієнт співвідношення потужностей прийнятих електродвигунів на першому і другому барабанах, зазвичай приймають  $K_\phi = 1, 1, \dots, 1, 3$ ;

$N_{1д}$ ,  $N_{2д}$  – прийняті за каталогом потужності електродвигунів, кВт.

Конструкція завантажувальних пристроїв залежить від характеристики вантажу, що транспортується, і способу його подачі на конвеєр. Штучні вантажі подаються на конвеєр за допомогою різних напрямних спусків або укладаються безпосередньо на нього. Насипні вантажі подаються на конвеєр за допомогою завантажувальної лійки 2 і напрямного лотка 3 (рис. 2.5) [5].

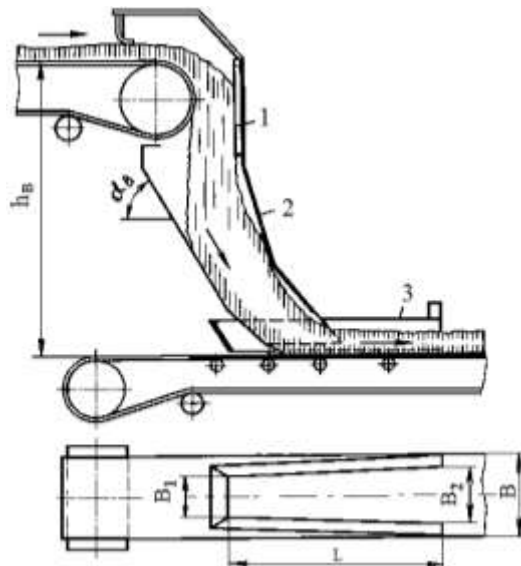


Рис. 2.5. Схема конструкції завантажувального пристрою:  
 1 – насипний вантаж; 2 – завантажувальна лійка;  
 3 – напрямний лотік

Лійка й лотік формують потік вантажу й направляють його в середину стрічки. Для забезпечення тривалого терміну служби стрічки й роликкоопор висота падіння вантажу з лійки на стрічку повинна бути мінімально можливою, а швидкість і напрямок подачі вантажу повинні бути близькі до швидкості й напрямку руху завантаженої стрічки. Ця умова найбільш точно виконується при параболічному обрисі напрямної стінки лійки, що сприймає удари падаючого вантажу. Кути нахилу стінок лійки  $\alpha_v$  повинні бути на  $10...15^\circ$  більше від кутів тертя вантажу об стінки. На кінцях бічних і задніх стінок напрямного лотка встановлюють ущільнювальні смуги з м'якої зносостійкої гуми.

Розвантаження конвеєра відбувається з кінцевого барабана або на трасі конвеєра за допомогою плужкового (рис. 2.6) або барабанного розвантажувачів; останні застосовують тільки для насипних вантажів.



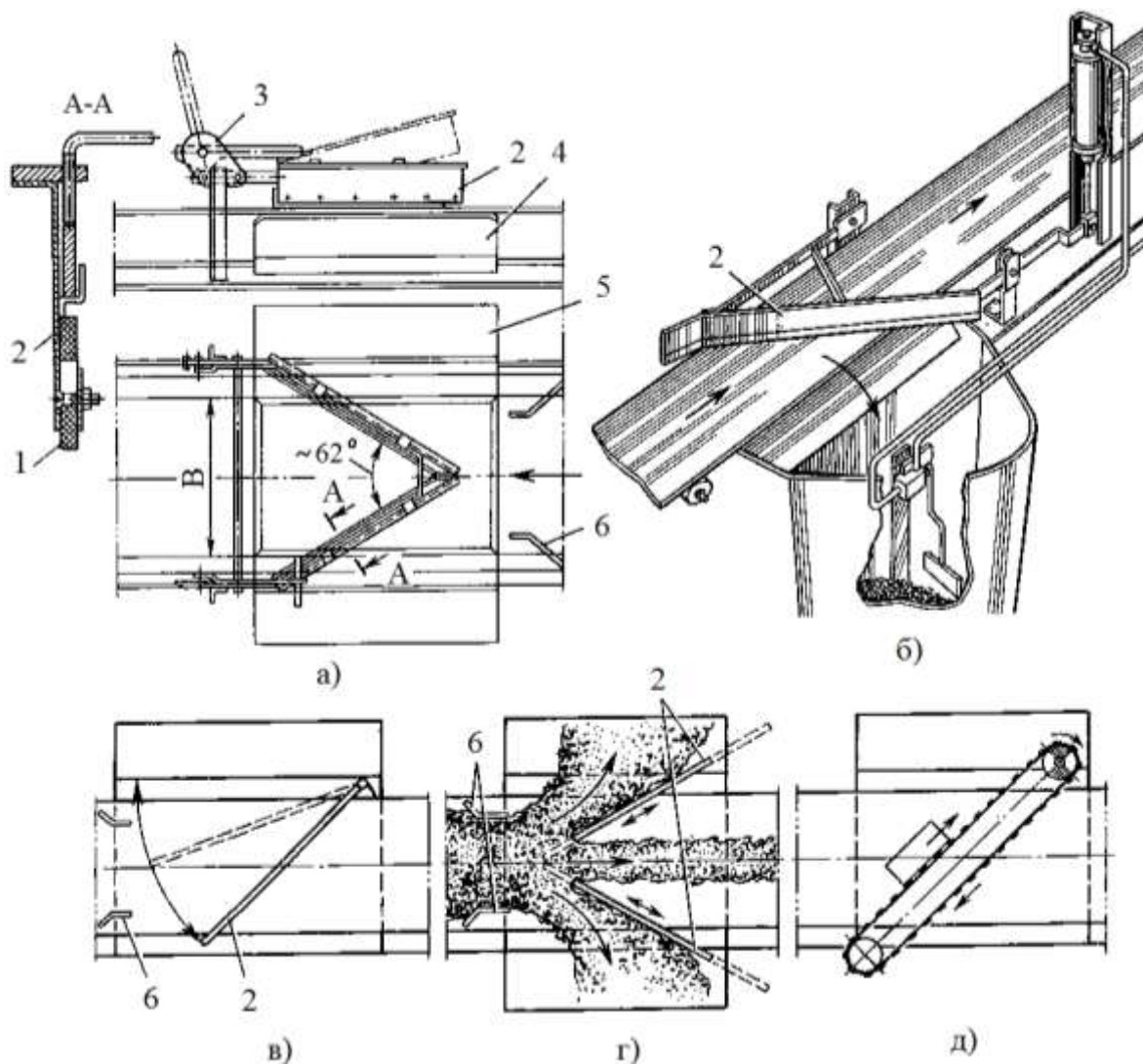


Рис. 2.6. Схеми плужкових стаціонарних розвантажувачів: а, б – з повним розвантаженням стрічки відповідно двобічний та однобічний; в, г, д – з частковим розвантаженням стрічки відповідно поворотний, розсувний і з рухомою стрічкою

Плужковий розвантажувач складається з розвантажувального (скидального) 2 і зачисного 1 щитів, установлених паралельно один одному під кутом  $30...45^\circ$  до поздовжньої осі стрічки опорного стола 4, приймальної лійки 5 і підйомного механізму 3; для напрямку потоку вантажу служать стаціонарні бортові підгрібачі 6.

Принцип роботи плужкового розвантажувача: у робочому положенні він опирається на стрічку й зсуває вантаж у розвантажувальну лійку; у неробочому положенні він піднятий і вільно пропускає під собою стрічку з вантажем. За напрямком

розвантаження стрічки розрізняють двобічні й однобічні розвантажувачі. Перші – кращі, тому що в них сили бічного зрушення стрічки врівноважені. За інтенсивністю розвантаження розрізняють розвантажувачі з повним і частковим розвантаженням стрічки. Останні бувають однобічні з поворотним щитом і двобічні з розсувними щитами (рис. 2.6).

Плужкові розвантажувачі з повним розвантаженням стрічки забезпечують подачу вантажу тільки в одне місце розвантаження; розвантажувачі з частковим розвантаженням подають вантаж одночасно в кілька місць розвантаження.

У стрічкових конвеєрах використовують гвинтові, гідравлічні (рідко), вантажні, вантажолебідкові й вантажопружинні натяжні пристрої (рис. 2.7).

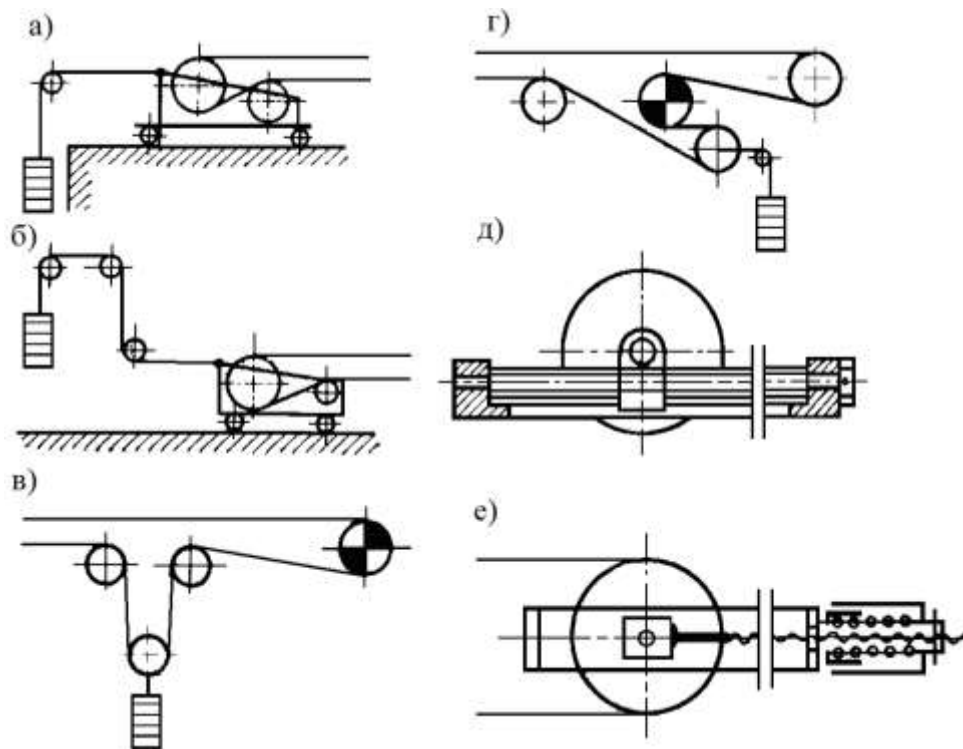


Рис. 2.7. Схеми натяжних пристроїв:  
 а, б – хвостовий вантажний; в, г – проміжний вантажний;  
 д – гвинтовий; е – пружинно-гвинтовий

Гвинтові натяжні пристрої застосовують на горизонтальних і похилих конвеєрах довжиною приблизно до 60 м. Вантажні натяжні пристрої поділяють на візкові і рамні з безпосереднім впливом вантажу на натяжний візок або через поліспасть. Їх

застосовують на конвеєрах довжиною 60...500 м. Рамний натяжний пристрій встановлюють на зворотній гілці стрічки в середній частині конвеєра або безпосередньо після приводного барабана, коли під конвеєром є відповідне місце по висоті для розміщення пристрою.

У простому, некерованому вантажолебідковому (рис. 2.8, а) [4] натяжному пристрої постійний натяг стрічки здійснюється масою вантажу, що впливає на натяжний візок через канатний поліспаст, а переміщення вантажу з його крайніх положень здійснюється автоматично лебідкою, що управляється колійними вимикачами.

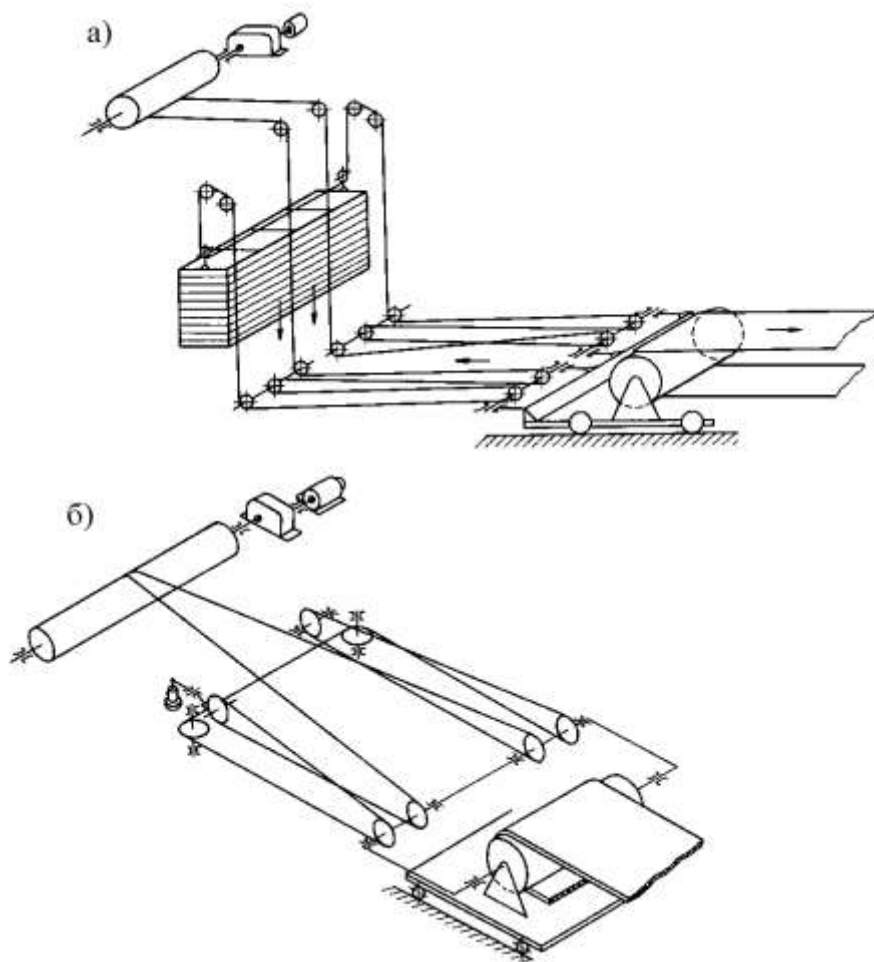


Рис. 2.8. Схеми візкових натяжних пристроїв:  
а – вантажолебідковий; б – лебідковий

Коли вантаж опускається до нижнього граничного положення через витяжку стрічки, колійний вимикач дає команду на вмикання електродвигуна лебідки для підйому вантажу. При досягненні верхнього положення вантажу лебідка вмикається у зворотному напрямку, і вантаж опускається в робоче положення. Лебідку також використовують при проведенні ремонтних та монтажних робіт і при стикуванні стрічки. Натяжний пристрій має аварійний колійний вимикач, що зупиняє привод конвеєра при обриві стрічки або троса.

Вантажолебідкові й лебідкові натяжні пристрої встановлюють на потужних стрічкових конвеєрах великої довжини (500 м і більше) і при складній трасі. Натяжні зусилля досягають декількох сотень кілоньютонів, тягові зусилля – від 100 до 150 кН.

При розрахунку продуктивності машин безперервної дії розглядають три випадки транспортування: 1) переміщення насипних вантажів безперервним потоком; 2) переміщення насипних вантажів окремими порціями; 3) переміщення штучних вантажів. У всіх випадках основними параметрами, що визначають продуктивність, є середня кількість вантажу на одиниці довжини вантажонесучого елемента конвеєра й робоча швидкість переміщення.

Якщо насипний вантаж переміщається безперервним потоком і вантажонесучий елемент конвеєра має форму жолоба (труби) перерізом  $F_0$ ,  $m^2$ , з коефіцієнтом наповнення  $\psi$ , то переріз вантажу в жолобі  $F = F_0 \psi$ ,  $m^2$ .

Продуктивність стрічкового конвеєра  $Q$ , т/год,

$$Q = 3600 F_0 \cdot v \cdot \rho \cdot \psi, \quad (2.2)$$

де  $\rho$  – щільність насипного вантажу,  $t/m^3$ ;  
 $v$  – швидкість переміщення вантажу,  $m/s$ .

### 2.2.2. Пластинчастий конвеєр

Пластинчасті конвеєри застосовують для транспортування в горизонтальному й похилому напрямках різних насипних і штучних вантажів у металургійній, хімічній, вугільній,

енергетичній, машинобудівній і багатьох інших галузях промисловості, а також для переміщення виробів від одного робочого місця до іншого по технологічному процесу при потоковому виробництві. Часто на пластинчастому конвеєрі одночасно із транспортуванням вантажі-вироби зазнають технологічних операцій – загартування, відпустку, охолодження, мийки, фарбування, складання, контролю тощо. На пластинчастих конвеєрах, на відміну від стрічкових, переміщують більш важкі крупнокускові, абразивні (руда, камінь тощо), а також гарячі (поковки, виливки тощо) вантажі.

Перевагами пластинчастих конвеєрів є можливість транспортування важких крупнокускових і гарячих вантажів з великою продуктивністю (до 2000 м<sup>3</sup>/год і більше) і довжиною переміщення (довжиною до 2 км) унаслідок високої міцності тягових ланцюгів і можливості застосування проміжних приводів; спокійний і безшумний хід; можливість безпосереднього завантаження (саможивлення) з бункерів без застосування живильників, широка розмаїтість трас переміщення вантажів з більш крутими, у порівнянні зі стрічковими конвеєрами, нахилами (до 35...60°) і меншими радіусами переходів (5...8 м) з одного напрямку на інший. До недоліків пластинчастих конвеєрів можна віднести значні маси настилу й ланцюгів і підвищена їх вартість, ускладнена експлуатація у зв'язку з великою кількістю шарнірних зчленувань деталей ланцюгів.

Пластинчасті конвеєри класифікують за конструкцією настилу, конфігурацією траси й призначенням. За призначенням розрізняють стаціонарні й пересувні конвеєри. Останні використовують звичайно як навантажувальні й перевантажувальні машини, самохідні й несамохідні.

Основні параметри (ширина й тип настилу) стаціонарних пластинчастих конвеєрів загального призначення встановлені згідно з ГОСТ 22281-76.

Пластинчастий конвеєр (рис. 2.9) має станину 5, по кінцях якої встановлені дві зірочки – приводна 2 із приводом 9 і натяжна 7 з натяжним пристроєм 8. Нескінченний настил 3, що складається з окремих металевих або, рідше, дерев'яних пластин, прикріплених до одного або двох тягових ланцюгів 4, які

обгинають кінцеві зірочки й перебувають у зачепленні з їхніми зубами. Вертикально замкнуті тягові ланцюги оснащені опорними котками й рухаються разом з настилом по напрямних коліях станини 5 уздовж поздовжньої осі конвеєра.

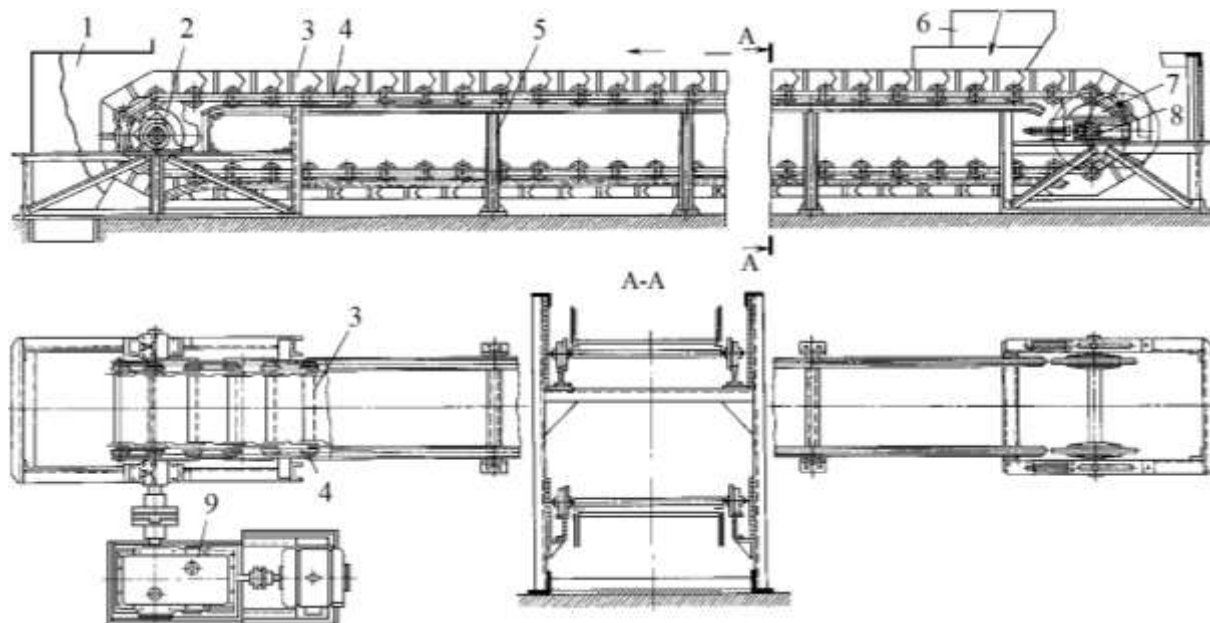


Рис. 2.9. Схема пластинчастого конвеєра

Конвеєр завантажується через одну або кілька лійок 6 у будь-якому місці траси, а розвантажується через кінцеву зірочку й лійку 1. Проміжне розвантаження можливе тільки для пластинчастих конвеєрів з безбортовим плоским настилом.

Плоский (гладкий) настил виготовляють із дерев'яних планок або сталевих пластин. Для надійного положення вантажів, що транспортуються (наприклад циліндричної форми), настил іноді оснащують фасонними накладками – упорами. Настили: хвилястий (безбортовий і бортовий), бортовий плоский, глибокий і коробчастий – штампують зі сталевих листів товщиною 4...10 мм.

Безбортовий настил застосовують для транспортування штучних вантажів. Щоб зберегти вантаж від випадання, іноді, особливо на ділянці завантаження, установлюють уздовж настилу нерухомі борти з дощок або сталевих смуг. При нерухомих бортах безбортові плоский зімкнутий і хвилястий настили застосовують для насипних вантажів, бортові плоский і хвилястий настили – для насипних і штучних вантажів

(наприклад для гарячого литва), а бортові коробчасті настили – винятково для насипних вантажів при великих кутах нахилу (до  $45...60^\circ$ ) і високій продуктивності. Пластини настилу кріплять на болтах, заклепках або приварюють до спеціальних кутиків, що прикріплюються до пластин тягових ланцюгів. Тягові ланцюги з'єднують один з одним твердими пластинами настилу або наскрізних осей, які розташовують через один – три кроки ланцюга.

Основними розмірами настилу є ширина  $B$  і висота до бортів, якщо вони є. Згідно з ГОСТ 22281-76 настили виготовляють з номінальною шириною 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400 і 1600 мм і висотою борта 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450 і 500 мм.

Швидкість руху настилу пластинчастих конвеєрів приймають зазвичай у межах  $0,05...0,63$  м/с (межі швидкостей по нормальному ряду:  $0,01...1$  м/с). Такі невеликі значення швидкості обумовлені застосуванням ланцюгів як тягового елемента і прагненням до зменшення динамічних навантажень унаслідок нерівномірності руху ланцюгів. Використання зварених круглolanкових ланцюгів з малим кроком дає змогу підвищити швидкість до  $1,25$  м/с.

Кут нахилу пластинчастого конвеєра визначається характеристикою вантажу, що транспортується, і типом настилу.

Для насипних вантажів конвеєри з коробчастим настилом мають кут нахилу від  $45$  до  $60^\circ$ , однак при більших кутах нахилу (більше  $35^\circ$ ) продуктивність конвеєра помітно знижується, оскільки вантаж надійно утримується тільки в межах висоти стінки настилу.

Для транспортування штучних вантажів, при наявності на настилі поперечних вантажоутримувальних планок, кут нахилу конвеєра може бути підвищений до  $60^\circ$ .

Привод пластинчастого конвеєра – кутовий або прямолінійний (гусеничний). Він складається із приводних зірочок, передавального механізму й електродвигуна (рис. 2.9). У конвеєрах з похилою або комбінованою трасою, у яких можливий мимовільний рух ходової частини при випадковому відключенні електродвигуна або порушенні кінематичного зв'язку в передавальному механізмі, установлюють стопорний пристрій

храпового або роликового типу або електромагнітне гальмо. Приводні зірочки кутового привода звичайно мають п'ять – вісім зубів; виготовляють їх литими зі сталі або, рідко, із чавуну, а також складеними - з литим корпусом із чавуну й вінцем з листової сталі. Профіль зуба зірочок регламентований ГОСТ 592-81. Для забезпечення єдності передачі тягового зусилля й ліквідації можливості перекосу ланцюгів приводні зірочки закріплюють на приводному валу так, щоб взаємне розташування зубів в обох зірочок було строго однаковим.

Передавальним механізмом привода є один редуктор або редуктор з додатковою зубчастою або ланцюговою передачею. При необхідності плавного регулювання швидкості в передавальний механізм між електродвигуном і редуктором установлюють варіатор швидкості. Відоме застосування гусеничних приводів з електромагнітним захопленням ланок ланцюга конвеєра. Для цього на приводному гусеничному ланцюзі зміцнюють електромагніти, які знеструмлюються при підході до приводної зірочки.

Довгі й важконавантажені конвеєри виконують із декількома приводами. Відомі пластинчасті конвеєри довжиною до 2 км із дев'ятьма приводними гусеничними механізмами.

Натяжний пристрій конвеєрів – гвинтовий або пружинно-гвинтовий, установлюється на кінцевих зірочках.

Продуктивність пластинчастого конвеєра  $Q_n$ , т/год,

$$Q_n = 3600 \cdot F_1 \cdot \rho \cdot v = 648 \cdot B_n^2 \cdot c_2 \cdot v \cdot \rho \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (2.3)$$

де  $\rho$  – густина вантажу, т/м<sup>3</sup>;

$v$  – швидкість конвеєра, м/с;

$B_n$  – ширина настилу без бортів, м (рис. 2.10, а);

$F_1$  – площа перерізу насипного вантажу на настилі, м<sup>2</sup>.

$\varphi_1$  – кут вільного розташування насипного вантажу в поперечному перерізі стрічки конвеєра,  $\varphi_1 = 0,35 \cdot \varphi$  ( $\varphi$  – кут природного ухилу вантажу в стані спокою) [5].

Площа перерізу  $F_1$ , м<sup>2</sup>, насипного вантажу на настилі без бортів (рис. 2.10)



$$F_1 = \frac{b \cdot h_1 \cdot c_2}{2} = \frac{b^2 \cdot c_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{4} \approx 0,18 \cdot c_2 \cdot B_n^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (2.4)$$

де  $h_1$  – висота трикутника, м;

$c_2$  – поправковий коефіцієнт, що враховує зменшення площі на похилому конвеєрі.

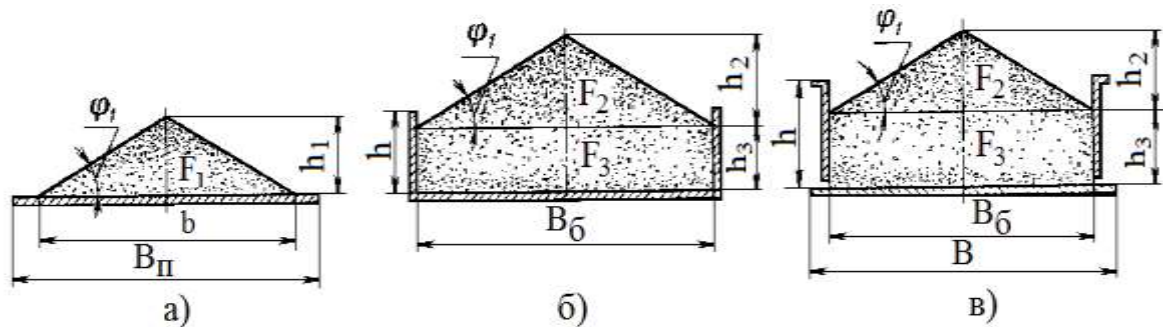


Рис. 2.10. Поперечний переріз насипного вантажу на настилі пластинчастого конвеєра:  
а – без бортів; б – з рухомими бортами;  
в – з нерухомими бортами

### 2.2.3. Скребковий конвеєр

До скребкових конвеєрів належать різноманітні за конструкцією транспортувальні машини, у яких вантаж за допомогою скребків, що рухаються, переміщується волочінням по жолобу або трубі прямокутного або круглого перерізу. Форма й висота скребка є головними ознаками, за якими скребкові конвеєри поділяють на конструктивні типи. Розрізняють конвеєри із суцільними й контурними (фігурними) скребками. Суцільні шкребки бувають високі й низькі; висота високих скребків приблизно дорівнює висоті жолоба й у кілька разів більша від висоти тягового ланцюга; висота низьких скребків близька до висоти ланцюга й значно (у 3 – 6 разів) менша від висоти жолоба. Конвеєри з високими й низькими суцільними скребками значно відрізняються один від одного за конструктивними характеристиками. Окремий конструктивний різновид являють собою трубчасті скребкові конвеєри із круглими (або прямокутними) суцільними скребками. Їхня відмінна риса – широка універсальність конфігурації траси переміщення вантажу.

Контурні скребки класифікують за їх формою, що обумовлює різні конструктивні параметри конвеєрів.

За характером руху розрізняють скребкові конвеєри з безперервним поступальним і зворотно-поступальним рухом скребоків. Зворотно-поступальний рух характерний для штангових скребкових конвеєрів із суцільними високими скребками, шарнірно укріпленими на твердій штанзі (їх називають скребково-маятниковими й застосовують для транспортування гарячої землі в ливарних цехах) і зі спеціальними жорстко закріпленими скребками – шипами. Останні застосовують для транспортування металевої стружки. Відомі канатно-дискові конвеєри для транспортування дров і подібних вантажів у відкритих жолобах. Застосовуються також конвеєри малої продуктивності (до 5 м<sup>3</sup>/год), що належать до групи скребкових, що не мають скребоків; волочіння вантажу в них відбувається за рахунок зчеплення його часток з ланцюгом, що рухається в трубі.

Скребкові конвеєри основних типів із суцільними й контурними скребками застосовують для транспортування різних пилоподібних, зернистих і кускових насипних вантажів. Конвеєри із суцільними (головним чином низькими) скребками використовують для транспортування й охолодження гарячих вантажів – золи, шлаків і різних вантажів хімічної й металургійної промисловості. Скребкові конвеєри не застосовуються для транспортування крихких, сильно вологих і липких вантажів; крихкі вантажі дробляться скребками, вологі липкі прилипають до скребоків і погано розвантажуються, різко зменшується продуктивність конвеєра і засмічується його зворотна гілка.

Поширення одержали скребкові конвеєри у вугільних шахтах, на збагачувальних фабриках, підприємствах хімічної й харчової промисловості. Конвеєри з низькими скребками в різноманітних конструктивних модифікаціях є в цей час основними агрегатами для підземного транспортування вугілля в шахтах.

Перевагами скребкових конвеєрів є простота конструкції й пристрою проміжного завантаження й розвантаження (скрізь, крім вертикальних ділянок траси); можливість герметичного транспортування вантажів. До недоліків належать інтенсивне

зношування ходової частини й жолоба, особливо при переміщенні абразивних вантажів, оскільки скребки й у більшості випадків тяговий ланцюг труться об жолоб у середовищі вантажу; значна витрата енергії через тертя вантажу й ходової частини об жолоб; здрібнювання вантажу при транспортуванні волочінням, що для деяких вантажів (наприклад для коксу) неприпустимо, а для багатьох небажано; експлуатаційні труднощі транспортування вантажів з міцними кусками, що дробляться важко, тому що заклинювання таких кусків між скребками й жолобом (трубою) створює значні навантаження на тяговий ланцюг і може викликати поломку конвеєра. Останнє не стосується до конвеєрів з ящиковими скребками, що мають бічні стінки.

Значні опори переміщенню вантажу й зношування обмежують швидкість, довжину й продуктивність скребоквих конвеєрів. Звичайно швидкість конвеєра становить 0,16...0,4 м/с і, в окремих випадках (на вугільних конвеєрах), 0,5...1,0 м/с, довжина до 100 м і продуктивність до 50...350 т/год (залежно від конструктивного типу), і тільки в конвеєрів окремих типорозмірів з високими скребками продуктивність доходить приблизно до 700 т/год.

Головним параметром скребоквого конвеєра є ширина скребка або скребоквого ланцюга (у деяких випадках ширина жолоба), а для трубчастих скребоквих конвеєрів (зі стандартними трубами) зовнішній діаметр труби.

Скребоквий конвеєр із суцільними високими скребками (рис. 2.11) складається з відкритого жолоба 5, укріпленого на станині 4, уздовж якої рухається вертикально замкнутий тяговий ланцюг (або два ланцюги) 1 із укріпленими на ньому скребками 2. Ланцюг обгинає кінцеві (приводну й натяжну) зірочки. Рух тяговий ланцюг одержує від привода 3, а первісний натяг – від натяжного пристрою 6. Вантаж, що транспортується, засипається в жолоб конвеєра в будь-якому місці по його довжині й проштовхується скребком по жолобу. Розвантаження конвеєра може здійснюватися в будь-якому місці по його довжині через отвори в дні жолоба, що перекриваються шибєрними засувками або затворами. Останні відкриваються за допомогою електромеханічного (гвинтового), пневматичного або

гідравлічного привода з ручним або дистанційним управлінням. Для конвеєрів малих типорозмірів іноді застосовують ручний привод.

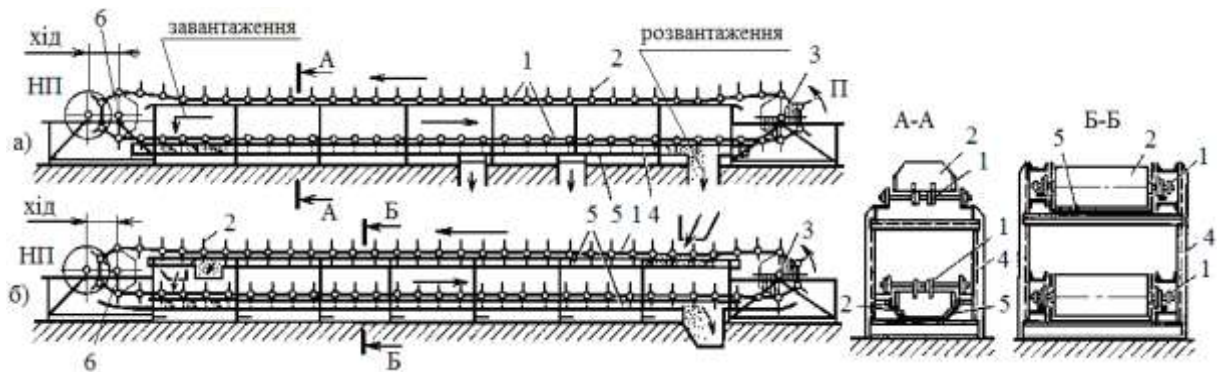


Рис. 2.11. Скребоквий конвеєр із суцільними високими скребками:

а – з однією робочою гілкою; б – із двома робочими гілками; П – привод; НП – натяжний пристрій

Вантаж може транспортуватися по нижній гілці (рис. 2.11, а), верхній гілці (при консольних скребках) або одночасно по верхній і нижній гілках у різних напрямках (при симетричних скребках) (рис. 2.11, б).

Скребокві конвеєри з високими скребками зазвичай є вертикально замкнутими й переміщують вантаж у горизонтальному, похилому, похило-горизонтальному і горизонтально-похилому напрямках. Комбіновані траси можливі тільки для конвеєрів із двома тяговими ланцюгами.

Кут нахилу скребоквих конвеєрів зазвичай не перевищує  $30\ldots 40^\circ$ , тому що з його збільшенням продуктивність конвеєра значно знижується. При використанні спеціальних, так званих ящикових, скребоків з рухомими бічними стінками кут нахилу конвеєра збільшується до  $50^\circ$ . У конвеєрів цього типу внутрішні ланки тягових ланцюгів виготовляють із листів однакової висоти зі скребком. Така конструкція утворює послідовний набір відкритих ящиків без дна, що рухаються; дном служить нерухомий жолоб конвеєра. Вантаж у ящиках не треться об бічні стінки нерухомого жолоба, не заклинюється між ними й скребком. Це зменшує опір переміщенню вантажу й дає змогу ящиківі скребки для транспортування кускових вантажів.

Конвеєри зі скребками шириною 200...320 мм мають швидкість 0,1...1 м/с; зі скребками шириною 400...1200 мм – 0,5...0,63 м/с. Конвеєри з високими скребками використовують для транспортування насипних вантажів, не схильних до кришіння, або таких, кришіння яких не знижує їхньої якості: вугілля, торф, зола, пісок, дерев'яні відходи та ін. Тяговим елементом конвеєра з високими скребками служать звичайно один або два пластинчасті ланцюги типу 4 згідно з ГОСТ 588-81 із кроком 160, 200, 250, 315 і 400 мм.

Основними недоліками пластинчастих ланцюгів є забруднення втулок і котків та припинення їх роботи в умовах сильного забруднення. Це призводить до збільшення натягу ланцюга і його прискореного зношування. В одноланцюговому вертикально замкнутому конвеєрі тяговий ланцюг розташовується посередині ширини скребка над ним (див. рис. 2.11, а) або, рідко, під ним. Ходова частина конвеєра переміщається при ковзанні ланцюга зі скребками по жолобу, ковзанні накладок-повзунів по жолобу або бічних напрямних коліях або при коченні котків ланцюга по напрямних коліях (див. рис. 2.11, а). У дволанцюгового конвеєра тягові ланцюги розташовуються з боків скребок і рухаються, як правило, на котках по бічних напрямних коліях (див. рис. 2.11). Рух ходової частини на котках є перевагою конвеєрів з високими скребками в порівнянні з конвеєрами інших типів, у яких ланцюг і скребки ковзають по жолобу або трубі конвеєра.

Вибір числа тягових ланцюгів (одного або двох) обумовлюється необхідним тяговим зусиллям, шириною скребка (яка визначає продуктивність конвеєра) і потрібною довжиною конвеєра, а головне – стійкістю положення скребка. Тому для скребок шириною до 400 мм застосовують один тяговий ланцюг, при більшій ширині – два ланцюги.

Недоліком одноланцюгових конвеєрів (особливо при вузьких скребках) є незручність завантаження (при верхньому положенні ланцюга) або розвантаження (при нижньому положенні ланцюга) жолоба конвеєра, тому що ланцюг розташовується посередині жолоба. Дволанцюгові конвеєри й одноланцюгові горизонтально замкнуті конвеєри з консольними скребками цього недоліку не мають.

Скребки виконують трапецеїдальної, напівкруглої або прямокутної форм; останні необхідні для конвеєрів із двома робочими областями (див. рис. 2.11, б). Виготовляють скребки з листової сталі товщиною 3...8 мм, для твердості їх зміцнюють ребрами. Висоту скребка звичайно приймають у 2...3 рази меншою від їхньої ширини (більші цифри ставляться до більшої ширини). При значному збільшенні висоти скребка зростає розрахункова площа перерізу жолоба, але й підвищується консольне навантаження на скребки й ланцюг, що недоцільно.

Крок скребок визначається залежно від розмірів куска вантажу й кута природного укосу вантажу, що транспортується, висоти скребка й кроку ланцюга.

Станину конвеєра виготовляють із прокатних профілів по секціях довжиною 3...6 м. В окремих конструкціях (рис. 2.12) кожух виготовляють у вигляді несучого каркаса, що закриває ланцюг і жолоб.

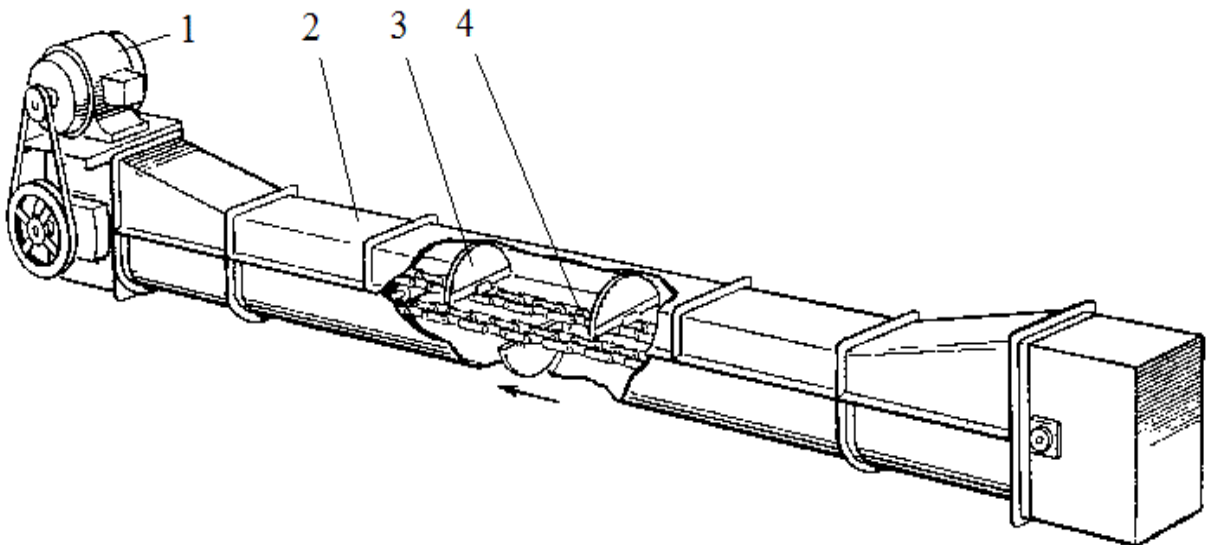


Рис. 2.12. Скребокний конвеєр із суцільними круглими скребками:

1 – привод конвеєра; 2 – кожух; 3 – скребок; 4 – ланцюг

Жолоб конвеєра виготовляється звареним або штампованим з листової сталі товщиною 4...6 мм прямокутного, трапецеїдального або напівкруглого (за формою скребка) перерізу. При транспортуванні абразивних вантажів для підвищення терміну служби дно жолоба футерують зносостійким

покриттям, наприклад кам'яними плитами (з базальту). Для транспортування легких вантажів (ошурок, зерна тощо), а також вантажів, що викликають корозію металу (наприклад, кухонної солі), жолоби роблять іноді дерев'яними. Жолоб збирають по секціях довжиною 3...6 м; зазор між скребком і ринвою приймають рівним 5...15 мм на сторону.

Площу поперечного перерізу жолоба конвеєра знаходять за заданою розрахунковою продуктивністю конвеєра з урахуванням коефіцієнта заповнення жолоба  $\psi$  вантажем, що транспортується. Обсяг вантажу, що перебуває перед скребком у проміжку між скребками, залежить від характеристики вантажу (розмірів куска, кута природного укосу) і швидкості руху скребків. Легкосипкий зернистий і пилоподібний вантаж розташовується перед скребком окремою порцією (тілом волочіння), поздовжній переріз якої близький до нерівнобічної трапеції (рис. 2.13, а). Кут нахилу довгої сторони цієї трапеції  $\varphi'$  близький до кута природного укосу вантажу в русі. При перевантаженні жолоба легкосипкий вантаж може навіть пересипатися через гребінь скребка. Поганосипкий грудковий вантаж (наприклад вугілля) переміщається більш-менш рівним шаром (рис. 2.13, б), заповнюючи весь проміжок між скребками.

Привод конвеєра – редукторний, встановлюється на кінцевій зірочці. У передавальний механізм привода, особливо для конвеєрів середнього й важкого типів, доцільно встановлювати запобіжний пристрій (зрізний штифт) або муфту граничного моменту для запобігання поломкам конвеєра при випадкових перевантаженнях.

Натяжний пристрій – гвинтовий або пружинно-гвинтовий; його хід не менше 1,6 кроку ланцюга.

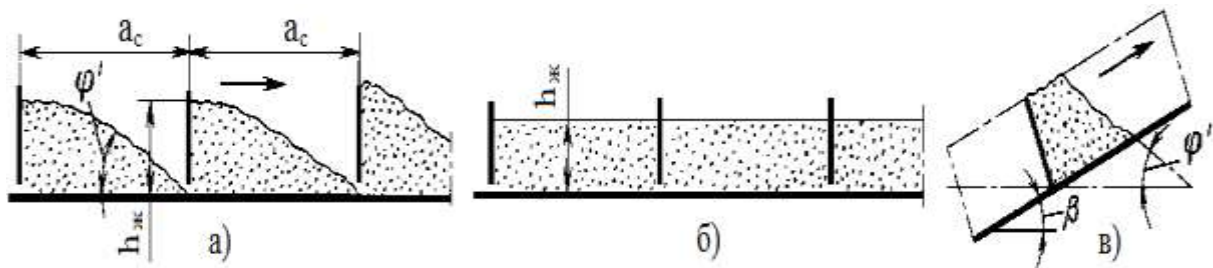


Рис. 2.13. Схеми розташування насипного вантажу перед високими суцільними скребками



Розрахункова площа  $F$ ,  $\text{м}^2$ , перерізу вантажу в жолобі з урахуванням коефіцієнта заповнення жолоба  $\psi$

$$F = B_{\text{жс}} \cdot h_{\text{жс}} \cdot \psi \cdot C_3 = k_{\text{жс}} \cdot h_{\text{жс}}^2 \cdot \psi \cdot C_3, \quad (2.5)$$

де  $B_{\text{жс}}$  і  $h_{\text{жс}}$  – робоча ширина й висота жолоба, м;

$k_{\text{жс}} = B_{\text{жс}} / h_{\text{жс}} = 2,4 \dots 4$  – коефіцієнт співвідношення ширини й висоти жолоба;

$C_3$  – експериментальний коефіцієнт, який залежить від кута нахилу конвеєра.

Продуктивність скребкового конвеєра  $Q$ , т/год, визначається як

$$\begin{aligned} Q &= 3600 \cdot F \cdot \rho \cdot v = 3600 \cdot B_{\text{жс}} \cdot h_{\text{жс}} \cdot \psi \cdot C_3 \cdot \rho \cdot v = \\ &= 3600 \cdot k_{\text{жс}} \cdot h_{\text{жс}}^2 \cdot \psi \cdot C_3 \cdot \rho \cdot v. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Звідки робоча висота жолоба  $h_{\text{жс}}$ , м (висота шару вантажу)

$$h_{\text{жс}} = \sqrt{\frac{Q}{3600 \cdot k_{\text{жс}} \cdot \psi \cdot C_3 \cdot \rho \cdot v}}. \quad (2.7)$$

#### 2.2.4. Ківшевий конвеєр, ківшевий елеватор

Ківшеві конвеєри застосовуються для транспортування пилоподібних, зернистих і кускових насипних вантажів на підприємствах хімічної й вугільної промисловості, для подачі палива на електростанціях, коксогазових, цементних та інших заводах, а також для підйому вугілля із шахт.

У ківшевих конвеєрів ковші розміщують між двома пластинчастими котковими ланцюгами, але підвішують їх до ланцюгів на вільних шарнірах. Вісь підвішування ковша завжди розташовується вище його центра ваги; цим забезпечується рух ковшів паралельно самим собі як на вертикальних, так і на горизонтальних ділянках конвеєра, стійке положення ковшів під час руху й автоматичне повернення їх у вихідне положення після перекидання для розвантаження.



Насипний вантаж завантажується в ковші в будь-якому місці нижньої горизонтальної ділянки й переміщається в них як на горизонтальних, так і на вертикальних ділянках без пересипань (рис. 2.14), що зберігає вантаж від подрібнювання й стирання. Ковші розвантажуються в будь-якому місці верхньої горизонтальної ділянки за допомогою рухомих або стаціонарних розвантажувальних пристроїв. Металева конструкція конвеєра може бути відкритою (із сітчастим запобіжним огородженням) або закритою в герметичний кожух, що необхідно для транспортування токсичних вантажів.

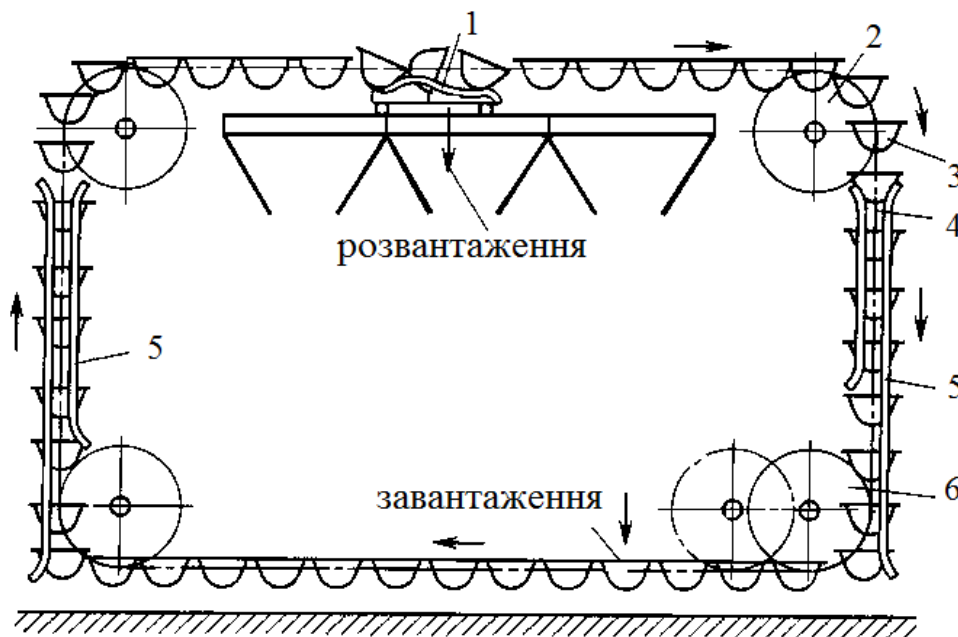


Рис. 2.14. Схема ківшевого конвеєра:

- 1 – розвантажувальний пристрій; 2 – приводна зірочка;  
 3 – ковші; 4 – тяговий ланцюг; 5 – напрямні;  
 6 – натяжна зірочка

Продуктивність ківшевих конвеєрів становить 5...500 т/год; довжина горизонтальних ділянок до 150 м; висота підйому до 60 м. Відомі випадки одночасного роздільного транспортування на одному ківшевому конвеєрі двох різних вантажів (наприклад, коксу й вапняку в різних ковшах), а також використання зворотної гілки, що спускається, для переміщення іншого вантажу. Застосовують ківшеві конвеєри із просторовою трасою, однак вони мають складну конструкцію й тому значного поширення не одержали.

Перевагами ківшевих конвеєрів є відсутність стирання й подрібнювання вантажу при транспортуванні; можливість одночасного переміщення роздільно різних вантажів при відповідному блокуванні завантажувальних пристроїв. До недоліків належать деяка складність як виготовлення, так і експлуатації конвеєра через велике число шарнірів і котків, що потребують регулярного змазування, а звідси – і висока вартість; велика маса ходової частини; можливість розгойдування й ударів ковшів один об один при підвищеній швидкості (більше 0,4 м/с).

Тяговим елементом служать два пластинчасті коткові ланцюги типу 4 згідно з ГОСТ 588-81 із кроком 315, 400, 500, 630, 800 і 1000 мм. Котки – з ребордами, на підшипниках ковзання й кочення.

Привод ківшевих конвеєрів редукторний, з автоматичним гальмовим пристроєм або зупинником. При великій висоті підйому (наприклад для шахт) відоме застосування багатопровідних конвеєрів з декількома гусеничними приводними механізмами, установленими на вертикальній ділянці.

Натяжний пристрій у ківшевих конвеєрів – гвинтовий, пружинно-гвинтовий, іноді вантажний.

Ківшеві конвеєри розраховуються у два етапи: 1) попереднє визначення основних параметрів конвеєра і його ходової частини за даними технічного завдання на проектування; 2) перевіральний розрахунок конвеєра з параметрами, визначеними в першому етапі розрахунку.

Продуктивність ківшевого конвеєра  $Q$ , т/год, визначають за формулою

$$Q = \frac{3,6 \cdot V_0 \cdot v \cdot \psi \cdot \rho}{t_K}, \quad (2.8)$$

де  $V_0$  – об'єм ковша, л;

$t_K$  – крок ковшів, м;

$v$  – швидкість руху ходової частини, м/с;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення ковшів (для зімкнутих ковшів  $\psi = 0,7 \dots 0,9$ ; для розставлених  $\psi = 0,75$ ) [5].

Коефіцієнт  $\psi$  залежить від способу завантаження ковшів і від характеристики матеріалу, що транспортується: більші значення приймають для дрібнозернистих однорідних вантажів, менші – для кускових рядових.

Ківшевий елеватор (рис. 2.15) має вертикально замкнутий тяговий елемент 1 із жорстко прикріпленими до нього вантажонесучими елементами – ковшами 2; тяговий елемент обгинає верхній приводний 5 і нижній натяжний 9 барабани (або зірочки).

Ходова частина й поворотні пристрої елеватора розміщено в закритому металевому кожусі, що складається з верхньої частини (головки) 6, середніх секцій 4 і нижньої частини (башмака) 10. У кожусі головки елеватора виконують люки з герметичними дверцятами для огляду й ремонту.

Тяговий елемент із ковшами приводиться в рух від привода 12, а первісний натяг створюється натяжним пристроєм 8. Насипний вантаж подається в завантажувальний патрубок (носок) нижньої частини елеватора, завантажується в ковші, піднімається в них і розвантажується на верхньому барабані (зірочці) у патрубок верхньої частини елеватора. Привод оснащений зупинником 11 для запобігання зворотному рухові ходової частини. Кожух елеватора має напрямні пристрої 7.

До переваг ківшевих елеваторів належать малі габаритні розміри в поперечному перерізі, можливість подачі вантажу на значну висоту (до 60...75 м) і великий діапазон продуктивності (5...500 м<sup>3</sup>/год і вище). Недоліками є можливість відриву ковшів при перевантаженні й необхідність рівномірної подачі вантажу.

За способом завантаження й розвантаження ковшів елеватори поділяють на швидкохідні з розвантаженням головним чином під дією відцентрової сили й тихохідні з розвантаженням ковшів в основному під дією сили ваги вантажу. Розвантажувальний патрубок елеватора може мати бічне (рис. 2.16, а, б, в) і центральне (рис. 2.16, г) розташування; останнє можливе тільки у дволанцюгових елеваторів (застосовується рідко).

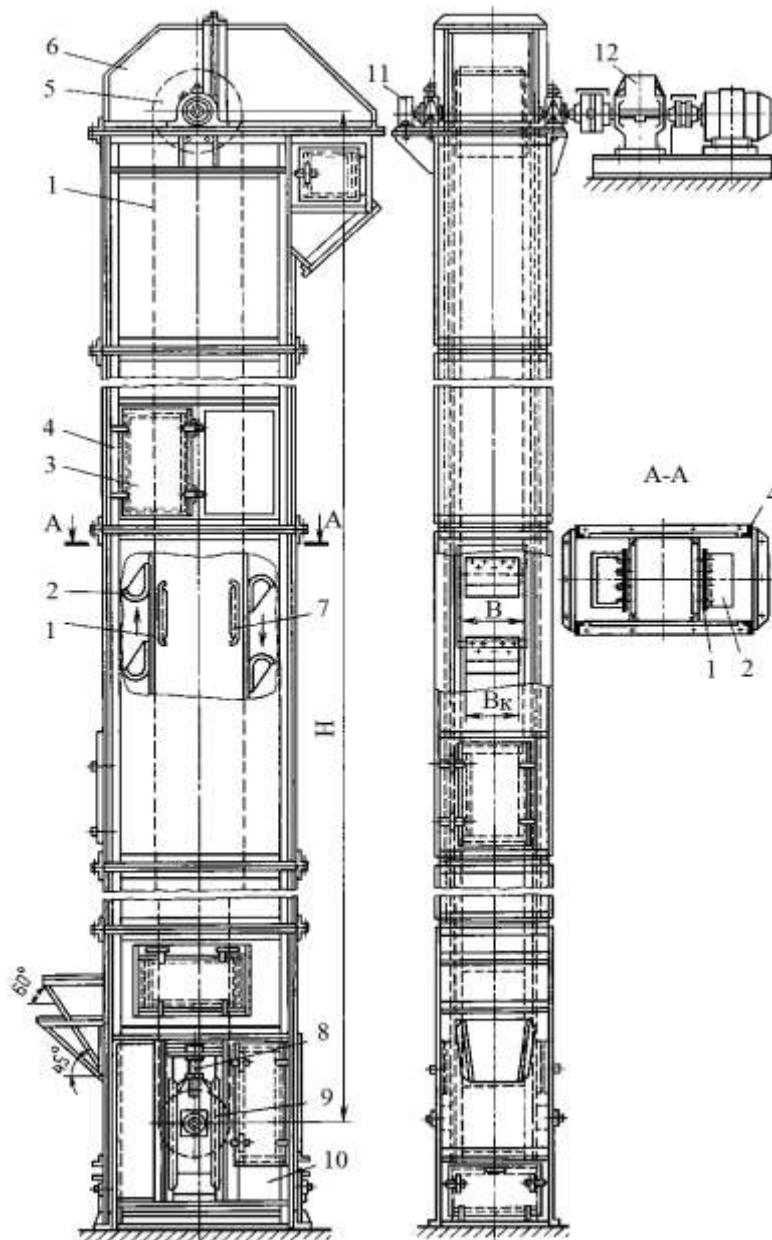


Рис. 2.15. Вертикальний ківшевий стрічковий елеватор

За типом тягового елемента розрізняють стрічкові й ланцюгові з одним або двома ланцюгами (відомі конструкції із чотирма паралельними ланцюгами) елеватори, а за напрямком переміщення – вертикальні і похилі. Останні мають зворотну гілку, що вільно звисає, або підтримувану. У похилих стрічкових елеваторів робоча гілка рухається по опорних роликах, у ланцюгових елеваторів – по напрямних коліях, по яких переміщуються ланки ланцюга або їхні котки (найпоширеніший випадок); є конструкції ланцюгових елеваторів, у яких робоча область рухається по опорних роликах.

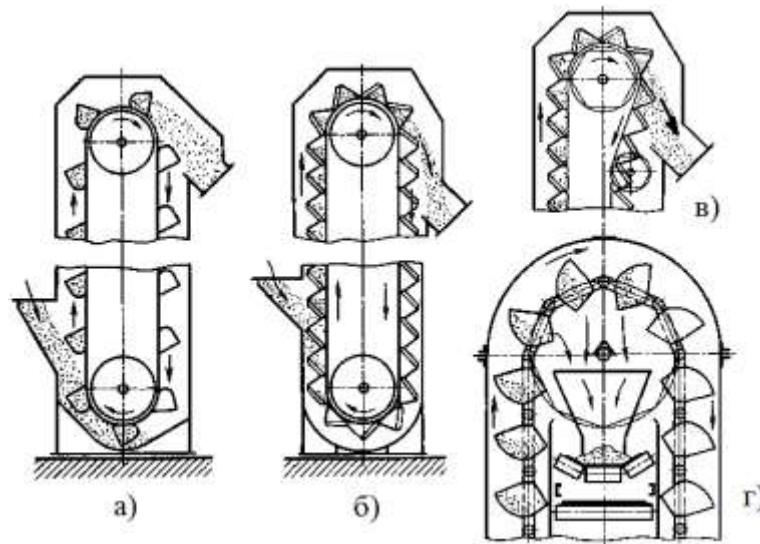


Рис. 2.16. Схеми завантаження, розвантаження та розташування ковшів елеватора:

а – завантаження черпанням, розвантаження під дією відцентрової сили; б – завантаження засипанням у ковші, розвантаження самопливне спрямоване; в – самопливне вільне розвантаження; г – центральне розвантаження

За розташуванням ковшів на тяговому елементі розрізняють елеватори з розставленими ковшами (рис. 2.16, а), тобто розміщеними на деякій відстані один від одного, та із зімкнутими ковшами (рис. 2.16, б), тобто розташованими впритул один до одного. До стрічки ківш завжди прилягає й кріпиться задньою стінкою. Вибір того або іншого способу розташування ковшів обумовлюється головним чином характеристикою вантажів, що транспортуються, і визначає спосіб завантаження й розвантаження ковшів.

Діапазон швидкостей руху ковшів елеваторів перебуває у межах 0,4...2,5 м/с.

Привод елеваторів редукторний, розміщається у верхній частині елеватора. При малій потужності (до 10 кВт) застосовують мотор-редуктори. Для ланцюгових елеваторів великої висоти перспективне застосування прямолінійних проміжних приводів.

Для стрічкових елеваторів діаметр приводного барабана визначають залежно від способу розвантаження ковшів, перевіряють за числом прокладок у стрічці і приймають із такого ряду розмірів: 250, 320, 400, 500, 630, 800 і 1000 мм.

В елеваторах застосовують гвинтовий натяжний пристрій, пружинно-гвинтовий або вантажний; останній може бути з безпосереднім впливом вантажу на вал натяжного барабана або зірочки або важільний. Вибір типу натяжного пристрою залежить від типу тягового елемента, привода та висоти елеватора. Елеватори із круглоланковими ланцюгами оснащують вантажними пристроями. Натяжний пристрій розміщують на валу нижнього барабана (або зірочки) і кріплять до бічних стінок башмака елеватора. Хід натяжного пристрою становить 200...500 мм. Натяжний барабан (або зірочки) має звичайно такий же діаметр, як і приводний.

Нижня частина кожуха (башмак) елеватора може бути з високим і низьким розташуванням завантажувального носка (див. рис. 2.15). Високий носок із днищем під кутом  $60^\circ$  до обрїю застосовують при транспортуванні вологих погано сипких вантажів, а низький (із днищем під кутом  $45^\circ$ ) – для сухих добре сипких вантажів. Для обслуговування й ремонту башмак має в бічних стінках люки з герметичними дверцятами.

Для запобігання падінню ходової частини елеватора при випадковому обриві ланцюга або стрічки застосовують спеціальні запобіжні пристрої: на ланцюгових елеваторах – уловлювачі ланцюга, на стрічкових – з'єднання ковшів по бічних стінках сталевими канатами, які без натягу вільно розташовуються вздовж стрічки; при обриві стрічки канати виключають можливість падіння ходової частини. Крім того, на натяжних барабанах (або зірочках) елеватора встановлюють реле швидкості, що при обриві тягового елемента вимикає електродвигун привода елеватора.

Продуктивність ківшевого елеватора визначають згідно з лінійним об'ємом ковшів  $i_0$ , л/м,

$$\frac{i_0}{t_K} = \frac{Q}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot \psi}, \quad (2.9)$$

де  $i_0$  – геометричний корисний об'єм ковша, м<sup>3</sup>;  
 $t_K$  – крок ковшів, м;  
 $v$  – швидкість руху стрічки або ланцюга, м/с;  
 $\rho$  – густина вантажу, т/м<sup>3</sup>;  
 $\psi$  – коефіцієнт заповнення ковша [4].

Із залежності лінійного об'єму стандартних ковшів від їхньої ширини (рис. 2.17) випливає, що елеватори із зімкнутими ковшами, навіть при зниженій швидкості, можуть забезпечити високу продуктивність унаслідок великого відношення  $i_0/t_K$ .

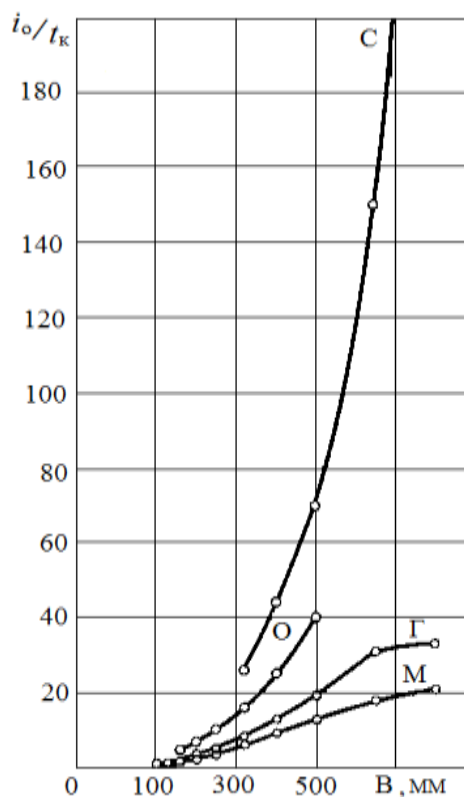


Рис. 2.17. Залежність виразу  $i_0/t_K$  від ширини ковша  $B$  (типи ковшів):

М – мілкий; Г – глибокий; О – гострокутний;  
С – з округленим днищем

Тип елеватора й форму ковшів вибирають залежно від характеристики вантажу, що транспортується, і заданої продуктивності. При транспортуванні кускових вантажів обрані ковші перевіряють за найбільшим розміром типових кусків відповідно до умови

$$L \geq a \cdot X_k, \quad (2.10)$$

де  $L$  – виліт ковша, м;

$X_k$  – коефіцієнт (для рядових вантажів  $X_k=2\dots2,5$ , для сортованих  $X_k=4\dots5$ ) [5].

Поличні й коліскові елеватори (рис. 2.18, а, б) призначені для транспортування штучних вантажів (ящиків, бочок і т.п.).

**Коліскові елеватори** (рис. 2.18, а) складаються з вертикально замкнутих ланцюгів 2, що обгинають верхні 1 і нижні 4 зірочки. До ланцюгів з визначеним кроком шарнірно прикріплені коліски 3. Така конструкція дає змогу робити автоматичне завантаження колісок на висхідній гілці й розвантаження в будь-якому місці спадної гілки. Привод цих елеваторів виконаний редукторним з автоматичним гальмом або зупинником, що перешкоджають руху ходової частини у зворотній бік. Швидкість руху колісок 0,2...0,3 м/с.

**Поличні елеватори**, (рис. 2.18, б) складаються з ланцюгів 8, що обгинають зірочки 5 і 9. До ланцюгів на визначеній відстані одна від одної жорстко прикріплені полиці 6 (захоплювачі). Кронштейни полиць опираються на підкоси 7, що дає змогу ланцюгам безперешкодно обгинати зірочки. Завантаження і розвантаження полиць здійснюється вручну або автоматично. Розвантаження може виконуватися також за допомогою відхильних зірочок.

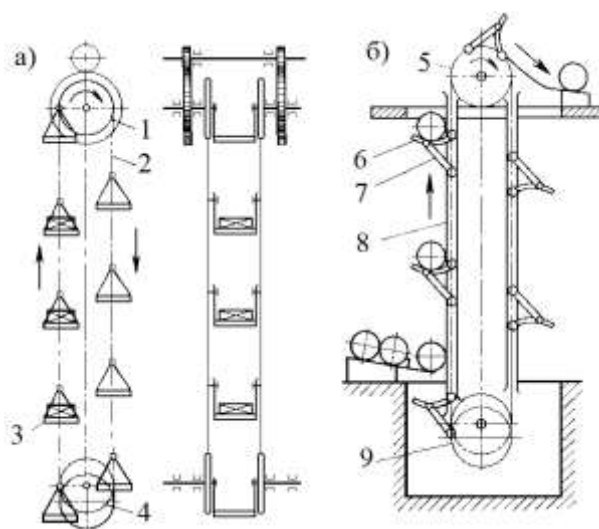


Рис. 2.18. Елеватори для штучних вантажів: а – колісковий; б – поличний



## 2.2.5. Гвинтовий конвеєр

Гвинтові конвеєри виконують горизонтальними або пологопохилими під кутом до  $20^\circ$  (основний тип) і вертикальними або крутопохилими. До них можна також віднести гвинтові транспортувальні труби.

Гвинтові конвеєри застосовують для транспортування пилоподібних, порошкоподібних і рідше – дрібнокускових насипних вантажів на порівняно невелику відстань (зазвичай до 40 м по горизонталі й до 30 м – по вертикалі) при продуктивності до 100 т/год у хімічній і борошномельній промисловості та на підприємствах будівельних матеріалів.

Гвинтовими конвеєрами недоцільно транспортувати липкі вантажі й ті, що дуже ущільнюються, а також дуже абразивні вантажі.

До переваг гвинтових конвеєрів належать простота пристрою й нескладність технічного обслуговування, невеликі габаритні розміри, зручність проміжного розвантаження, герметичність.

Недоліками гвинтових конвеєрів є зв'язана зі способом переміщення висока питома витрата енергії, значне стирання й здрібнювання вантажу, підвищене зношування гвинта й жолоба, а також чутливість до перевантажень, що призводить до утворення всередині жолоба (особливо в проміжних підшипників) скупчення вантажу.

Горизонтальний (або пологопохилий) гвинтовий конвеєр (рис. 2.19) складається з гвинта у вигляді розташованого в підшипниках поздовжнього вала з укріпленими на ньому гвинтовими витками, жолоба з напівциліндричним днищем, у якому гвинт розміщений співвісно, і привода (електродвигун і редуктор), що обертає гвинт.

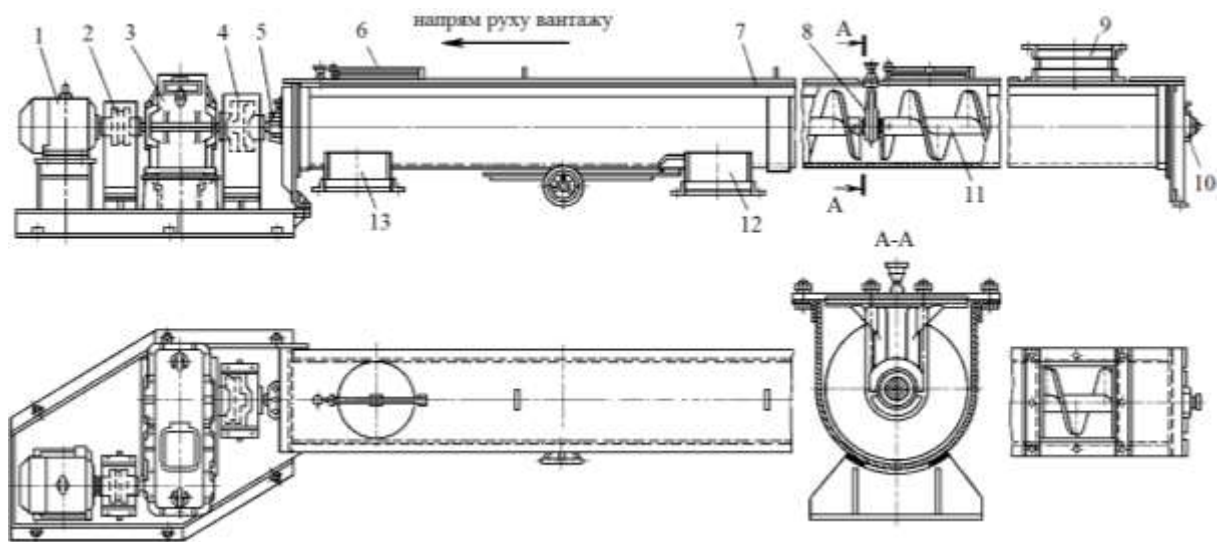


Рис. 2.19. Гвинтовий конвеєр:

- 1 – електродвигун; 2, 4 – з’єднувальні муфти; 3 – редуктор;  
 5 – головний підшипник; 6 – оглядовий люк; 7 – жолоб;  
 8 – проміжний підшипник; 9 – завантажувальний патрубок;  
 10 – задній підшипник; 11 – вал із гвинтом; 12 – проміжний  
 розвантажувальний патрубок; 13 – передній  
 розвантажувальний патрубок

Насипний вантаж подається до жолоба через один або кілька отворів у його крищі й при обертанні гвинта скочає уздовж жолоба, подібно тому, як рухається по гвинту гайка, утримувана від спільного з ним обертання. Спільному обертанню вантажу з гвинтом перешкоджає сила ваги вантажу й тертя його об жолоб. Розвантаження жолоба здійснюється через один або кілька отворів у днищі, які обладнані затворами. Гвинт конвеєра виконують із правим або лівим напрямком спіралі, одно-, дво- або тризахідним. Поверхня гвинта може бути суцільною, стрічковою або переривчастою у вигляді окремих лопатей фасонної форми (рис. 2.20).

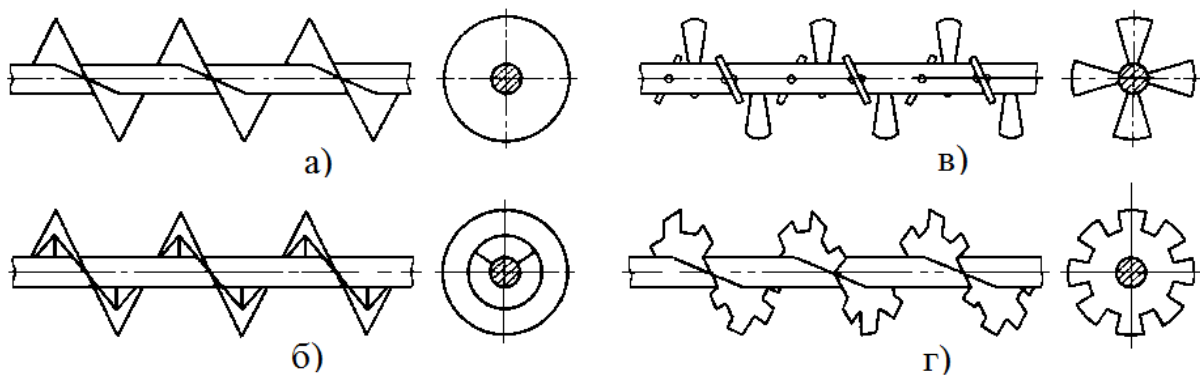


Рис. 2.20. Гвинти конвеєрів:

- а – повностінний (із суцільною гвинтовою поверхнею);  
 б – стрічковий; в – лопатевий; г – фасонний

Гвинт із суцільною поверхнею застосовують переважно при переміщенні сухого дрібнозернистого й порошкового насипного вантажу, не схильного до злежування; зі стрічковою, лопатевою й фасонною – при переміщенні вантажів, що злежуються. Крім того, лопатевий і фасонний гвинти використовують у тих випадках, коли при переміщенні вантажу повинен бути виконаний ще й певний технологічний процес, наприклад інтенсивне перемішування.

Витки повностінного й стрічкового гвинта виготовляють штампуванням зі сталевого листа або смуги, а потім приварюють до вала. Спіраль стрічкового й лопаті лопатевого гвинта зміцнюють.

Вал гвинта, що складається для зручності монтажу з окремих секцій, може бути суцільним або трубчастим. Трубчасті вали мають меншу масу і їх більш зручно скріплювати між собою за допомогою коротких з'єднувальних валиків, що вставляються по кінцях. Вал гвинта лежить у проміжних і кінцевих підшипниках. Проміжні підшипники підвішуються зверху на укріплених на жолобі поперечних планках. Вони повинні мати по можливості малі діаметр і довжину (тому що витки гвинта на цю довжину доводиться переривати), а також надійне ущільнення, щоб уникнути забруднення частками вантажу. Мاستило до підшипників підводиться по трубках від прес-маслянок, розташованих зверху на планках.

Продуктивність гвинтового конвеєра ( $Q$ , т/год;  $V$ , м<sup>3</sup>/год) залежить від діаметра  $D$ , м, кроку гвинта  $t$ , м, частоти обертання  $n$ , об/хв, гвинта і коефіцієнта наповнення поперечного перерізу гвинта  $\psi$

$$Q = V \cdot \rho = 60 \frac{\pi \cdot D^2}{4} t \cdot n \cdot \psi \cdot \rho \cdot C = 47 \cdot D^2 \cdot t \cdot n \cdot \psi \cdot \rho \cdot C, \quad (2.11)$$

де  $\rho$  – щільність вантажу, т/год;

$C$  – поправковий коефіцієнт, який залежить від кута нахилу конвеєра (табл. 2.1) [5].

Таблиця 2.1

Залежність поправкового коефіцієнта  $C$  від кута нахилу конвеєра  $\beta$

В, град.	0	5	10	15	20
$C$	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Швидкість транспортування  $v$ , м/с,

$$v = \frac{t \cdot n}{60}. \quad (2.12)$$

На похилих гвинтових конвеєрах з рухом вантажу нагору продуктивність зменшується зі зростанням кута нахилу, особливо при наявності проміжних підшипників.

Крок гвинта для порівняно легко переміщуваних вантажів приймають  $t=D$ , для важко переміщуваних вантажів його зменшують до  $t=0,8D$  або застосовують дво-, тризахідні гвинти.

Частоту обертання гвинта  $n$  вибирають залежно від роду переміщуваного вантажу й діаметра гвинта; вона повинна забезпечувати спокійне, без пересипання через вал просування вантажу; частота обертання зменшується зі збільшенням діаметра гвинта, щільності та абразивності вантажу.

Розраховуючи діаметр гвинта для переміщення кускових вантажів, потрібно враховувати розміри кусків вантажу

$$D \geq (10 \dots 12) \cdot a; \quad D \geq (4 \dots 6) \cdot a_{\max},$$

де  $a$  – розмір кусків сортованого (однорідного за розмірами) насипного вантажу;

$a_{\max}$  – розмір найбільших кусків у рядовому (неоднорідному за розмірами) насипному вантажі.

Загальний опір руху вантажу на гвинтовому конвеєрі складається із сил тертя вантажу об жолоб і об поверхню гвинта, опору в проміжних і кінцевих підшипниках (включаючи й упорний підшипник), а також опору підйому при переміщенні нагору по нахилу. Однак, крім того, на гвинтовому конвеєрі діють додаткові опори, що враховуються важко, що виникають через скупчення вантажу в проміжних підшипників, тертя на кромці гвинта об частки, що затягуються в зазор між гвинтом і жолобом, і перемішування вантажу.

**Вертикальні гвинтові конвеєри** належать до конвеєрів спеціального типу (рис. 2.21, а, б). Конвеєр складається з підвішеного на упорному підшипнику вала із суцільними гвинтовими витками, що обертається в циліндричному кожусі (трубі); короткого горизонтального гвинта-живильника, що теж обертається в трубі, і одного (рис. 2.21, а) або двох роздільних (рис. 2.21, б) приводів для обох гвинтів.

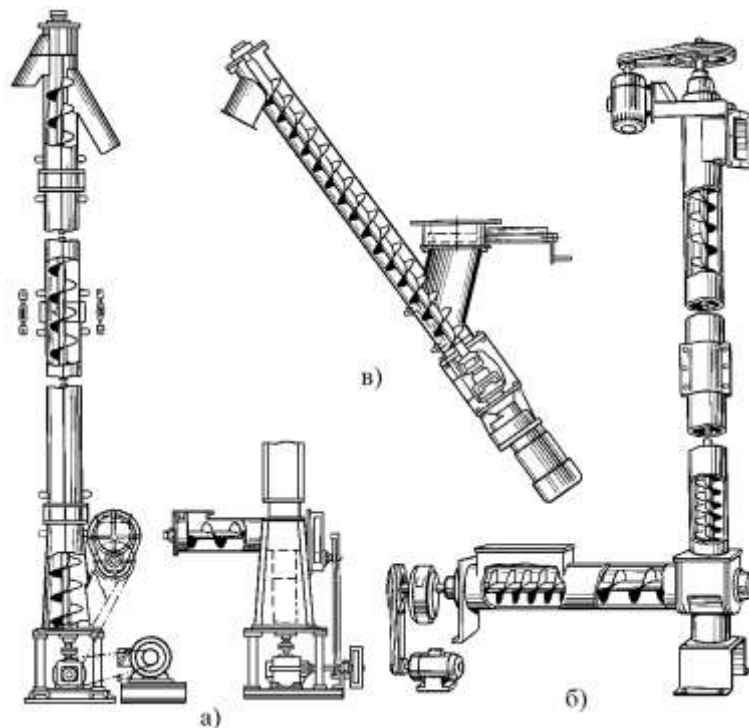


Рис. 2.21. Гвинтові конвеєри:  
а, б – вертикальні; в – крутопохилі

Розвантаження конвеєра здійснюється через патрубков угорі кожуха. Нижню ділянку вертикального гвинта, по якій подається вантаж, роблять або змінного, зменшуваного догори діаметра, або зі зменшеним кроком. При великій висоті конвеєра, щоб уникнути биття вала, іноді встановлюють проміжні підшипники. На рис. 2.21, в показаний круто-похилий перевантажувальний гвинтовий конвеєр із фланцевим електродвигуном.

Вертикальні гвинтові конвеєри застосовують для підйому вантажу на висоту звичайно до 15 м і не більше 30 м при транспортуванні порошкоподібних, зернистих і дрібносипких матеріалів при обмеженій продуктивності. Їхні переваги й недоліки приблизно ті ж, що й горизонтальних гвинтових конвеєрів. У порівнянні з ківшевими елеваторами вони мають менші габаритні розміри й більшу зручність розвантаження в будь-який бік, але значно більш енергоємні. Особливим випадком використання вертикальних гвинтових конвеєрів (при досить малому діаметрі гвинта й малій продуктивності) є застосування їх як установки для свердління вертикальних шпар і шпурів.

### **2.2.6. Вібраційний конвеєр**

Хитний (коливальний) конвеєр у загальному вигляді – це відкритий або закритий герметичний жолоб або труба, що підвішений або обпертий на опорну конструкцію. Жолобу (або трубі) за допомогою збудника коливання надається зворотньо-поступальний (коливальний) рух, у результаті якого вантаж, що перебуває в жолобі, робить послідовно один за одним короткі переміщення вперед з певною швидкістю. Характер переміщення вантажу залежить від режиму руху жолоба, обумовленого конструкцією й характеристикою роботи привода й типом опорних пристроїв.

Хитні конвеєри за режимом руху жолоба й вантажу поділяють на інерційні (з постійним і змінним тиском вантажу на дно жолоба) і вібраційні. На інерційному конвеєрі вантаж сковзає по жолобу під дією сили інерції (вертикальна складова прискорення жолоба менша від прискорення вільного падіння); на вібраційному конвеєрі вантаж відривається від жолоба («підскакує») і рухається мікрокидками (вертикальна складова

прискорення жолоба більша від прискорення вільного падіння). Це принципове розходження в русі вантажу обумовлює розходження в характері зношування стінок жолоба конвеєра й участі маси вантажу, що транспортується, у коливальному русі.

Хитні інерційні конвеєри широко застосовували для підземного транспортування вугілля в шахтах, однак у цей час через властиві їм недоліки у шахтах їх не використовують. Найбільше поширення одержали вібраційні конвеєри.

За профілем траси хитні конвеєри поділяють на прямолінійні горизонтальні, пологопохилі (з підйомом нагору й ухилом униз під кутом до  $15^\circ$ ) і вертикальні – з переміщенням вантажу нагору в жолобі, розташованому по гвинтовій поверхні (просторовій спіралі).

Перевагами хитних конвеєрів є відносна простота конструкції; можливість повної герметизації при транспортуванні вантажів, що порошать, отрутих і гарячих вантажів; можливість виконання різних технологічних операцій (просівання, сушіння, охолодження) одночасно із транспортуванням; мале зношування жолоба вібраційних конвеєрів навіть при переміщенні абразивних вантажів і порівняно невелика витрата енергії при усталеному русі.

До недоліків конвеєрів відносять значне зниження продуктивності при транспортуванні вантажу по похилій нагору; неможливість переміщення липких вантажів; зменшення швидкості й продуктивності при транспортуванні пилоподібних дрібнодисперсійних вантажів; передача вібраційних навантажень на опорні конструкції, що не дає змоги невраїноважені конструкції конвеєра встановлювати на міжповерхові перекриття будинків і без фундаменту; порівняно невисокий термін служби пружних елементів і підшипників привода. Крім того, в інерційних конвеєрів спостерігається інтенсивне зношування жолоба при транспортуванні абразивних вантажів.

Хитні конвеєри застосовують для транспортування насипних і, рідше, штучних вантажів у горизонтальному й полого похилих напрямках при порівняно невеликих відстанях переміщення (до 50 м, рідко – до 100 м) і продуктивності приблизно до  $400 \text{ м}^3/\text{год}$ . Вертикальні хитні конвеєри транспортують вантажі по гвинтовій поверхні нагору на висоту до 12 м при продуктивності до  $20 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Найбільш оптимальною галуззю застосування хитних (і особливо вібраційних) конвеєрів варто вважати герметичне транспортування вантажів, що порошать, гарячих, що газують, отрутних, хімічно агресивних насипних вантажів в умовах повної ізоляції від навколишнього середовища на підприємствах хімічної й металургійної промисловості, при виробництві будівельних матеріалів і т.п.

За напрямком переміщення вантажу вібраційні конвеєри поділяють на горизонтальні, полого похилі й вертикальні.

За способом кріплення вантажонесучого елемента (жолоби, труби) розрізняють віброконвеєри на вільних пружних підвісках-амортизаторах (підвісна, вільноколивна конструкція) і на похилих напрямних стояках (опорна конструкція з похилими напрямними пружними елементами). В опорній конструкції похилі пружні стояки служать не тільки опорами вантажонесучого елемента, але й обумовлюють напрямок його коливань (жолоб одержує спрямовані коливання).

За числом одночасно коливних мас у коливальній системі конвеєра розрізняють конвеєри одно-, дво- й багатомасні.

За характером динамічної врівноваженості віброконвеєри поділяють на врівноважені й неуврівноважені.

За числом вантажонесучих елементів розрізняють віброконвеєри одноелементні (тобто одножолобові або однотрубні) і двохелементні (двожолобові або двотрубні). Одноелементні конвеєри можуть мати одинарний або здвоєний вантажонесучий елемент; в останньому випадку вантажонесучі елементи, наприклад дві паралельні труби, жорстко з'єднані один з одним, коливаються як єдине ціле. Таку конструкцію застосовують, наприклад, для одночасного транспортування різних вантажів.

За виробничим призначенням бувають вібраційні конвеєри, живильники й дозатори, призначені для транспортування вантажу; конвеєри-грохоти для одночасного транспортування й розподілу часток вантажу за їх розміром або відділення, наприклад, ливників або литва від землі, віброгрохоти для просівання вантажу.

За характеристикою і настроюванням пружних опорних елементів (коливної системи) розрізняють віброконвеєри з



резонансним, дорезонансним і зарезонансним настроюванням пружної системи. При резонансному настроюванні частота збуджуючої сили віброзбудника  $\omega$  і основна частота власних коливань пружної системи конвеєра  $\omega_0$  однакові або приблизно рівні (зазвичай приймають  $0,85 < \omega/\omega_0 < 1,1$ ). При дорезонансному настроюванні частота збуджуючої сили віброзбудника значно менша від частоти власних коливань конвеєра ( $\omega \ll \omega_0$ ). При зарезонансному настроюванні частота збуджуючої сили значно вище частоти власних коливань конвеєра ( $\omega \gg \omega_0$ ).

Резонансне настроювання пружної системи конвеєра забезпечує малу витрату енергії при сталій роботі конвеєра, можливість створення конвеєра високої продуктивності, але потребує значних пускових зусиль через велику твердість пружної системи. Резонансне настроювання пружної системи одержало переважне поширення на конвеєрах середнього й важкого типів.

При зарезонансному настроюванні пружної системи її твердість невисока, пускові зусилля знижуються, але підвищується витрата енергії при сталій роботі конвеєра; можлива тривала надійна стабільна робота машини при різних змінах навантаження. Основний недолік зарезонансного настроювання – можливість значного збільшення напруг у пружних елементах через короткочасне збільшення амплітуди коливань при проходженні через область резонансу при пуску й головним чином при зупинці конвеєра (у періоди наростання й зниження частоти збуджуючої сили і її збігу із частотою власних коливань системи). Для ліквідації цього недоліку розроблений ряд спеціальних пристроїв. Крім того, мала твердість пружних елементів викликає їхні значні деформації під дією сили ваги, тому зарезонансне настроювання застосовують головним чином для підвісних і опорних конвеєрів порівняно легкого типу. Дорезонансне настроювання має мале поширення.

Вантажонесучий елемент горизонтального вібраційного конвеєра, як правило, робить прямолінійні (в окремих конвеєрах кругові або еліптичні) симетричні гармонічні коливальні рухи із синусоїдальною зміною збуджуючої сили. Вертикальні вібраційні конвеєри роблять подвійний гармонічний коливальний рух: прямолінійний уздовж горизонтальної осі й обертальний навколо вертикальної.

Вібробуджувачі коливання вантажонесучого елемента можуть бути відцентровими, ексцентриковими (кривошипно-шатунними), електромагнітними, гідравлічними й пневматичними. Найбільше поширення одержали електромагнітні й ексцентрикові вібробуджувачі, гідравлічні й пневматичні застосовують рідко й головним чином для роботи у вибухонебезпечних умовах. Вібраційні конвеєри мають порівняно малі амплітуди коливань (звичайно 1...15 мм) і більші частоти коливань ( $3000...400 \text{ хв}^{-1}$  відповідно до значень амплітуд).

До сучасних конструкцій вібраційних конвеєрів висувають такі основні вимоги: 1) мінімальна передача динамічних навантажень на опорні конструкції й можливість установа опорної рами конвеєра не тільки на фундамент, але й на міжповерхові перекриття; 2) повна герметичність при транспортуванні, у тому числі й у місцях кінцевого й проміжного завантажень і розвантажень; 3) можливість проміжного завантаження й розвантаження конвеєра й автоматичного управління цими операціями; 4) найменша загальна маса й маса коливних частин на одиницю продуктивності конвеєра; 5) можливість транспортування без перевантажень на найбільшу відстань, тобто найбільша оптимальна довжина на один привод; 6) малі габарити по висоті; 7) висока надійність пружних елементів і привода – коефіцієнт готовності не менше 0,98, ресурс до першого капітального ремонту не менше 8000 год; 8) малий рівень шуму при роботі конвеєра – 80...85 дБ. Технічні вимоги на горизонтальні й пологопохилі нахилені віброконвеєри регламентовані ГОСТ 11732-78.

**Підвісні конвеєри.** Вібраційний конвеєр підвісної конструкції з вільноколивною одномасною системою (рис. 2.22, а) складається з вантажонесучого елемента (труби або жолоба) 1, вільно підвішеного (або обпертого, рис. 2.22, б) на пружних з'єднаннях – амортизаторах 3 до нерухомих опорних конструкцій і одержує спрямовані коливання від відцентрового привода 4 спрямованої дії і запобіжного пояса 5. Останній необхідний на випадок аварійного обриву пружних підвісок.

Приводом служать відцентровий (інерційний, дебалансний) вібробуджувач – маятниковий, здвоєний або два

синхронізованих електродвигуни-вібратори (рис. 2.22, в). Привод може мати нижнє (рис. 2.22, а), показано суцільними лініями) або верхнє (показано штриховими лініями) розташування стосовно вантажонесучого елемента. Синхронізовані мотор-вібратори можуть мати також центральне бічне розташування (рис. 2.22, в).

Для забезпечення переміщення вантажу в заданому напрямку привод установлюють таким чином, щоб лінія дії спрямованої збуджуючої сили, що виникає від нього, становила кут  $\beta$  від 20 до 30° з поздовжньою віссю конвеєра. Цей кут називають кутом напрямку коливання. Оскільки в процесі коливання частки вантажу роблять мікропольоти (мікрокидки), вантаж транспортується в напрямку, що збігається з лінією дії збуджуючої сили над поздовжньою віссю конвеєра (або над верхнім рівнем шару вантажу в трубі).

Для забезпечення строго спрямованих прямолінійних коливань вантажонесучого елемента привод конвеєра повинен розташовуватися так, щоб лінія дії збуджуючої сили (або рівнодіюча двох сил від двох мотор-вібраторів) проходила через центр інерції всієї коливальної системи.

Для розглянутих випадків при повній симетричності системи в поперечній площині центр інерції збігається із центром ваги системи, координати якого в просторовій системі визначаються за загальновідомими законами теоретичної механіки. Якщо ця умова не дотримана й лінія дії збуджуючої сили, яка викликає коливання системи, не проходить через центр інерції (ваги) системи, то утворюється момент, і система одержує не тільки прямолінійні, але й додаткові крутильні коливання, що несприятливо впливають на процес переміщення вантажу.

Для стабільності поширення коливань важливо також забезпечити високу твердість вузла кріплення кронштейна привода до вантажонесучого елемента конвеєра. При малій твердості кріплення виникають місцеві коливання стінок труби або жолоба, які несприятливо впливають на процес переміщення вантажу й можуть викликати руйнування як стінок труби, так і кріплення привода.

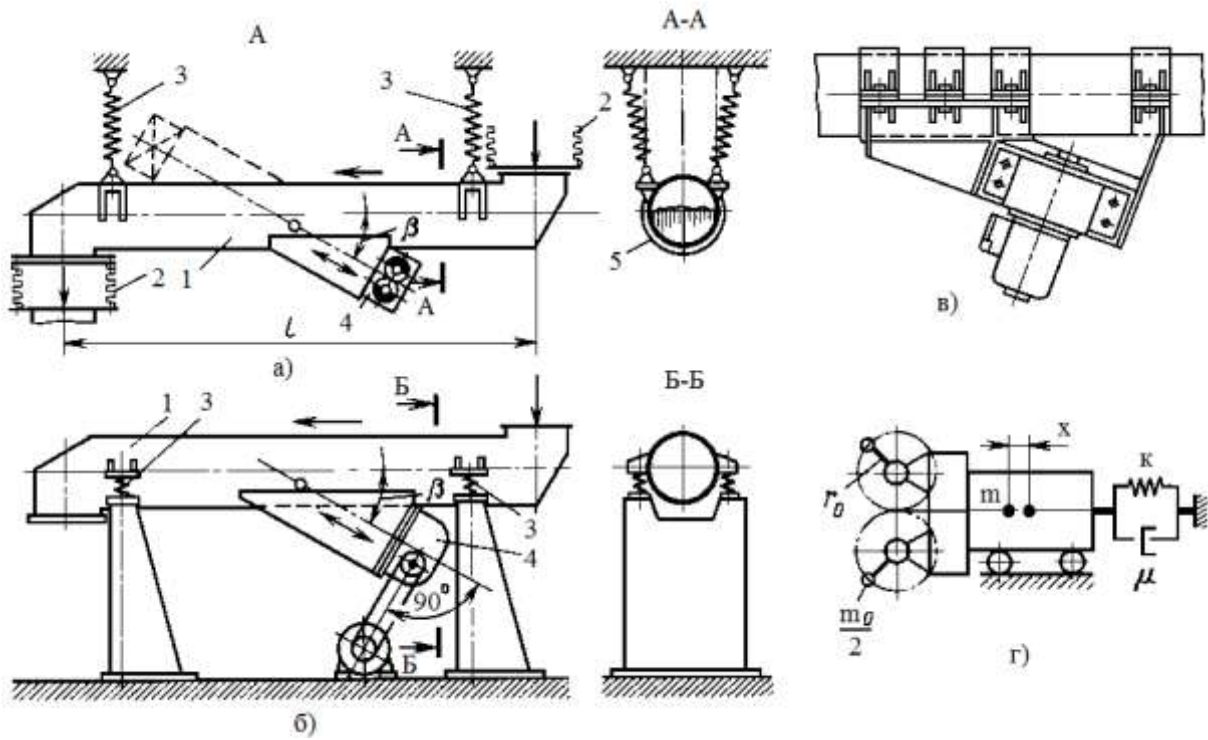


Рис. 2.22. Схеми одномасних вібраційних конвеєрів:  
а, б, в – конструктивні; г – розрахункова

При використанні клинопасової передачі від електродвигуна до вала відцентрового привода спрямованої дії вісь клинопасової передачі (рис. 2.22, б) повинна розташовуватися перпендикулярно лінії напрямку коливань. Тільки в цьому випадку коливання конвеєра не будуть шкідливо впливати на передачу, і вона не буде обмежувати розмах коливання труби конвеєра. Пружні підвіски (або опори) конвеєра мають малу твердість і служать лише амортизаторами; частота власних коливань системи на таких підвісках значно нижча від частоти збурювальної сили. Тому конвеєри, які мають систему, що вільно коливається, працюють у зарезонансному режимі, що дає змогу майже повністю виключити передачу вібраційних навантажень від конвеєра на опорні конструкції.

Завантажувальні й розвантажувальні патрубкі коливної труби конвеєра з'єднують із нерухомими конструкціями, наприклад бункерами або пересипними лійками, за допомогою гнучких гофрованих патрубків 2 (рис. 2.22, а) з міцної тканини, гуми або пластмаси. Ці патрубкі, забезпечуючи герметичність з'єднання, не перешкоджають коливальному руху труби або жолоба.

При установленні конвеєра безпосередньо під випускним отвором бункера вертикальний тиск стовпа насипного вантажу, що перебуває в бункері, не повинен передаватися на конвеєр; він повинен сприйматися стінками нерухомої напрямної лійки, за допомогою якої завантажується конвеєр. При неможливості розміщення такої лійки між бункером і конвеєром необхідно встановити спеціальний живильник. Ці рекомендації стосуються до віброконвеєрів будь-якого типу.

## **2.3. Установки пневматичного транспорту**

### **2.3.1. Загальні відомості**

Пневматичним називають транспорт, у якому переміщення вантажів здійснюється по трубах або жолобах стисненим або розрідженим повітрям. Пневматичні транспортні пристрої (пневмотранспорт) застосовують для переміщення насипних (пилоподібних, порошкоподібних, зернистих, дрібнокускових) і одиничних вантажів, упакованих у патрони, капсули та ін. У виробництві будівельних матеріалів пневмотранспорт широко використовують для транспортування цементу, вапна, гіпсу, соди, крейди, глинозему та інших подібних вантажів завдяки таким основним перевагам: високій продуктивності (до 400 т/год) за рахунок механізації завантаження й розвантаження; герметичності траси переміщення вантажу, що зменшує забруднення середовища, й ін.

Серед недоліків пневмотранспорту можна відзначити швидке зношування елементів установки, що стикаються із вантажем, який транспортується; необхідність ретельного очищення повітря, яке викидається в атмосферу.

Насипний вантаж транспортують у вигляді суміші його часток з повітрям, що називають аеросумішшю. Переміщення аеросуміші здійснюється внаслідок різниці тисків у трубопроводі тільки при певній швидкості повітря, яка називається критичною. На процес транспортування впливають властивості вантажів, головні з яких сипкість, розмір часток, щільність, коефіцієнти внутрішнього тертя й тертя об тверді поверхні, вологість, злежуваність, абразивність, кут природного укосу. Вантаж з

підвищеною вологістю легко прилипає до стінок трубопроводу й інших елементів, закупорює їх, порушуючи процес транспортування (наприклад, вологість цементу й гіпсу не повинна перевищувати 1 %, тому що при збільшенні вологості ці вантажі можуть злежуватися).

Аеросуміш характеризується коефіцієнтом масової концентрації  $\mu$ , (кілограм за секунду вантажу на кілограм за секунду повітря)

$$\mu = \frac{Q_T}{Q_B} ,$$

де  $Q_T$  – масова продуктивність, кг/с;

$Q_B$  – масова витрата повітря, кг/с.

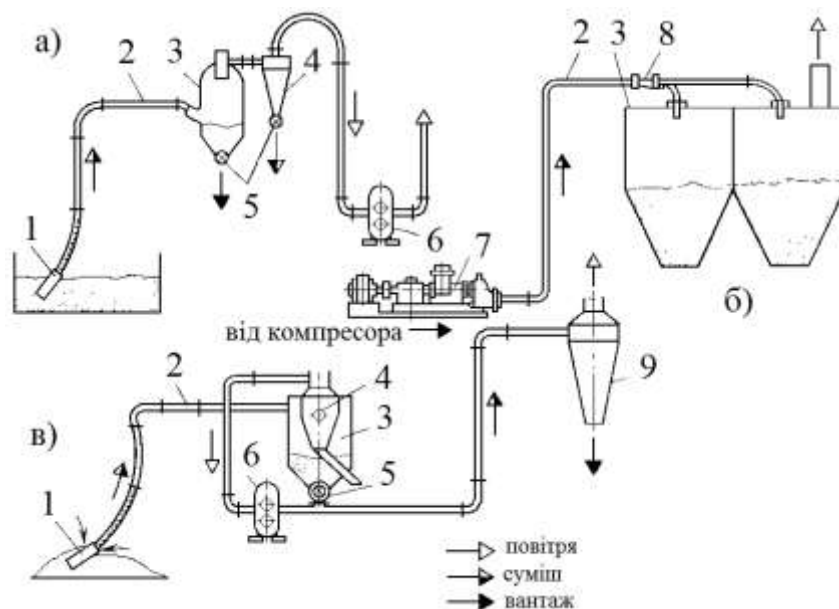
Пневмотранспортні пристрої, що переміщують насипний вантаж, за принципом дії поділяють на три види: 1) установки, у яких аеровані частки вантажу переміщаються по трубопроводу в потоці повітря у зваженому стані ( $\mu \leq 100$ ); 2) установки, у яких аерований вантаж переміщається по трубопроводу з високою концентрацією (у щільному шарі) ( $\mu = 200 \dots 600$ ); 3) аерожолоби, у яких аерований вантаж рухається по похилому жолобу під дією сили ваги вантажу ( $\mu = 60 \dots 150$ ).

Пневмотранспортні пристрої складаються з таких основних елементів: системи підготовки повітря (повітродувні машини, повітропроводи, вологомастиловіддільники, контрольнo-вимірювальна апаратура); живильника або сопла, що подають вантаж у трубопровід; транспортного трубопроводу з арматурами; розвантажувального пристрою для відділення вантажу від повітря (віддільник); фільтра для очищення повітря й системи управління.

### **2.3.2. Установки пневматичного транспорту, що переміщують вантаж у зваженому стані**

Установки поділяють на всмоктувальні, нагнітальні та всмоктувально-нагнітальні (змішаного типу).

В усмоктувальній установці (рис. 2.23, а) вакуум-насос 6 створює розрідження в пневматичній системі. Під дією атмосферного тиску повітря через сопло 1 разом з вантажем засмоктується зі штабеля в трубопровід 2 і надходить в осаджувальну камеру (віддільник) 3, де створюється завихрення потоку, унаслідок чого частки вантажу, рухаючись за інерцією, ударяються об його стінки, у результаті чого їхня швидкість зменшується й вони падають униз. Повітря, що містить дрібний пил, по трубопроводу надходить у фільтр 4, де очищається, і, пройшовши вакуум-насос 6, викидається в атмосферу. Вантаж з віддільника й фільтра вивантажується через затвори 5, які пропускають вантаж і перешкоджають проникненню повітря з атмосфери. Усмоктувальні установки доцільні в тих випадках, коли потрібно забирати вантаж з декількох пунктів і транспортувати його в один приймальний пункт. Усмоктувальна установка з вентиляторами наприкінці транспортного трубопроводу має тиск не більше 0,01 МПа; з повітродувками не більше 0,03 МПа; з водокільцевим вакуум-насосом не більше 0,09 МПа. Усмоктувальні установки застосовують для легких насипних вантажів, при розвантаженні вагонів, суден на невеликій відстані, тому що перепад тисків у трубопроводі невисокий (0,04...0,05 МПа).



У **нагнітальній** установці (рис. 2.23, б) стиснене повітря від компресора 7, пройшовши через вологооливоддільник і повітрозбірник, через повітропровід надходить у змішувальну камеру, в яку примусово живильником подається вантаж. У камері вантаж інтенсивно перемішується з повітрям і через транспортний трубопровід 2 надходить у віддільники 3 на місця розвантаження. Для перемикання потоку з одного віддільника на інший у транспортному трубопроводі встановлюють перемикачі 8. Відпрацьоване повітря, пройшовши фільтр, викидається в атмосферу. Віддільники й фільтри також оснащені затворами. Ця установка доцільна в тих випадках, коли вантаж, що забирається з одного пункту, необхідно розподілити по декількох приймальних точках. Установки з компресорами мають тиск 0,6 МПа. Нагнітальні установки застосовують для транспортування вантажів на значні відстані.

**Усмоктувально-нагнітальна** установка (рис. 2.23, в) складається з двох частин: усмоктувальної, що забирає вантаж, і нагнітальної, що транспортує його до місця розвантаження. Засмоктуваний соплом 1 вантаж надходить по трубопроводу 2 у віддільник 3, що через затвор 5 з'єднаний з живильником. Повітря з віддільника 5, що пройшло через фільтр 4, подається усмоктувально-нагнітальною повітродувною машиною 6 у змішувальну камеру живильника, змішується з вантажем і направляється до місця розвантаження у віддільник 9. Вантаж може забиратися з декількох завантажувальних місць і подаватися в ряд пунктів. Такі установки застосовують при знепилюванні млинів та інших технологічних апаратів, а також як перевантажувальні пристрої, коли необхідно поєднувати дві операції – забирання вантажу зі штабеля й подачу його по вертикалі.



## Контрольні питання

1. Із чого складається стрічковий конвеєр?
2. Як визначити продуктивність стрічкового конвеєра?
3. Назвіть схеми натяжних пристроїв стрічкових і ланцюгових конвеєрів.
4. Які тягові органи застосовуються для елеваторів?
5. Як визначити продуктивність гвинтового конвеєра?
6. Яка відмінність хитного конвеєра від вібраційного?
7. Для яких вантажів застосовуються хитні конвеєри?
8. Які переваги й недоліки має пневматичний транспорт?
9. Які транспортувальні машини переміщують штучні й насипні вантажі?
10. Для яких вантажів застосовуються гвинтові конвеєри й труби?
11. Опишіть пристрій пневматичного транспорту.

## 3. ВАНТАЖОПІДЙОМНІ МАШИНИ

### 3.1. Загальні відомості

Вантажопідйомними називають машини, які призначені для підйому й переміщення вантажів і людей.

Вантажопідйомні машини можна поділити на три основні групи: 1) вантажопідйомні пристрої, до яких відносять домкрати, лебідки, поліспасти й талі; 2) вантажопідйомні крани, головними з яких є крани мостового типу, стрілового типу, консольні, крани-штабелери; 3) підйомники.

### 3.2. Домкрати

Домкрати рейкові, гвинтові гідравлічні (рис. 3.1, а – в) переміщують вантаж тільки у вертикальному напрямку за допомогою рейки 1, гвинта 4 і поршня 5, установлених у корпусах 2, і оснащені приводом у вигляді рукояток 3.

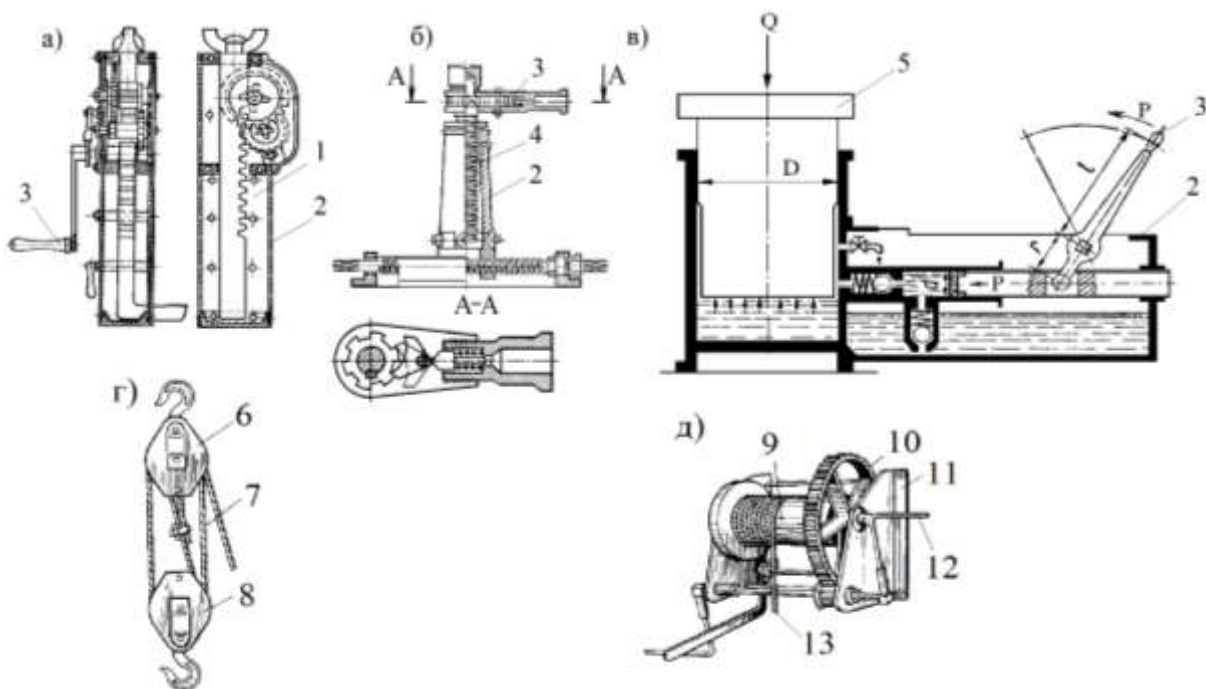


Рис. 3.1. Вантажопідйомні пристрої:  
а - в – відповідно рейковий, гвинтовий і гідравлічний домкрати;  
г – поліспаст; д – лебідка з ручним приводом

З метою досягнення компактності передавального механізму **рейкових домкратів** діаметр малих шестерень і число їх зубів роблять мінімальними (4 – 5 зубів), а передавальне число кожної пари приймають не більше 4 – 6. Для утримання піднятого вантажу і запобігання його самовільному опусканню на валу приводної рукоятки встановлено гальмо, що забезпечує безпеку роботи (безпечна рукоятка).

Зусилля, яке потрібне для підйому вантажу рейковим домкратом  $P$ , Н,

$$P = \frac{Q \cdot d_u}{r \cdot i \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  - вага вантажу, що піднімається, Н;

$d_u$  - діаметр початкової окружності ведучої шестірні, пов'язаної з рейкою, м;

$r$  - довжина плеча рукоятки, м;

$i$  - передавальне число зубчастої передачі;

$\eta$  - ККД механізму домкрата.

Рейкові домкрати виготовляють вантажопідйомністю від 3 до 5 т при максимальній висоті підйому від 0,4 до 0,6 м [6]. Їх застосовують для рихтування сталевих конструкцій і підйому вантажів під час вантажно – розвантажувальних, монтажних і ремонтних роботах.

**Гвинтові домкрати** зазвичай виконуються самогальмівними і не потребують ніяких додаткових пристроїв для утримання вантажу. Тому кут підйому гвинтової лінії  $\alpha$  у гвинтових домкратах прийнятий меншим від кута тертя (зазвичай  $\alpha = 4 - 6^\circ$ ) [6].

Гвинтові домкрати виготовляють вантажопідйомністю від 2 до 50 т. При вантажопідйомності, що перевищує 20 т, обертання гвинта домкрата здійснюється через черв'ячну передачу. Деякі типи домкратів випускають на полозках, горизонтальний гвинт яких дає змогу переміщати вантаж на невеликі відстані по горизонталі – у межах від 200 до 250 мм.

Гвинтові домкрати можуть бути як з ручним, так і з електричним приводом.

Підйом вантажу **гідравлічним домкратом** здійснюється при подачі в його циліндр рідини під тиском, а спуск – шляхом випуску цієї рідини через спускний канал. Регулюючи ступінь відкриття спускного крана, можна змінювати швидкість витікання рідини і, отже, швидкість опускання вантажу. Робоча рідина – мінеральне масло подається в циліндр домкрата насосами з ручним або машинним приводом. Насоси можуть бути об'єднані з домкратом у блок або встановлені поруч (окремо) і приєднані до домкрата трубопроводом. При роздільному установленні один насос може забезпечити роботу групи домкратів.

Оскільки зусилля до поршня насоса прикладається через рукоятку 3 (рис. 3.1, в), робоче зусилля на рукоятці, яке необхідне для підйому вантажу  $P$ ,  $H$ , визначаємо за формулою

$$P = Q \cdot \frac{d^2 \cdot r}{D^2 \cdot l \cdot \eta}, \quad (3.2)$$

де  $r, l$  – плечі рукоятки;  
 $\eta$  – ККД домкрата,  $\eta = 0,75 \dots 0,8$  [3].

Якщо підібрати мале співвідношення  $d^2/D^2$ , можна отримати великий вигреш у силі. Тому гідравлічні домкрати великої вантажопідйомності мають відносно невеликі габарити і масу. У будівельній промисловості найбільш поширені домкрати масою від 180 до 300 кг, вантажопідйомністю від 100 до 200 т при висоті підйому від 0,15 до 0,2 м.

При підйомі великих споруд (прогони мостів, доменні печі тощо) масою в сотні і навіть тисячі тонн застосовують кілька домкратів, з'єднаних у загальну батарею з живленням від насосної установки. Запірна арматура, встановлена на кожному домкраті батареї, дає змогу відключити будь-який з них і регулювати швидкість опускання і підйому.

Для підйому вантажу на висоту, що перевищує висоту підйому домкрата, застосовують гідравлічні домкрати безперервної дії, у яких вантаж піднімається циліндром, а

поршень спирається на основу (рис. 3.2). Такі домкрати, крім циліндра і поршня, мають зворотні пружини, що стискаються при підйомі циліндра і забезпечують підтягування поршня в циліндр після випуску з нього рідини.

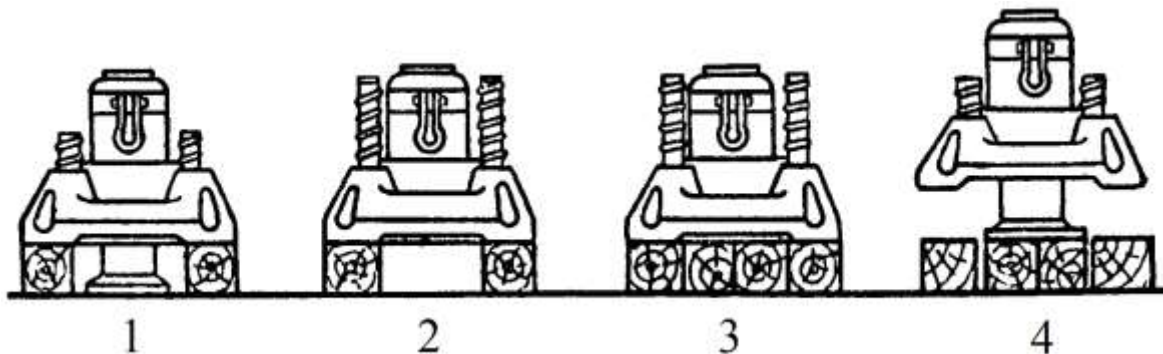


Рис. 3.2. Схема дії гідравлічного домкрата безперервного підйому

Порядок роботи: 1) циліндр піднімається з вантажем у верхнє положення, зворотні пружини стискаються і під лапи циліндра підводять опорні бруси; 2) відкривається спускний клапан, і поршень під дією зворотних пружин підтягується в циліндр; 3) під основу поршня підкладають опорні бруси; 4) вмикається насос, і циліндр піднімає вантаж ще на один хід домкрата. Надалі цикл може повторюватися.

**Поліспа́ст** (рис. 3.1, г) виконаний у вигляді нерухомої б і рухомої обойм 8 з гаками й роликками (блоками), які охоплюються канатом 7. Нерухома обойма закріплюється на будь-якій конструкції, а на гак рухомої обойми навішується вантаж. До вільного кінця каната прикладається тягове зусилля. Поліспасти застосовують при монтажних і ремонтних роботах разом з лебідками для підйому вантажу або переміщення його по площині. Поліспасти можуть бути використані як самостійний механізм (рис.3.1, г) або бути елементом механізму підйому вантажу або стріли (рис.3.3, 3.4). У механізмах підйому нерухому обойму закріплюють на рамі кранового візка або головці стріли, а рухому обойму оснащують гаком (підвіска гака).

Поліспасти призначені для отримання виграшу в силі, зменшення крутного моменту на барабані і передавального числа передавального механізму, що дає змогу отримати механізм підйому вантажу або стріли менших розмірів, маси та вартості. Такі поліспасти називають силовими (рис.3.4).

Також існують поліспасти, які призначені для виграшу у швидкості (швидкісні) (рис.3.3), за допомогою яких при малих швидкостях руху приводного елемента досягається підвищена швидкість руху вантажу. Зазвичай швидкісні поліспасти використовуються в навантажувачах, гідро- або пневмопідійомниках.

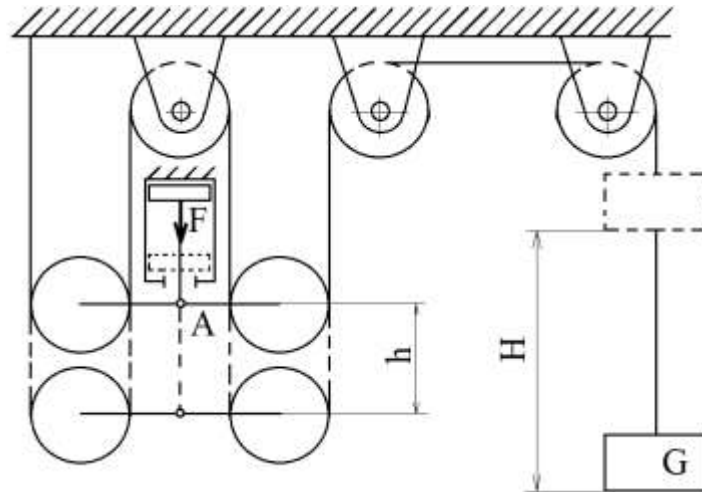


Рис. 3.3. Схема швидкісного поліспада

Розрізняють поліспасти одинарні (рис. 3.4, а) і здвоєні (рис 3.4, б). В останніх спільно працюють два одинарні поліспасти, у яких, як правило, запасовано один відрізок каната. У здвоєних поліспастах у місці переходу каната з одного одинарного поліспада на другий установлений зрівняльний блок 4 (рис.3.4) (інколи встановлюється зрівняльна траверса), який служить для вирівнювання натягу і довжини канатів. При роботі зрівняльний блок не обертається, тому допускається зменшувати його діаметр.

Основним параметром поліспада є його кратність. Для силового поліспада кратність визначається за формулою

$$a_n = \frac{z_k}{z_6}, \quad (3.3)$$

де  $z_k$  - число канатів, на яких підвішений вантаж;  
 $z_6$  - число канатів, що набігають на барабан.

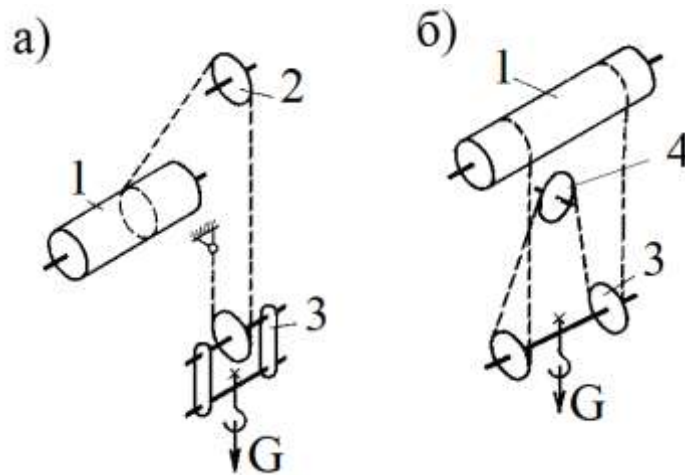


Рис. 3.4. Схеми силових поліспастів:  
 1 – барабан; 2 – обвідний блок; 3 – гакова підвіска;  
 4 – зрівняльний блок

Також кратність поліспасти можна визначити за формулою

$$a_n = \frac{v}{v_g} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{бар}}{60 \cdot v_g},$$

де  $v$  - швидкість каната, що набігає на барабан, м/с;

$v_g$  - швидкість підйому вантажу, м/с.

$D$  - діаметр барабана, виміряний по центру перерізу каната, м;

$n_{бар}$  - частота обертання барабана, об/хв.

Розрахунок швидкісних поліспастів принципово не відрізняється від розрахунку силового поліспасти. При переміщенні обойми поліспасти (точки А на рис. 3.3) на відстань  $h$  вантаж проходить шлях  $H$ , м,

$$H = a h,$$

де  $a$  – кратність швидкісного поліспасти.

Сила  $F$ ,  $H$ , яка необхідна для підйому вантажу вагою  $G$  швидкісним поліспастом, визначається за формулою

$$F = \frac{G \cdot a}{\eta_n \cdot \eta^t},$$

де  $\eta_n$  – ККД поліспасти;  
 $t$  – кількість обвідних блоків;  
 $\eta$  – ККД блока.

Максимальний натяг у системі силового поліспасти під час підйому вантажу визначається за формулою

$$S_{max} = \frac{G_g}{a \cdot \eta_n},$$

де  $G_g$  – вага вантажу, Н;  
 $a$  - кратність силового поліспасти.

Для одинарного поліспасти  $i_{\Pi} = z_k$ .

Існують степеневі поліспасти (рис. 3.5), які, як і силові, призначені для виграшу в силі.

Кратність степеневого поліспасти визначається за формулою

$$a = 2^m,$$

де  $m$  – кількість рухомих блоків. Наприклад, для поліспасти на рис. 3.5  $m=3$ . Отже, кратність цього степеневого поліспасти  $a = 8$ .

Швидкість канату, що набігає на барабан,  $v_k$ , м/с,

$$v_k = v_g \cdot 2^m.$$

де  $v_g$  – швидкість підйому вантажу, м/с.



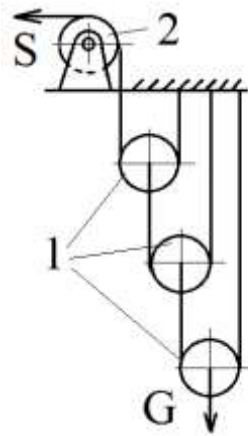


Рис. 3.5. Схема ступеневого поліспада:  
1 – рухомі блоки; 2 – нерухомий блок

Сила  $S$ ,  $H$ , яка необхідна для підйому вантажу вагою  $G$  (рис. 3.5) ступеним поліспадом, визначається за формулою

$$S = \frac{G}{\eta_n \cdot 2^m},$$

де  $\eta_n$  – ККД ступеневого поліспада.

### 3.3. Лебідки

Будівельні лебідки можна класифікувати:

- за типом привода (ручні, механічні);
- за розташуванням у просторі (підвісні (з ручним приводом «таль»); просторові (з електричним приводом «тельфер»));
- за призначенням (підйомні, тягові);
- за кількістю барабанів (з одним барабаном, з двома і більше барабанами, безбарабанні);
- за конструкцією (електрореверсивні, зубчасто-фрикційні).

Лебідка з ручним приводом має опорну конструкцію 11 (рис. 3.1, д), на якій змонтовані барабан 9, передавальний механізм (із зубчастими передачами) 10 і привод, що може бути ручним від рукоятки 12 або електричним. Канат 13 намотується на барабан. Його закріплюють на вантажі або запасовують у поліспад.

Вантажний момент на барабані  $M_{\sigma}$ , Н·м, визначається за формулою

$$M_{\sigma} = S_n \cdot \frac{D_o}{2}, \quad (3.4)$$

де  $S_n$  - тягове зусилля лебідки, Н;

$D_o$  - діаметр барабана по центру осі каната останнього шару навивання, м.

Потрібне робоче зусилля на рукоятці  $F_p$ , Н, лебідки визначаємо за формулою

$$F_p = \frac{M_{\sigma}}{u \cdot l_p \cdot z \cdot \alpha \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

де  $u$  - передавальне число лебідки;

$\eta$  - загальний ККД;

$l_p$  - робоче плече рукоятки, м;

$z$  - кількість робітників;

$\alpha$  - коефіцієнт нерівномірності докладання зусиль робітниками.

Електричні однобарабанні лебідки (рис. 3.6) мають раму 6, на якій змонтовані електродвигун 4, редуктор 2 і барабан 1. Муфта, що з'єднує вали двигуна і редуктора, виконана з гальмівним шківом, на якому встановлено автоматичне нормально-закрите гальмо 3. На рамі встановлена шафа з апаратурою управління 5. Барабан гладкий з ребордами і розрахований на багат шарове (3 – 5 шарів) навивання каната. Щоб забезпечити рівномірне укладання каната на барабані, іноді застосовують канатоукладальник. Для зручності переміщення поздовжні балки рами виконані у вигляді полозків.

Необхідну потужність електродвигуна лебідки  $N$ , кВт, визначаємо за формулою

$$N = \frac{G \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.6)$$

де  $G$  - вага вантажу, що переміщується, Н;  
 $v$  - швидкість пересування вантажу, м/с;  
 $\eta$  - ККД лебідки.

**Талями** називають компактні змонтовані в одному корпусі лебідки, що складаються з привода, гальма, редуктора, барабана (або зірочки), шафи управління і підвіски гака. Талі широко застосовують для механізації вантажно-розвантажувальних, транспортних і складських робіт зі штучними вантажами. За видом приводу талі можуть бути ручні й електричні і за видом гнучкого елемента – ланцюгові і канатні.

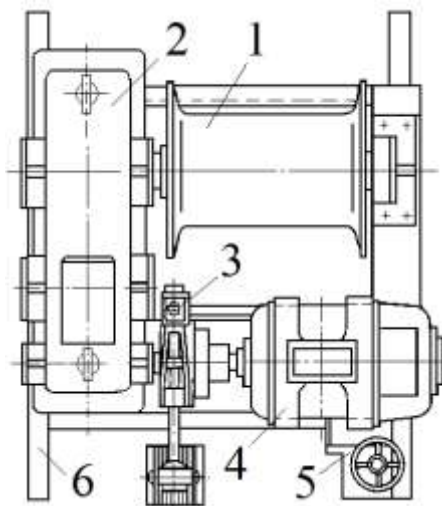


Рис. 3.6. Схема електричної однобарабанної лебідки

Ручні ланцюгові талі застосовують при монтажних і ремонтних роботах. Талі підвішують за гак до триноги, перекриттів цехів, балок, а також до візків, які можуть переміщатися по двотавровій балці.

**Черв'ячний таль** (рис. 3.7, а) має обойму, у верхній частині якої закріплений гак 1.

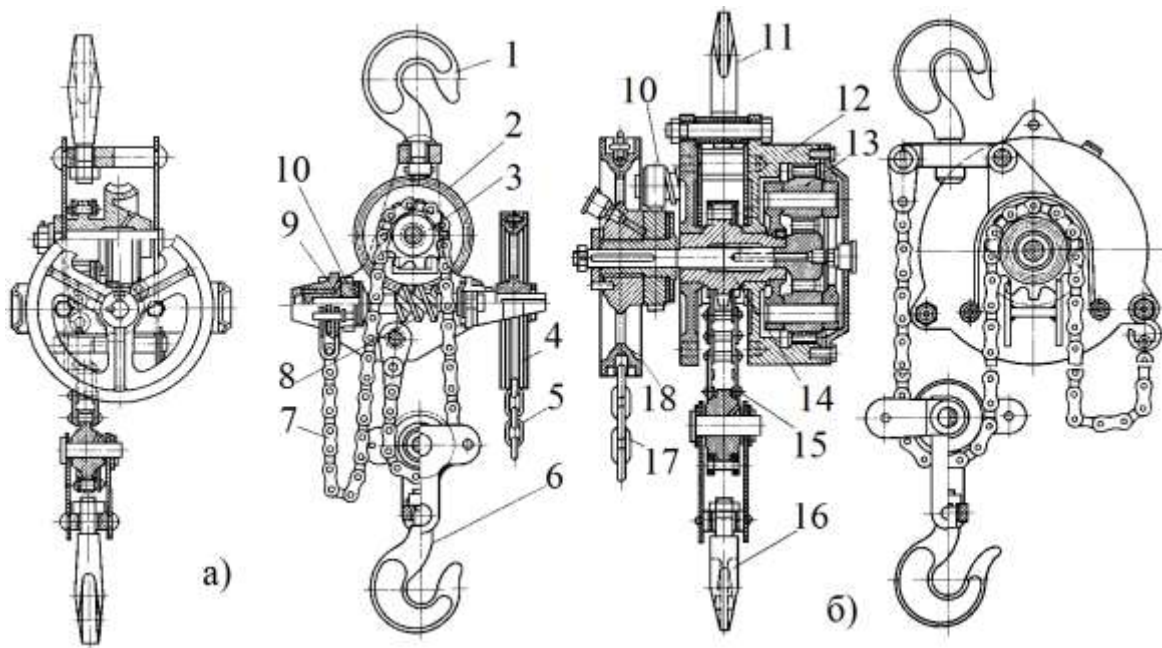


Рис. 3.7. Схема ручних талів:  
а – черв'ячний; б – шестерінчастий

Підйомний механізм складається з тягового колеса 4 з круглolanковим каліброваним ланцюгом 5, вантажоупорного гальма 9, черв'яка 8, черв'ячного колеса 2, виконаного литим із зірочкою 3, вантажного ланцюга 7 (пластинчастого або круглolanкового каліброваного) і гакової підвіски 6. Гальмо дискове з нерозімкнутими поверхнями тертя.

Він складається з вільно посадженого на вал черв'яка храповика, який постійно затиснутий між фланцями черв'яка і втулкою підшипника. Собачка закріплена на обоймі талю. Для підйому вантажу тяговому колесу надають обертання за допомогою ланцюга. Собачка проскакує по храповику і не перешкоджає підйому вантажу. Після зупинки собачка впирається в зуб храповика й утримує вантаж на вазі. При опусканні вантажу тягове колесо обертають у зворотному напрямку, храповик нерухомий, тому долається момент від сил тертя між стисненими поверхнями храповика і фланця черв'яка.

**Шестерінчастий таль** (рис. 3.7, б) має корпус 12 з гаком 11. Підйомний механізм складається з тягового колеса 18 з ланцюгом 17, вантажоупорного гальма 10, планетарного редуктора 13, зірочки 14, вантажного ланцюга 15 (пластинчастого або круглolanкового каліброваного) і підвіски

гака 16. Гальмо дискове з поверхнями тертя, які розмикаються. Храповик вільно посаджений на втулку і замикається між фланцем втулки і торцевою поверхнею тягового колеса. Собачка закріплена на корпусі таля. При підйомі вантажу тягове колесо, що обертається ланцюгом, нагвинчується на різь маточини, стискає храповик і за рахунок сил тертя приводить в обертання фланець з втулкою і валом редуктора. Собачка не перешкоджає підйому. Після зупинки тягового колеса собачка впирається в зуб храповика й утримує вантаж на вазі. Для опускання вантажу необхідно обертати тягове колесо у зворотному напрямку.

Талі, які укріплюються на візках та переміщаються по монорейках, називаються кішками.

Зусилля  $F$ ,  $H$ , у тяговому ланцюгу, що потрібне для підйому вантажу,

$$F = \frac{Q \cdot r}{u_n \cdot u_q \cdot R \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

де  $Q$  – вага вантажу, Н;

$r$  – радіус вантажної зірочки, м;

$u_n$  – кратність поліспасти;

$u_q$  – передавальне число черв'ячної передачі;

$R$  – радіус тягової зірочки, м;

$\eta$  – ККД таля,  $\eta = 0,55 \dots 0,75$  [6].

**Електричні пересувні талі.** Електроталі називають групу компактних вантажопідйомних механізмів, що складаються кожний з вантажного пристрою (барабан, трос, блок, гак), редуктора, гальма, електродвигуна. Електроталі встановлюються на опорах, підвішуються до опорних конструкцій за допомогою болтів або гаків, кріпляться болтами до неприводних візків, до візків з ручним приводом і до візків з електроприводом (рис. 3.8) [7].

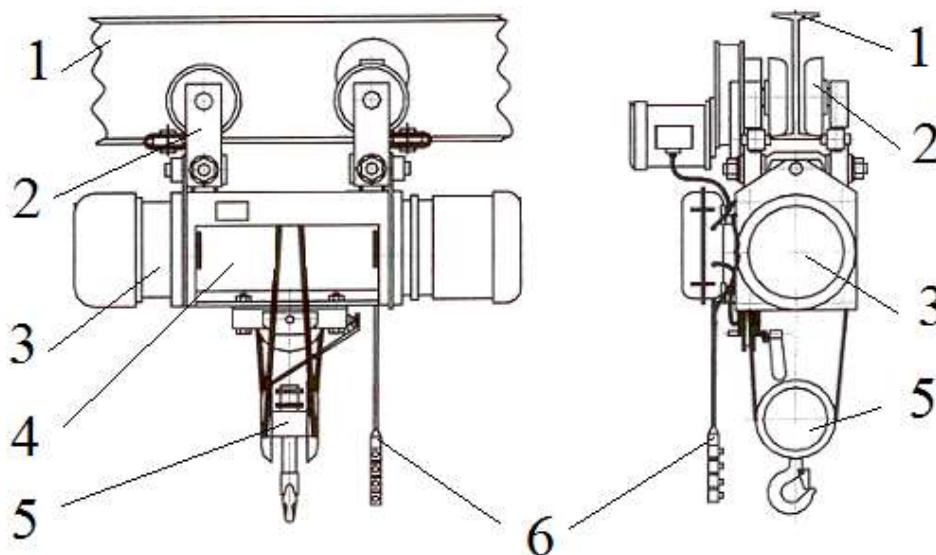


Рис. 3.8. Схема електроталі ТЭ-500 вантажопідйомністю 5 т:  
 1 – монорейка; 2 – механізм пересування електроталі;  
 3 – механізм підйому; 4 – барабан; 5 – гакова підвіска;  
 6 – пульт управління

Електроталі, змонтовані на візках, отримали назву **тельферів** (або електротельферів). Тельфери – дуже поширені підйомно-транспортні механізми. Тельфери використовуються і як підйомні механізми в настінних кранах, кран-балках, кранах на колоні, козлових кранах тощо (рис. 3.9) [8].

Пересування тельфера по монорейці 1 (рис. 3.8) здійснюється від індивідуального електродвигуна з редуктором. Управління електроталіями здійснюється з підлоги через гнучкий кабель, оснащений пультом 6 з пусковими кнопками.

Обмежувач висоти підйому вантажу автоматично вимикає електродвигун, коли гакова підвіска досягає певної висоти.

### 3.4. Підйомники

**Підйомниками** називають вантажопідйомні машини, що транспортують вантажі і людей у вертикальному або близькому до вертикального напрямку. У залежності від призначення підйомника вантажонесучими пристроями є: кліті, бункери, ковші, платформи, кабіни, захоплювачі тощо.

Підйомники застосовують на промислових підприємствах, у житлових багатоповерхових будинках і на будівельних майданчиках. Найбільш поширені клітьові шахтові підйомники (ліфти).

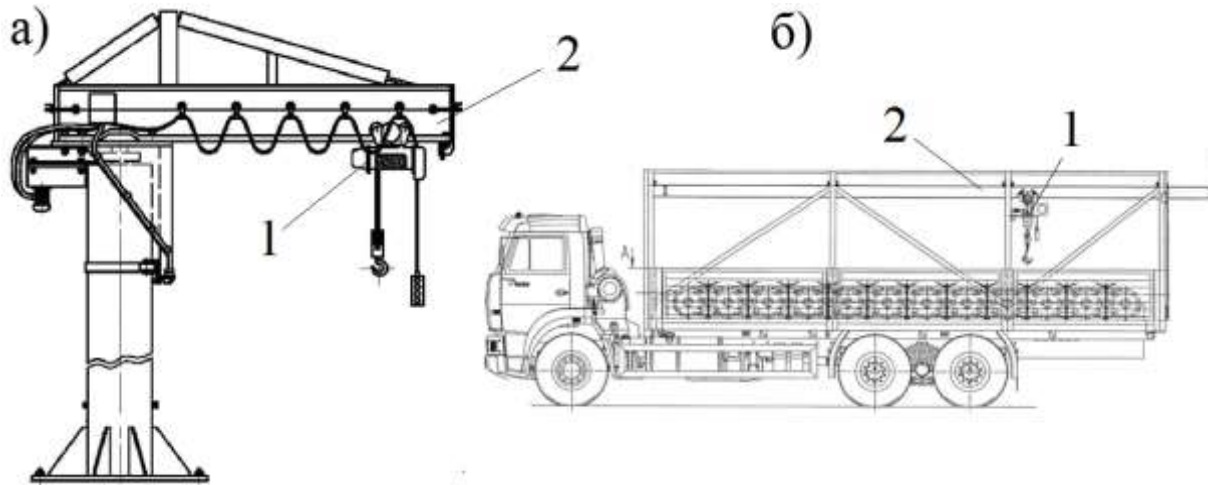


Рис. 3.9. Варіанти використання електроталів:  
1 – електроталь; 2 – монорейка

Будівельні підйомники класифікують за призначенням, способом установа, конструкцією напрямних, типом вантажонесучого органа та механізмом підйому, способом монтажу і ступенем мобільності. Підйомники розрізняють:

- за призначенням: вантажні, призначені тільки для транспортування вантажів, та вантажопасажирські – для транспортування вантажів і людей;

- за способом установа: пересувні (самохідні і несамохідні), здатні переміщатися відносно будівлі в процесі роботи, і стаціонарні, які можуть бути приставними, такі, що прикріплюються до будівлі, і вільностоячими – без кріплення до будівлі. Пересувні підйомники на рейковому або пневмоколісному ході використовують порівняно рідко.

- за конструкцією напрямних вантажонесучого органа: з підвісними (гнучкими) і жорсткими напрямними.

Підйомники з жорсткими напрямними бувають щогловими, скіповими і шахтовими. Тип вантажонесучого органа підйомника визначається його призначенням. Вантажопасажирські підйомники обладнуються кабінами,



вантажні – висувними і невисувними, поворотними і неповоротними платформами, висувними рамами або консолями, монорейками і напрямними з підвісною кліттю, а також ковшами, що саморозвантажуються. Механізми підйому підйомників поділяють на канатні і безканатні. У канатних механізмах підйому використовуються канатно-блокова система і лебідка, у безканатних – зубчасто-рейкові або струминно-рейкові механізми модульного типу [9].

За способом монтажу підйомники поділяють на мобільні, що перевозяться з об'єкта на об'єкт у зібраному вигляді, і немобільні – такі, що розбираються під час демонтажу на секції і транспортуються в такому вигляді до місця монтажу. Підйомники не мають єдиної системи індексації.

Головним параметром підйомників є вантажопідйомність. До основних параметрів належать: найбільша висота підйому вантажу; швидкість підйому та опускання вантажу; величина переміщення вантажу по горизонталі; величина вертикального переміщення вантажу; швидкість подачі вантажу; для пересувних підйомників колія (відстань між осями рейок або між колесами, розташованими на одній осі) і база (відстань між осями крайніх ходових коліс, розташованих на одній рейці або одному боці підйомника); встановлена потужність; конструктивна і загальна маса підйомника; крок настінних опор (відстань по вертикалі між сусідніми кріпленнями підйомника до стіни будівлі або споруди); продуктивність та ін.

**Щоглові підйомники** найбільш поширені в міському будівництві і призначені для підйому будівельних матеріалів і деталей при санітарно-технічних, оздоблювальних, ремонтних та інших роботах. Розрізняють вантажні та вантажопасажирські щоглові підйомники. Щогловий підйомник складається з опорної рами, вертикальної напрямної щогли, підйомної вантажної платформи (у вантажних) або кабіни (у вантажопасажирських), механізму підйому платформи (кабіни), органів управління і запобіжних пристроїв. У механізмах підйому використовуються реверсивні лебідки з електроприводом. За конструкцією щогли розрізняють підйомники з однією направляючою щоглою і з двома напрямними щоглами. Підйомники з жорстким вантажонесучим органом мають один робочий рух – підйом вантажу, з висувним – два робочих рухи – підйом вантажу і горизонтальне його переміщення всередину будівлі через отвір.



Щогли підйомників виготовляються з труб і сортового прокату. Щогли з труб більш складні у виготовленні, однак вони мають більшу жорсткість і менший аеродинамічний опір вітру. Щогла підйомника може бути виконана з кутиків (напрямних) і труб (розкоси), а горизонтальні зв'язки (поперечки) – зі швелерів і кутиків.

**Вантажний щогловий підйомник** (рис. 3.10, а) складається з опорної рами реверсивної вантажної лебідки 1, канатно-блокової системи 2, вертикальної щогли 3, у напрямних якої переміщається вантажонесучий орган 4, системи управління та запобіжних пристроїв.

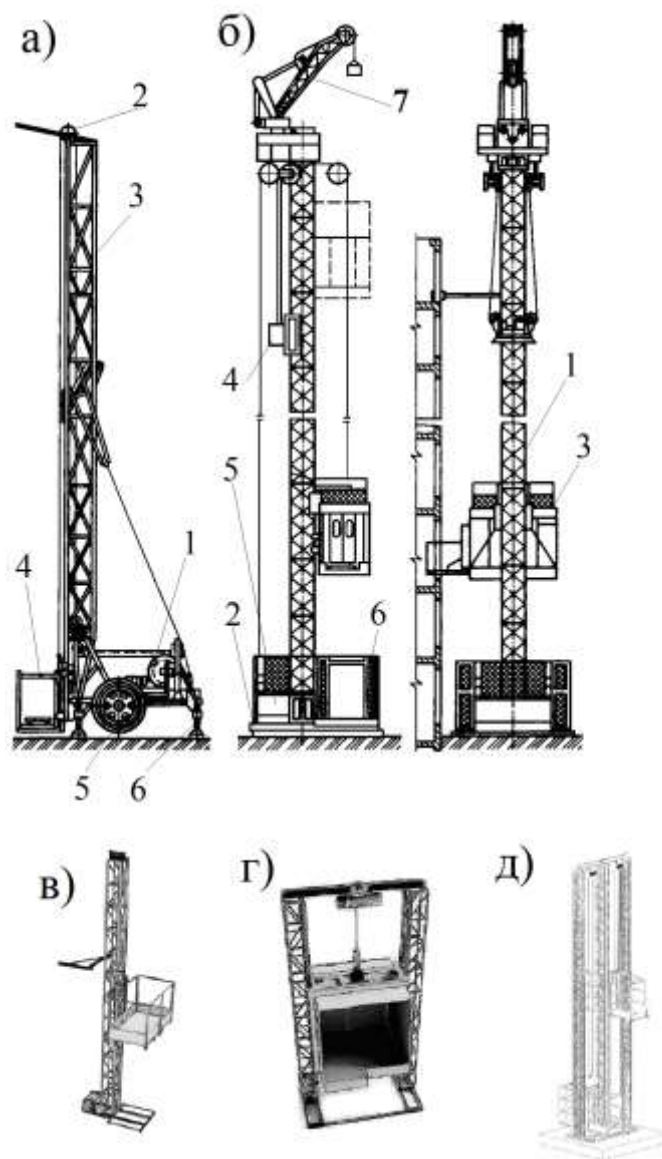


Рис. 3.10. Схеми вантажних щоглових підйомників:  
 а – вантажний; б – вантажопасажирський; в – з однією щоглою;  
 г – з двома щоглами; д – з трьома щоглами

У мобільних підйомниках, що перевозяться в причепі до автомобіля, передбачені колеса на пневмошинах 5, які під час роботи підйомника вивішуються гвинтовими опорами (аутригерами) 6. Монтаж – демонтаж підйомника здійснюється за допомогою вантажної лебідки протягом від 10 до 15 хв. Вантажопідйомність мобільних вантажних підйомників – 320 кг. Приставні вантажні підйомники мають секційно-розбірну щоглу і висувний вантажонесучий орган. Подача вантажу всередину будівлі після підйому здійснюється висуванням платформи з вантажем уздовж жорсткої підйомної рами або переміщенням монорейки з вантажем відносно щогли. Наявність таких органів забезпечує високу безпеку роботи, так як немає необхідності виходу робітника на вантажну платформу підйомника для її розвантаження. Щогли підйомників являють собою ґратчасті конструкції прямокутного й трикутного перерізу з однією або двома напрямними для роликів вантажонесучого органа. Щогли кріплять до будинку настінними опорами. Щогли підйомників для багатоповерхового будівництва випускають розбірними, що складаються із взаємозамінних секцій довжиною від 1,5 до 3 м. Уздовж щогли за допомогою канатно-блокової системи або рейкового зачеплення переміщуються тверді або рухомі в просторі вантажонесучі органи. До твердих органів відносять вертикально переміщувані платформи.

У порівнянні з підйомниками з канатним механізмом підйому, підйомники з рейковим механізмом більш надійні й безпечні в експлуатації та мають більш високі техніко-експлуатаційні показники [9-11].

Підйомники встановлюють паралельно або перпендикулярно стіні будинку або споруди. При цьому, коли вісь платформи паралельна будинку, у проріз подаються малогабаритні вантажі, а при перпендикулярному положенні платформи можуть подаватися й довгомірні вантажі. Управління підйомниками здійснюється машиністом з пульта управління (або переносного пульта на поверсі адресування) або безпосередньо з кабіни з автоматичними зупинками на поверххах по адресованих викликах. Вантажопідйомність приставних вантажних щоглових підйомників з канатним механізмом підйому – 500 кг, з рейковим механізмом – 600...800 кг, висота

підйому вантажу підйомників з канатним підйомним механізмом до 75 м (швидкість підйому вантажу від 0,4 до 0,5 м/с) з рейковим механізмом до 150 м (швидкість підйому вантажу від 0,55 до 0,6 м/с).

**Вантажопасажирський підйомник** (рис. 3.10, б) з канатним механізмом підйому складається зі щогли 1, установленної на опорній рамі 2, кабіни 3, противаги 4, машинного відділення 5 з механізмом підйому та огорожею 6. Вантажопасажирські підйомники являють собою приставні немобільні (розбираються при демонтажі) машини, які за конструкцією напрямних поділяють на шахтові й щоглові. Щоглові вантажопасажирські підйомники широко застосовують у будівельному виробництві. Складовими частинами кожного вантажопасажирського щоглового підйомника є ґратчаста щогла прямокутного або трикутного перерізу, опорна рама, вантажонесучий орган – кабіна для розміщення вантажів і людей, противага і механізм підйому. Щогли підйомників кріплять до будинку настінними опорами. Підйомником управляє один машиніст. Максимальна висота підйому – 150 м, швидкість підйому – 0,7 м/с. На щоглових вантажопасажирських підйомниках застосовують підйомні механізми двох типів – канатні й безканатні (рейкові). Вантажопасажирські підйомники з безканатним механізмом підйому використовують на будівництві будинків висотою від 70 до 150 м. Їх вантажопідйомність становить від 580 до 1000 кг [9]. Зворотно-поступальний рух кабіни забезпечується рейковим приводним пристроєм, що складається із двох уніфікованих моноблокових приводних модулів закритого типу. Кожний модуль включає (рис. 3.11) електродвигун 4 з вмонтованим дисковим гальмом 3 і черв'ячний редуктор 5, на вихідному валу якого закріплена провідна шестірня 2, що входить у зачеплення з рейкою 1 щогли.

Монтаж підйомника здійснюють методом нарощування зверху секції за допомогою монтажного барабана лебідки, монтажного каната й самопідйомної монтажною головки зі стрілою 7 (рис. 3.10, б), що нахиляється і власним механізмом переміщення головки по щоглі. Підйомник можна монтувати також за допомогою баштового крана, монтажного блока, каната й допоміжної лебідки.

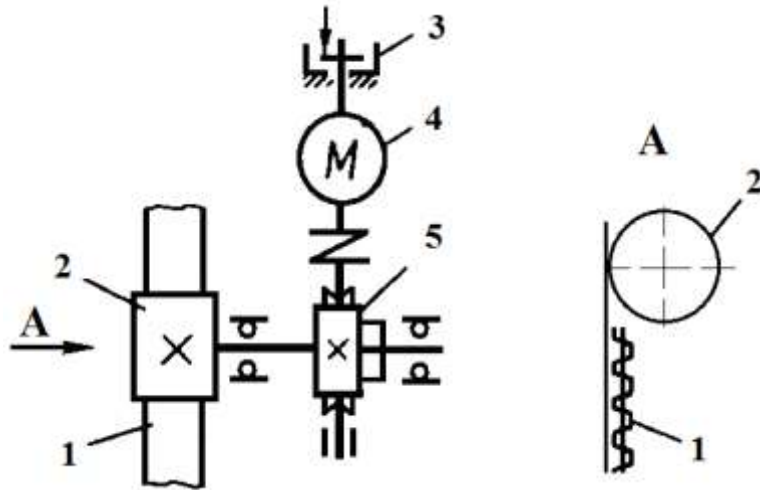


Рис. 3.11. Кінематична схема рейкового приводного пристрою

Забезпечення безпечної експлуатації щоглових підйомників здійснюється автоматично діючими клиновими й ексцентриковими уловлювачами, що зупиняють і утримують платформу або кабінку на випадок перевищення номінальної швидкості її опускання (при обриві, ослабленні вантажного каната або при виході з ладу механізму підйому безканатного типу – рейкового зачеплення), а також кінцевими вимикачами, звуковими й світловими сигналізаторами, блокувальними вимикачами замків на дверях нижнього огородження й вхідних дверях кабіни, блокувальними вимикачами слабину канатів противаги й перепуску, колійними вимикачами точної зупинки й т.п.

Експлуатаційна продуктивність  $\Pi_e$ , т/год, будівельних підйомників

$$\Pi_e = n \cdot Q \cdot k_r \cdot k_b, \quad (3.8)$$

де  $Q$  – номінальна вантажопідйомність, т;

$k_r$  – коефіцієнт використання підйомника за вантажопідйомністю;  $k_r = 0,6 \dots 0,8$  [9];

$k_b$  – коефіцієнт використання підйомника за часом;  $k_b = 0,5 \dots 0,9$  [9];

$n$  – кількість циклів у годину.

$$n = 3600 / t_{\text{ц}},$$

де  $t_{\text{ц}}$  – тривалість одного циклу, с.

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{р}},$$

де  $t_{\text{м}}$  – машинний час, що витрачається на вертикальне й горизонтальне переміщення вантажонесучого органа, с;

$t_{\text{р}}$  – час, що витрачається на ручні операції, які включають навантаження й розвантаження, с.

Для підйомників із жорстким вантажонесучим органом

$$t_{\text{м}} = 2h/v,$$

з висувним

$$t_{\text{м}} = (2h/v) + (2L/v_{\text{Г}}),$$

де  $h$ ,  $v$  – висота, м, і швидкість, м/с, підйому й опускання вантажу;

$L$ ,  $v_{\text{Г}}$  – довжина шляху (м) і швидкість (м/с) переміщення вантажу в прорізі.

**Самопідйомні вишки, колиски й помости** широко застосовують у міському будівництві на монтажних, оздоблювальних і ремонтних роботах з незначними обсягами. Вони призначені для підйому одного або декількох робітників з інструментом і невеликою кількістю матеріалів на певну висоту.

У вишках колиска або площадка, установлена у верхній частині телескопічних (рис. 3.12, а) або важільних (рис. 3.12, б) підйомників, переміщається тільки по вертикалі, а у важільно-шарнірних (рис. 3.12, в), телескопічних шарнірних (рис. 3.12, г) і телескопічних важільно-шарнірних (рис. 3.12, д) автогідропідйомниках вони можуть переміщатися в просторі (і по вертикалі й по горизонталі), а також нижче рівня стоянки машини, охоплюючи значну зону обслуговування.

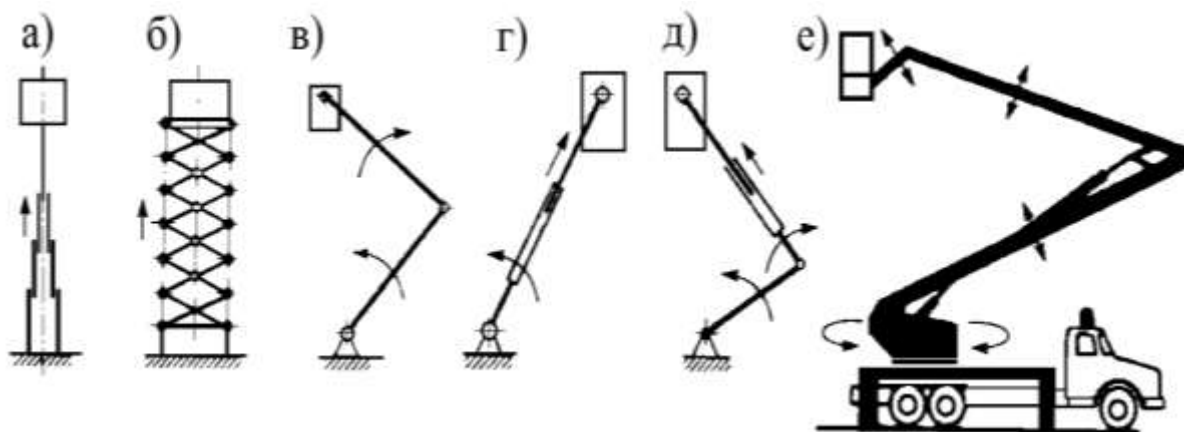


Рис. 3.12. Принципові схеми телескопічних вишок і гідравлічних підйомників

**Автомобільний підйомник** (рис. 3.13) складається з базового автомобіля 1, колінчатої стріли 3, шарнірно встановлених однієї або двох колісок 4, опорного стояка 2, що підтримує стрілу при перебазуваннях, пульта управління 5, поворотної платформи 6, гідроциліндра підйому стріли 7 і виносних гідравлічних опор 8, що використовуються при роботі.

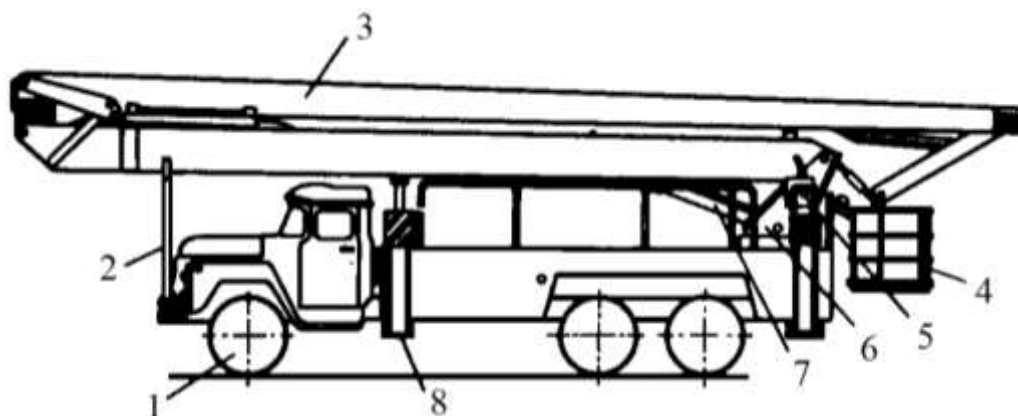


Рис. 3.13. Автомобільний гідравлічний підйомник

Стріли автогідропідйомників складаються із двох – трьох шарнірно з'єднаних між собою керованих секцій, а телескопічні вишки мають до п'яти секцій у щоглі. Відомі комбіновані конструкції, що складаються із двокільної стріли з нижнім трисекційним телескопічним коліном і верхнім, що переміщується у просторі.

Телескопічні вишки мають висоту підйому від 12 до 26 м при вантажопідйомності колиски від 0,15 до 0,35 т, а автомобільні підйомники – висоту підйому до 37 м при вантажопідйомності до 0,4 т. Деякі підйомники можна використовувати як стрілові крани, так як на оголовку нижнього коліна стріли передбачене установлення гака вантажопідйомністю 1 т.

У період будівництва багатоповерхових будинків, а також при їх експлуатації виникає необхідність застосування **самопідйомних підвісних колисок на канатах** (рис. 3.14), що складаються з обгородженої площадки 4 із установленими на ній ручними або реверсивними електролебідками 2, уловлювачами 1 і електроустаткуванням 3.

Колиску зазвичай підвішують на двох запобіжних і двох вантажних канатах. Вантажні канати намотуються на один або два барабани, що синхронно працюють, які піднімають колиску за допомогою блоків, установлених на важелях, що закріплені на даху будинку. Уловлювачі утримують колиску від падіння при можливому раптовому обриві вантажного каната. Ці колиски, маючи довжину платформи до 3,5 м, легко переміщуються на колесах уздовж фасаду будинку на нову ділянку роботи. Вантажопідйомність колисок до 300 кг при висоті підйому до 100 м і потужності електродвигуна до 1 кВт.

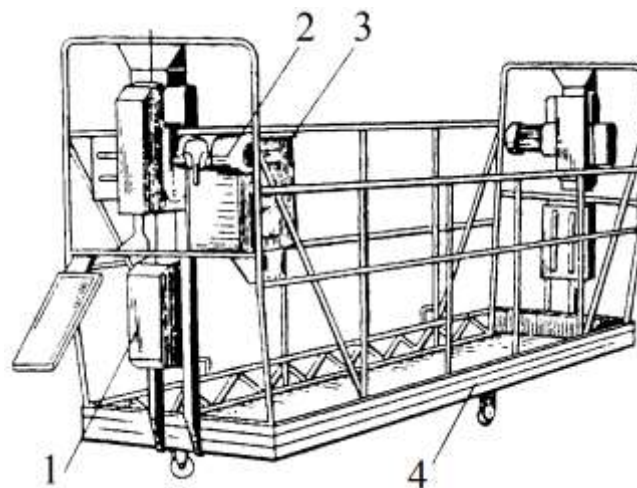


Рис. 3.14. Самопідйомна підвісна колиска

**Помости** являють собою відкриту, установлену на певній висоті або вертикально, площадку, що переміщується, для виконання оздоблювальних і монтажних робіт в основному у внутрішніх приміщеннях громадських, виробничих та інших будинків. Їх виготовляють у вигляді збірно-розбірної або нерозбірної конструкції. Вони можуть бути нерухомими й висувними, стаціонарними й пересувними (самохідними й несамохідними). Пересувні самопідйомні помости (рис. 3.15) складаються з опорної рами 1, на якій установлений гідропривод 2 (електродвигун, гідронасос, масляний бак тощо), важільний пристрій 4, і робочої площадки 6.

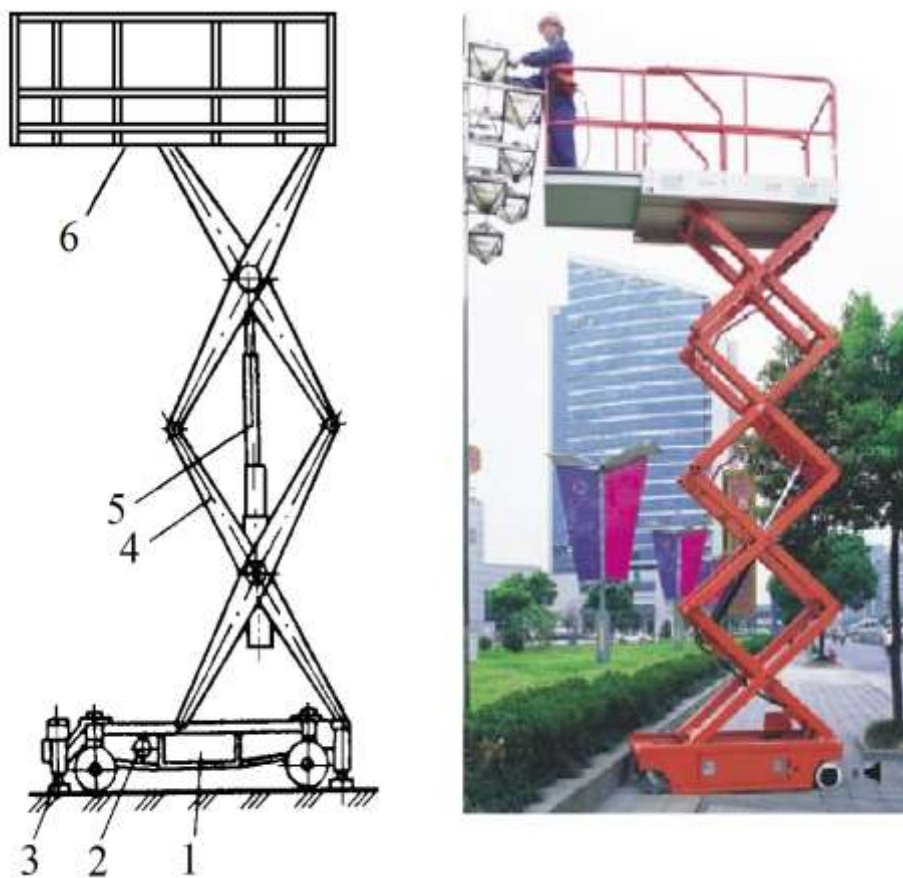


Рис. 3.15. Пересувні самопідйомні помости

Підйом на висоту до 8 м і опускання площадки здійснюються телескопічними гідроциліндрами 5. Стійкість помостів забезпечується гвинтовими опорами 3. Вантажопідйомність становить 300 кг [9, 12].



**Скіпові підйомники** служать для переміщення кускових і насипних вантажів у саморозвантажних ковшах-скіпах у вертикальній площині або під деяким кутом щодо горизонтальної площини. Розрізняють три типи підйомників: 1) урівноважений із противагою; 2) із двома скіпами, з яких один піднімається, а другий опускається та виконує роль противаги; 3) неврівноважений (одержав найбільше поширення).

Пересувний скіповий підйомник (рис. 3.16) установлений на візку 7 і складається з ковша 1, шарнірно укріпленого на рамі 2 і переміщуваного по напрямних швелерах 4.

Ківш переміщається канатом 3, що обгинає напрямний блок 5 і йде до барабана лебідки 6. Передні ролики 8 ковша котяться по нижній полиці напрямних швелерів, що у місці розвантаження закруглюється й переходить у горизонтальне положення. Задні ролики 9 рухаються по верхній прямолінійній полиці. При підйомі ковша його передні ролики потрапляють на горизонтальну ділянку й доходять до упору, а задні ролики продовжують рухатися прямолінійно, перекидаючи ківш і розвантажуючи матеріал у приймальний бункер.

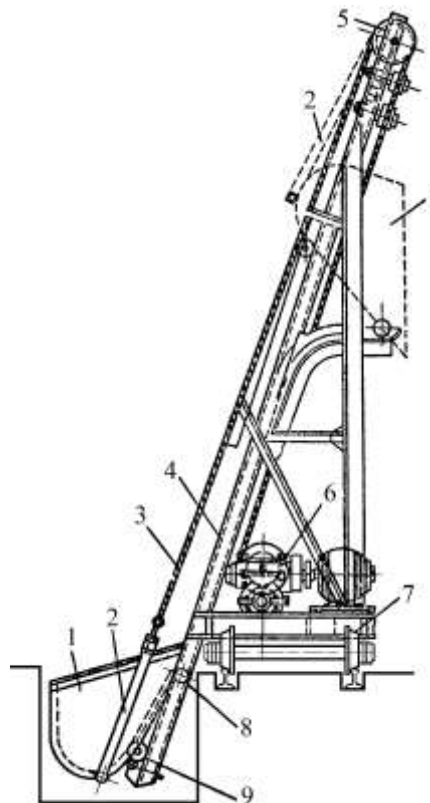


Рис.3.16. Пересувний скіповий підйомник

Скіпові підйомники використовують у будівництві для підйому піску, щебеню, гравію на бетонозмішувальних установках, розчинових вузлах, а також для подачі різних насипних матеріалів на складах і підприємствах будівельної індустрії. Вантажопідйомність їх від 1 до 2 т при висоті підйому від 5 до 15 м і швидкості підйому до 80 м/хв [9, 10].

**Шахтовий підйомник** призначений для вертикального переміщення різних вантажів усередині шахти. Одна з конструкцій шахтового підйомника наведена на рис. 3.17.

Шахтовий підйомник являє собою аналог вантажного ліфта (кабіна, напрямні, механізм підйому). На відміну від вантажного ліфта, пульт управління шахтовим підйомником не розташовується всередині кабіни, а перебуває зовні підйомника, оскільки шахтовий підйомник призначений винятково для перевезення вантажів. Це дає змогу переміщати вантаж між поверхами без супровідної особи.

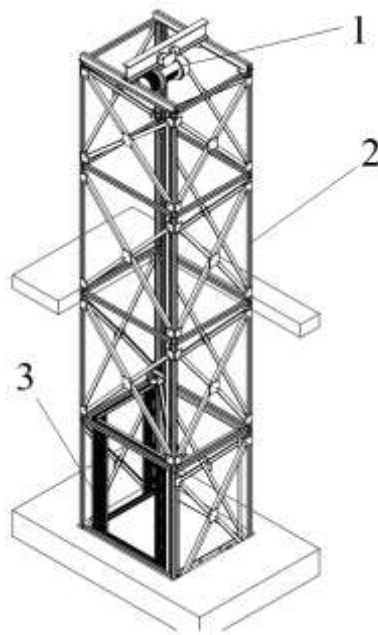


Рис.3.17. Шахтовий підйомник:

1 – механізм підйому; 2 – шахта з напрямними; 3 – кліть

Напрямні підйомника закріплюються до стінок несучої шахти. Вантажна кабіна являє собою закриту конструкцію, обладнану дверима. Шахтовий підйомник може мати як верхнє, так і нижнє розташування механізму підйому. При верхньому

розташуванні підйомний механізм розкріплюється вгорі шахти на стіни, якщо це дає змогу несуча здатність стін, або на верхньому перекритті шахти. При нижньому розташуванні механізм монтується в прямку або за габаритами шахти.

Шахтовий підйомник обладнаний уловлювачами, які являють собою систему із двох страхувальних тросів, розтискних пружин і клинових блоків. При ослабленні або обриві основного троса пружини впливають на блоки, а ті у свою чергу заклинюють страхувальні троси. У результаті кабіна не падає, а висне на двох аварійних тросах. Шахові підйомники встановлюють як усередині, так і зовні будинку.

### **3.5. Крани. Загальні відомості**

Вантажопідйомні крани бувають стрілового, мостового й кабельного типів, з ручним і машинним приводом, стаціонарні й пересувні. Загальна класифікація будівельних кранів [13]:

1) мостового типу:

- козлові;

-напівкозлові;

2) стрілового типу:

а) стрілові:

- щоглові (вантові, жорстконогі);

- стрілові самохідні (автомобільні, тракторні, гусеничні, залізничні, пневмоколісні, рейкові, на шасі автомобільного типу);

б) баштові (автомобільні, рейкові, на шасі автомобільного типу, пневмоколісні, гусеничні, самопідйомні, приставні, крокуючі);

3) з несучими канатами:

- кабельні;

- мостокабельні;

4) літаючі:

- вертольоти;

- дирижаблі.

Крім того, використовують спеціальні крани – плавучі. Усі крани позначають індексами, що складаються з буквеної й цифрової частин. Буквена частина позначає групу крана або

особливості його конструкції, наприклад: КБ – кран баштовий; СКГ – спеціальний кран гусеничний; СМК – спеціальний монтажний кран та ін.

**Стрілові самохідні крани** являють собою стрілове або баштово-стрілове кранове устаткування, змонтоване на самохідному гусеничному або пневмоколісному шасі. Такі крани є основними вантажопідйомними машинами на будівельних майданчиках. Значне поширення стрілових самохідних кранів забезпечили: автономність привода, значна вантажопідйомність, здатність пересуватися разом з вантажем, високі маневреність і мобільність, широкий діапазон параметрів, легкість перебезування з одного об'єкта на інший, можливість роботи з різними видами змінного робочого устаткування та ін.

Розрізняють стрілові самохідні крани загального призначення для будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт широкого профілю й спеціальні для виконання технологічних операцій певного виду (крани-трубоукладачі, залізничні й плавучі крани та ін).

**Класифікація.** Стрілові самохідні крани загального призначення класифікують:

- за вантажопідйомністю – легкі (вантажопідйомністю до 10 т), середні (вантажопідйомністю 10...25 т) і важкі (вантажопідйомністю від 25 т і більше);

- за типом ходового обладнання самохідні крани поділяються на гусеничні та колісні: гусеничні, змонтовані на гусеничному ходовому пристрої; пневмоколісні, змонтовані на спеціальному пневмоколісному шасі; на короткобазовому шасі, пристосованому для роботи в стиснених умовах і на майданчиках з нижчим ступенем підготовки; на шасі автомобільного типу; автомобільні, змонтовані на стандартному шасі вантажного автомобіля, яке використовується лише для встановлення кранового обладнання. Крім кранів із зазначеними типовими конструктивними схемами ходових пристроїв, використовують крани, змонтовані на шасі пневмоколісного тягача, а також на колісному напівпричепі до одноосьового тягача або до колісного трактора з підсиленою ходовою частиною;

- за кількістю й розташуванням силових установок – з однією силовою установкою на ходовому пристрої (шасі), з однією силовою установкою на поворотній частині та з двома силовими установками;

- за кількістю приводних двигунів механізмів – з одно- і багатомоторним приводами;

- за типом привода – з механічним, електричним і гідравлічним приводами;

- за кількістю й розташуванням кабін управління – з кабінами, тільки на шасі, тільки на поворотній платформі, на шасі й на поворотній платформі;

- за конструкцією стріли – зі стрілою незмінної довжини, з висувною й телескопічною стрілами;

- за способом підвішування стріли – із гнучким (на канатних поліспадах) і жорстким (за допомогою гідроциліндрів).

**Індексція.** Усім моделям стрілових самохідних кранів загального призначення, що випускаються заводами, присвоюється індекс згідно з ГОСТ 22827-85, структурна схема якого показана на рис. 3.18.

Перші дві букви індексу **КС** позначають кран стріловий самохідний; чотири основні цифри індексу послідовно позначають:

1-ша цифра – розмірну групу (1...9) (вантажопідйомність у тоннах) крана;

2-га цифра – тип ходового пристрою: гусеничний з мінімально допустимою площею поверхні гусениць – 1; те саме з розширеною площею поверхні гусениць – 2; пневмоколісний – 3; шасі автомобільного типу – 4; автомобільний – 5; тракторний – 6; причіпний і напівпричіпний – 7; короткобазовий – 8; пневмоколісно-гусеничний – 9; спосіб підвішування стрілового устаткування й порядковий номер даної моделі крана;

3-тя цифра – виконання стрілового обладнання: з гнучким підвішуванням – 6; з жорстким підвішуванням – 7;

4-та цифра – порядковий номер моделі (1...9);

1-ша буква – черговість модернізації: перша – А; друга – Б; третя – В і т.д.;

2-га буква – кліматичне виконання: для холодного клімату – ХЛ; для тропічного – Т; для тропічного вологого – ТВ. Якщо немає 2-ї букви, то це означає, що у крана виконання У – для помірного клімату.

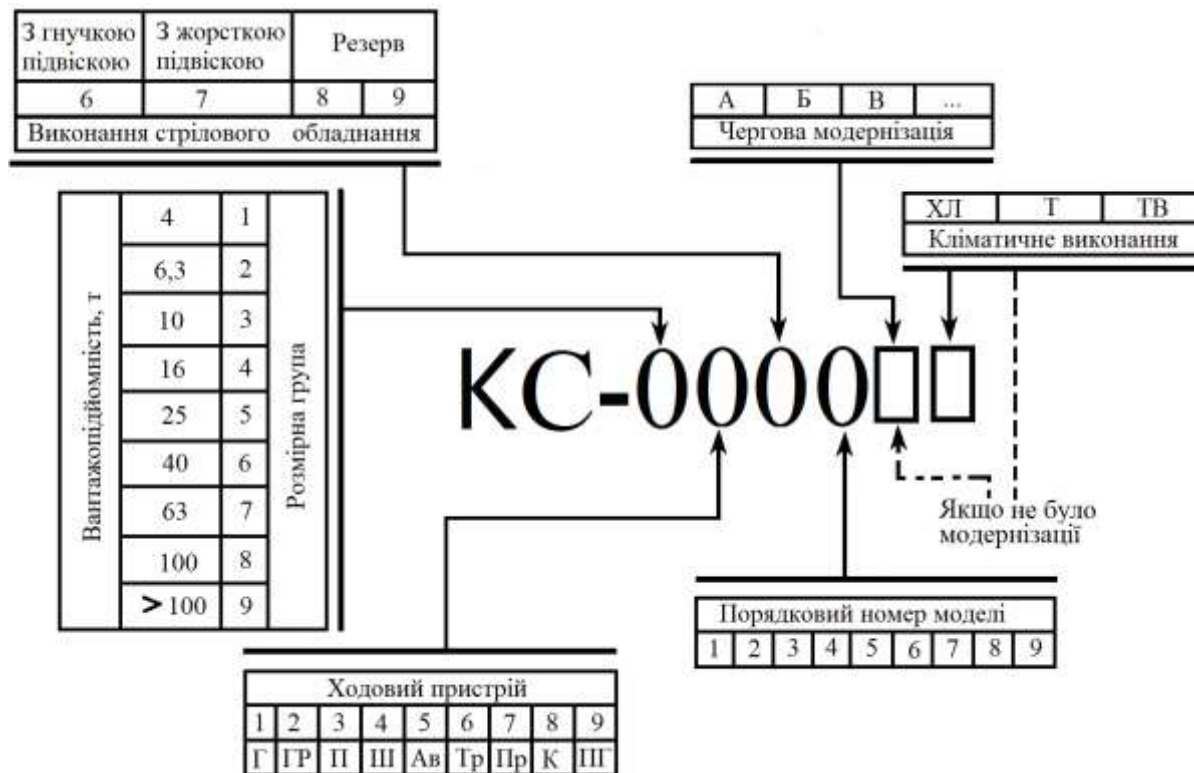


Рис. 3.18. Система індексації стрілових самохідних кранів

**Приклади умовного позначення:** КС-5363Б – кран стріловий вантажопідйомністю 25 т, пневмоколісний, з гнучким підвішуванням, третьої моделі, другої модернізації; КС-8165 – кран стріловий вантажопідйомністю 100 т, гусеничний, з гнучким підвішуванням, п'ятої моделі; КС-4561АХЛ позначає: кран стріловий самохідний, четвертої розмірної групи, вантажопідйомністю 16 т, на стандартному шасі вантажного автомобіля, із гнучким підвішуванням стрілового устаткування, перша модель, що пройшла першу модернізацію, у північному виконанні.

### 3.5.1. Баштові крани

**Баштові крани** забезпечують вертикальне й горизонтальне транспортування будівельних конструкцій, елементів будівель і будівельних матеріалів безпосередньо до робочого місця в будь-якій точці споруджуваного об'єкта. Темп будівництва визначається продуктивністю баштового крана, що істотно залежить від швидкостей робочих рухів.

Робочими рухами баштових кранів є підйом і опускання вантажу, зміна вильоту стріли (гака) з вантажем, поворот стріли в плані на  $360^\circ$ , пересування самохідного крана. Окремі рухи можуть бути сумісні, наприклад підйом вантажу з поворотом стріли в плані. Усі баштові крани обладнані двигунами з електроприводом із живленням від мережі змінного струму напругою 220/380 В. У загальному випадку кожний баштовий кран – це поворотний кран з підйомною або балковою стрілою яка шарнірно закріплена у верхній частині вертикально розташованої башти.

**Класифікація.** Баштові крани класифікують: за призначенням, за конструкцією башти, типом стріли, способом установлення й типом ходового обладнання [13 – 15].

За призначенням розрізняють крани для будівельно-монтажних робіт у житловому, цивільному й промисловому будівництві, для обслуговування складів і полігонів, заводів залізобетонних виробів і конструкцій, для подачі бетону на гідротехнічному будівництві, суднобудівні [13, 15].

За конструкцією башти розрізняють крани з поворотною й неповоротною баштою. Башти кранів можуть бути постійної довжини й розсувними (телескопічними).

У кранів з поворотною баштою (наприклад, баштові крани КБ-401А, КБ-405.1, КБ-504, КБ-602) опорно-поворотний пристрій, як правило, розміщений унизу, безпосередньо на ходовій частині крана або на порталі.

**Баштовий кран з поворотною баштою** (рис. 3.19) складається з неповоротної рами з ходовим пристроєм 5, його приводом і поворотної частини.

Поворотна частина включає поворотну платформу 4 з противагою 7, механізм обертання 3, вантажну 8 і стрілову 9





**Баштовий кран з неповоротною баштою** (рис. 3.20) відрізняється від кранів з поворотною баштою тим, що разом з нижньою рамою 2 і ходовими візками 3, конструктивно схожими з такими, як для кранів з поворотною баштою, до неповоротної частини належить також башта 1 з порталом і баластом 4 в нижній частині. Баласт забезпечує крану необхідну стійкість проти перекидання як під навантаженням, так і в ненавантаженому стані. Поворотна частина крана включає поворотну головку 12, що спирається на верхню частину башти через опорно-поворотний пристрій 6, зазвичай горизонтально розташовану стрілу 14 з вантажною кареткою 15 і лебідкою 13 для її пересування і противагову консоль 7 з пересувною противагою 8, вантажною лебідкою 9 і лебідкою пересування противаги 11.

Стріла і противагова консоль підтримуються розтяжками 10. Як і у випадку кранів з поворотною баштою, противага служить для вирівнювання навантажень на тіла кочення опорно-поворотного кола. Положення противаги на противаговій консолі залежить від положення вантажної каретки на стрілі і маси вантажу, що піднімається. По мірі зведення будівлі башту подовжують за допомогою монтажного сточка 5. Для цього, заздалегідь зрівноваживши поворотну частину відповідним розташуванням вантажної каретки і противаги, за допомогою монтажного стояка 5 і спеціальної лебідки піднімають башту разом з поворотною частиною і в зазор, що утворився, вводять додаткову секцію, яку пристиковують до нижньої частини піднятої башти, після чого на неї опускають верхню частину.

У кранах з поворотною баштою маса елементів, що розташовані вище, менша, ніж у кранах з неповоротною баштою, а отже, загальний центр мас розташований нижче, що сприяє зменшенню загальної маси крана, підвищенню його динамічної стійкості та зручності його транспортування і монтажу. Проте при великій вантажопідйомності і висоті підйому вантажу в цих кранах значно збільшується загальна маса, у зв'язку з цим при вантажопідйомності більше 10 т доцільно використовувати крани з неповоротною баштою.

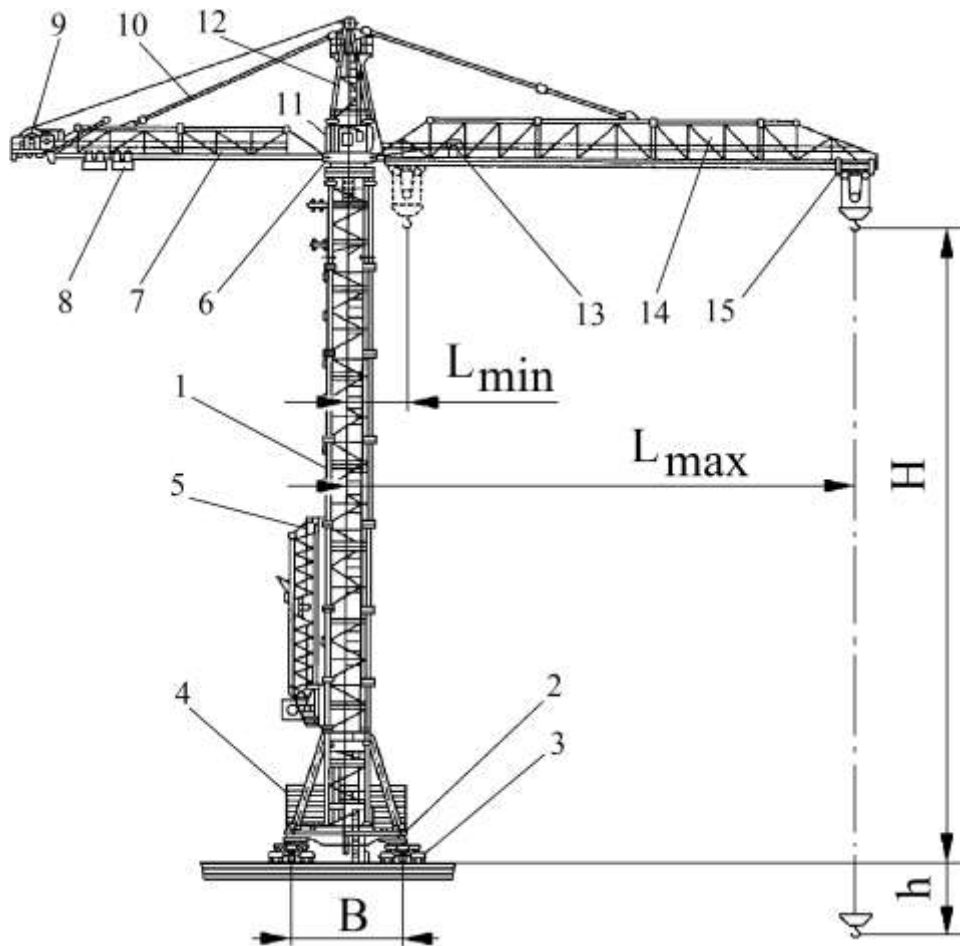


Рис.3.20. Схема баштового крана з неповоротною баштою

За типом стріл, що застосовуються, крани поділяються на групи: з підйомною (маневровою) стрілою (рис. 3.21, а), балковою стрілою (рис. 3.21, б) і шарнірно зчленованою стрілою (рис. 3.21, в) [6, 9, 15].

У кранів з підйомною стрілою, до головних блоків якої підвішена гакова підвіска, виліт змінюється поворотом стріли у вертикальній площині відносно опорного шарніра за допомогою стрілової лебідки і стрілового поліспада.

У кранів з балковою стрілою вантаж підвішують до вантажного візка, який переміщується при зміні вильоту по напрямних балках стріли. Переміщення вантажного візка здійснюється за допомогою візкової лебідки. Більш простими за конструкцією та способом виготовлення є підйомні стріли, які й набули масового поширення. Поперечні перерізи підйомних і балкових стріл можуть бути трикутними, прямокутними й квадратними.

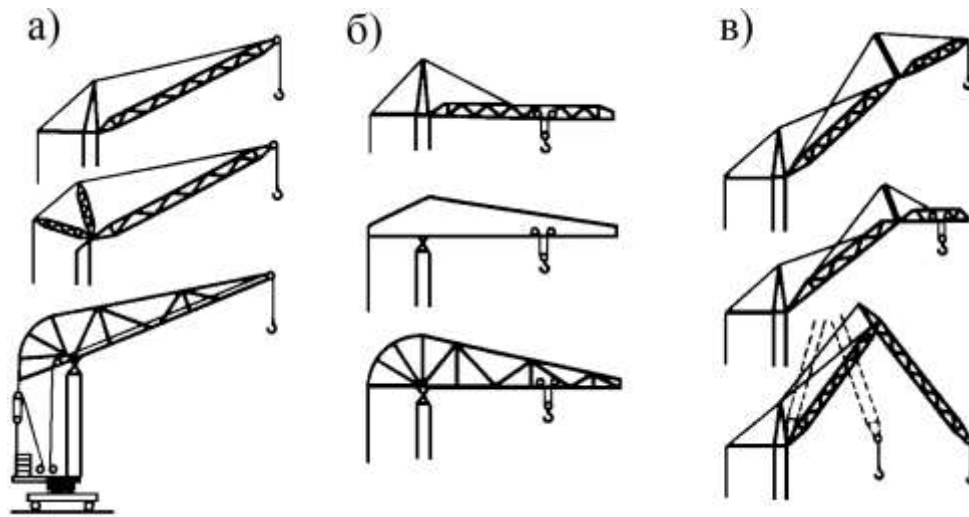


Рис. 3.21. Схеми стріл баштових кранів

Крани з підйомною стрілою при тих самих параметрах (вильоті, висоті підйому, вантажопідйомності) на 15...20 % легші від кранів, обладнаних балковою стрілою, а також мають більш високу вантажопідйомність, можливість збільшення висоти підйому вантажу при зменшенні його вильоту, кращу маневреність у стиснених умовах будівельного майданчика, більш технологічні у виготовленні, більш зручні в монтажі й перевезенні.

На відміну від кранів з балковими стрілами підйомні стріли мають і недоліки: відсутність строго горизонтального переміщення вантажу при зміні вильоту гака (із застосуванням при цьому спеціального запасування канатів і додаткових пристроїв); незначна й нерівномірна горизонтальна швидкість переміщення вантажу при зміні вильоту; незначна зона обслуговування з однієї стоянки, тому що вантаж не може підводитися близько до башти крана (а вантажний візок може переміщатися по всій довжині балкової стріли).

У кранів з шарнірно зчленованою стрілою стріла складається з шарнірно з'єднаних основної і головної (гусачка) частин, які можуть бути у вигляді підйомної або балкової стріли. У першому випадку виліт змінюється поворотом (підйомом) усієї шарнірно зчленованої стріли з гаковою підвіскою, що підвішена на головних блоках, у другому – виліт змінюється підйомом усієї стріли з подальшим переміщенням вантажного візка по напрямних головної секції стріли. Підйом і опускання вантажу

здійснюється за допомогою вантажної лебідки, вантажного каната і гакової підвіски. Застосування шарнірно зчленованих стріл дає змогу крану працювати в більших діапазонах за вильотом і висотою підйому гака.

За можливістю переміщення баштові крани поділяються на стаціонарні, самопідйомні та пересувні [13, 14, 16].

До стаціонарних (рис. 3.22, а) належать крани, які закріплені на фундаменті чи іншій нерухомій основі. У разі значної висоти стаціонарні крани додатково прикріплюють до споруджуваної будівлі. Такі крани називають приставними. Обладнаний ходовим пристроєм приставний кран, який до певної висоти може працювати як пересувний, називають універсальним.

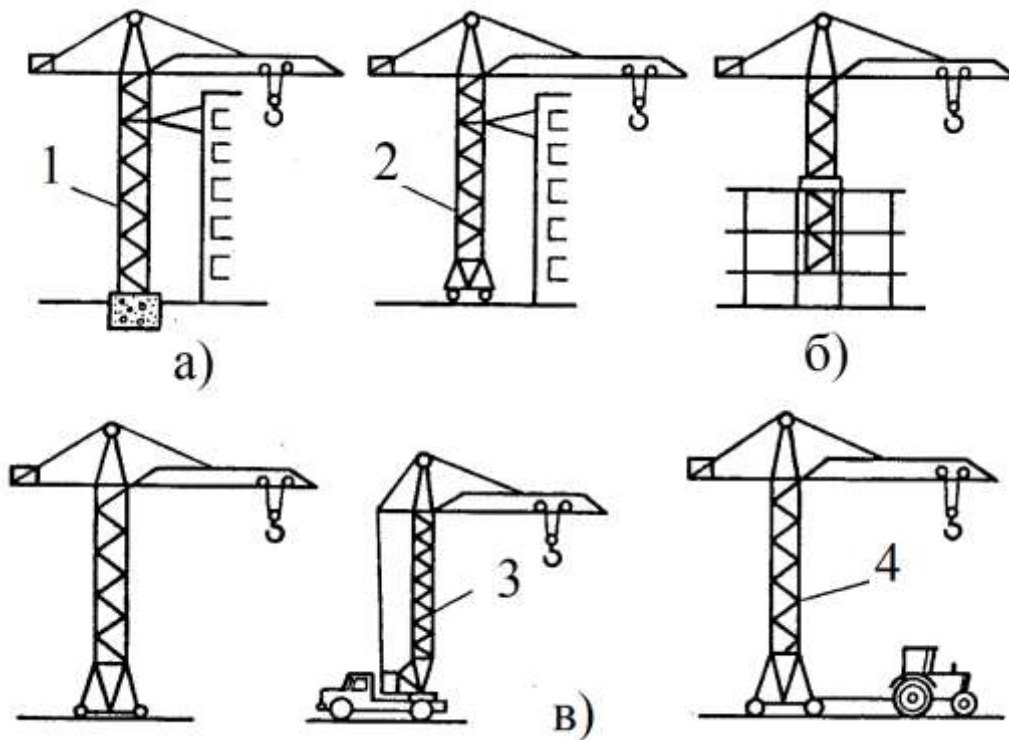


Рис. 3.22. Схеми баштових кранів за можливістю переміщення:  
 а – стаціонарні; б – самопідйомний; в – пересувні;  
 1 – приставний; 2 – універсальний; 3 – самохідний;  
 4 – причіпний

До самопідйомних (рис. 3.22, б) належать крани, які встановлюються на будівлі, що споруджується, і переміщуються за допомогою власних механізмів у міру спорудження цієї будівлі. Стаціонарні й самопідйомні крани застосовують переважно на будівництві багатоповерхових і висотних будівель.

До пересувних (рис. 3.22, в) належать крани, які переміщуються по робочому майданчику. Пересувні крани, обладнані власним приводом для пересування під час роботи і транспортування, називають самохідними. Пересувні крани, які під час транспортування переміщує тягач, називають причіпними.

За видом ходового обладнання баштові крани поділяються на рейкові, автомобільні, на шасі автомобільного типу, пневмоколісні, гусеничні та крокуючі. Найбільш поширені рейкові баштові крани, тобто на рейковому ходовому пристрої, оскільки встановлення крана на рейкових коліях спрощує його експлуатацію й підвищує безпеку праці.

До автомобільних баштових належать крани, змонтовані на шасі автомобіля. Якщо баштовий кран монтується не на шасі автомобіля, що випускається серійно, а на спеціально виготовленому для крана пневмоколісному шасі автомобільного типу, обладнаному кабіною, то його називають баштовим краном на шасі автомобільного типу. Якщо пневмоколісне шасі під краном виконано без кабіни, то кран називають пневмоколісним баштовим.

**Система індексації будівельних баштових кранів** (рис. 3.23) прийнята згідно з ГОСТ 13556-91 [9, 13 - 15].

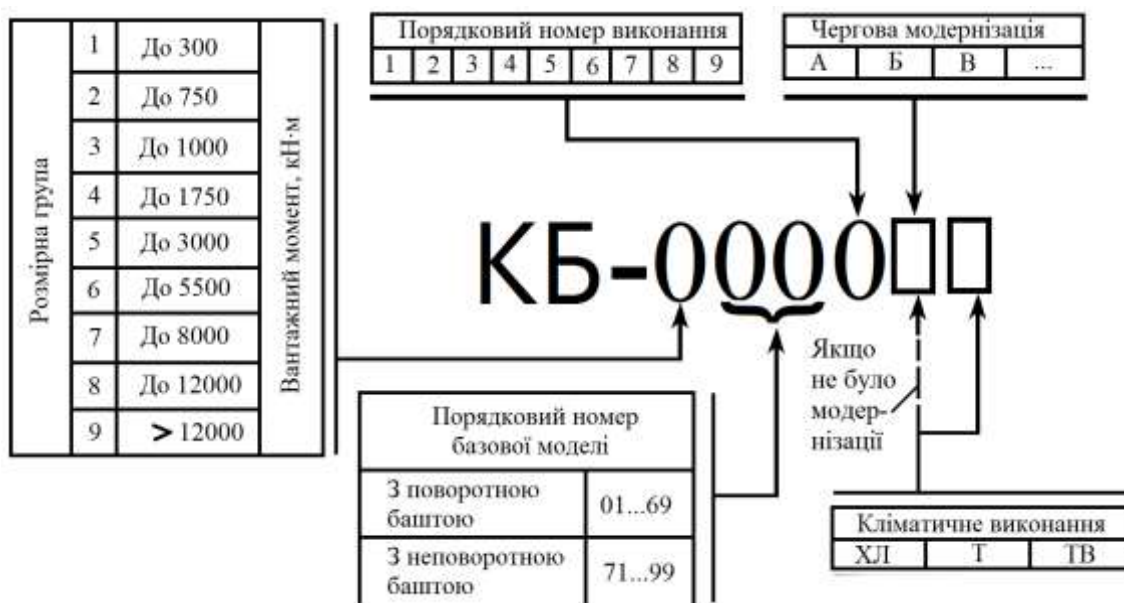


Рис. 3.23. Система індексації будівельних баштових кранів

До індексу крана входять буквені й цифрові позначення. Букви перед цифрами позначають: КБ – кран баштовий, КБМ – кран баштовий модульної системи, КБР – кран баштовий для ремонту будинків, КБГ – кран баштовий для гідротехнічного будівництва. Цифри індексу послідовно позначають: перша цифра – номер розмірної групи згідно з номінальним вантажним моментом (1-ша – до 30 тм, 2-га – 75, 3-тя – 125, 4-та – 175, 5-та – 300, 6-та – 550, 7-ма – 800, 8-ма – 1200, 9-та – більше 1200 тм), наступні дві цифри – порядковий номер базової моделі (01...69 для кранів з поворотною й 71...99 – з неповоротною баштами).

Після крапки вказується порядковий номер виконання крана (0 – 9), що може відрізнятися від базової моделі довжиною стріли, висотою підйому, вантажопідйомністю. У позначенні базових моделей номер виконання «0» зазвичай не ставиться. Букви (А, Б, В, ...), що містяться в індексі після цифр, позначають чергову модернізацію (зміна конструкції без зміни основних параметрів) і кліматичне виконання крана (ХЛ – для холодного, Т – тропічного й ТВ – тропічного вологого клімату; для помірного клімату відповідного буквеного позначення немає).

Наприклад, індекс крана КБ-405.1А розшифровується так: кран баштовий, четвертої розмірної групи, з поворотною баштою, перше виконання, перша модернізація, для помірного клімату. Крани, що були випущені заводами до впровадження діючої індексації, не мають єдиної системи індексації. Наприклад, індекс крана МСК-10-20 розшифровується так: мобільний складний кран вантажопідйомністю 10 т і вильотом 20 м.

Основні параметри базових моделей пересувних на рейковому ході й приставних кранів регламентуються згідно з ГОСТ 13556-85. Деякі з основних параметрів (рис. 3.20):

- виліт  $L$  – відстань по горизонталі від осі обертання поворотної частини крана до вертикальної осі вантажозахоплювального органа без вантажу при установленні крана на горизонтальній площині; розрізняють максимальний  $L_{max}$  і мінімальний  $L_{min}$  вильоти;
- вантажопідйомність  $Q$  – найбільша припустима для відповідного вильоту маса вантажу, на підйом якого розрахований кран;

- вантажний момент  $M$  – добуток вантажопідйомності  $Q$  на відповідний виліт  $L$  (часто використовується як головний узагальнюючий параметр крана). Вантажний момент вважається постійним, тому вантажопідйомність варто приймати залежно від вильоту (із збільшенням вильоту вантажопідйомність зменшується й, навпаки, зі зменшенням вильоту – збільшується). Цю залежність подають у вигляді графіка, що називають вантажною характеристикою крана. Номінальною вважають вантажопідйомність на мінімальному вильоті;

- висота підйому  $H$  і глибина опускання  $h$  – відповідно відстань по вертикалі від рівня стоянки крана (головки рейки для рейкових кранів, нижньої опори самопідйомного крана, шляхи переміщення пневмоколісних і гусеничних кранів) до центра зів'язки, що перебуває у верхньому або нижньому крайньому робочому положенні;

- база  $B$  – відстань між вертикальними осями передніх і задніх коліс (у пневмоколісних і автомобільних кранів), між ведучими і веденими зірочками гусениць (у гусеничних кранів) або балансирних ходових візків, установлених на одній рейці (у рейкових кранів).

Крім цих параметрів, є ще геометричні, масові, потужнісні та ін.

### 3.5.2. Крани-трубоукладачі

**Крани-трубоукладачі** являють собою спеціальні самохідні гусеничні й колісні машини з бічною стрілою, які є основними вантажопідйомними засобами на будівництві трубопроводів. Вони призначені для укладання в траншею трубопроводів, для супроводу очисних та ізоляційних машин, підтримки трубопроводів при зварюванні, навантаження – розвантаження труб, а також для виконання різних будівельно-монтажних робіт [14, 16].

Основні робочі рухи трубоукладача: підйом і опускання вантажу, пересування крана разом з вантажем, зміна вильоту стріли з вантажем.

Крім основного вантажопідйомного устаткування, крани-трубоукладачі можуть бути оснащені бульдозерним,

розпушуючим, бурильно-крановим і палебійним устаткуванням. За допомогою трубоукладача з відповідним навісним устаткуванням можна зрізати, планувати й переміщати ґрунт, засипати траншеї, розпушувати мерзлі ґрунти, бурити шпури й шпари, споруджувати пальові основи трубопроводів, будинків і споруд і т.п. Трубоукладачі використовуються також як тягачі.

Кожний кран-трубоукладач складається з базової машини, навісного вантажопідйомного устаткування, трансмісії, системи управління й приладів безпеки. Основним силовим устаткуванням кранів-трубоукладачів служить дизельний двигун базового тягача. Привод виконавчих механізмів кранів-трубоукладачів може бути одномоторним (механічним) і багатомоторним (гідравлічним), ходовий пристрій – гусеничним і пневмоколісним, підвішування стріли – гнучке або жорстке.

Основні параметри кранів-трубоукладачів – момент стійкості й вантажопідйомність.

**Індекс трубоукладачів** включає буквену й цифрову частини. Перші дві букви індексу ТГ позначають трубоукладач гусеничний, ТК – трубоукладач колісний. Перші цифри позначають вантажопідйомність трубоукладача (т), остання – порядковий номер даної моделі. Після цифр в індексі можуть стояти букви, що позначають чергову модернізацію (А, Б, В, ...) і кліматичне виконання машини (ХЛ – північне, Т – тропічне).

**Приклад умовного позначення:** ТГ-124А – трубоукладач гусеничний вантажопідйомністю 12 т, четвертої моделі, що пройшов першу модернізацію.

Гусеничні крани – трубоукладачі базуються на серійних промислових гусеничних тракторах трубоукладальних модифікацій або на переобладнаних промислових тракторах. Гусеничні ходові візки базових тягачів мають, як правило, жорстке підвішування, розширену колію, подовжену базу, додаткові бортові редуктори для підвищення тягового зусилля, гідромеханічні ходозменшувачі для одержання «повзучих» швидкостей, пересування в діапазоні 0,1...0,6 км/год.

Трубоукладачі на гусеничному ході найпоширеніші (рис. 3.24), складаються з базового шасі й установленого на ньому вантажопідйомного устаткування, що включає лебідку 6, раму 5, противагу 8, стрілу 4, підвіску гака 1, підвісну 2 і стрілову 3 обойми й гідросистему 7.



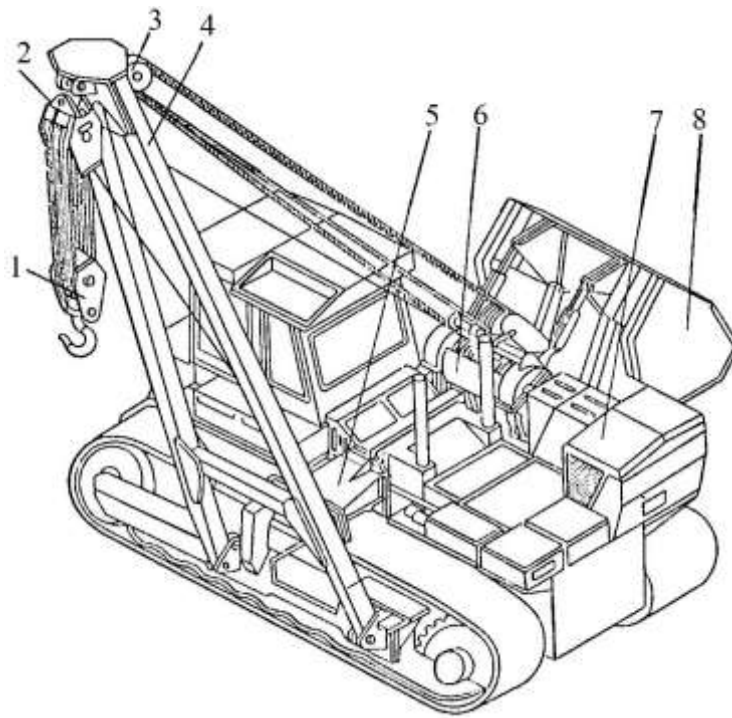


Рис. 3.24. Схема гусеничного крана-трубоукладача з гнучким підвішуванням стріли

Гусеничні крани-трубоукладачі мають вантажопідйомність від 6,3 до 80 т, колісні – від 6,3 до 8 т [9].

**Колісні трубоукладачі** мають високу прохідність і високу маневреність та змонтовані на шасі з усіма ведучими колесами й бортовим поворотом машини. При бортовому повороті один борт гальмується, а радіус повороту має мінімальне значення, що забезпечує можливість роботи в стиснених умовах. Висока маневреність колісних трубоукладачів забезпечує:

- виконання будівельно-монтажних робіт у місті (без пошкодження асфальтового покриття);
- можливість роботи в стиснених міських умовах (на проїзній частині й у дворах);
- мобільність при перебазуванні машини з об'єкта на об'єкт;
- можливість використання трубоукладача як тягача для доставки на об'єкти зварювальних агрегатів, причепів із трубами, блоками й будівельними матеріалами.

**Вантажопідйомне устаткування колісних трубоукладачів** – однобарабанна лебідка, телескопічна стріла, механізм привода насосів і гідравлічна система. Зміна кута нахилу стріли здійснюється гідроциліндром. Для зміни довжини

стріли служить гідроциліндр, установлений усередині стріли. Телескопічна стріла дає змогу ефективно експлуатувати машину в стиснених міських умовах, при цьому довжину стріли можна змінювати при наявності вантажу на гаку.

Безпеку експлуатації трубоукладачів забезпечують автоматичні обмежники висоти підйому гака; показчики поздовжнього й поперечного крену машини; автоматичні сигналізатори небезпечної напруги; електричні показчики вантажного моменту; гідравлічні показчики фактичного навантаження на стрілі.

### **3.5.3. Крани на залізничному ходу**

**Залізничні крани** повинні відповідати нормам конструювання й правилам експлуатації залізничного рухомого складу, зокрема ГОСТ 9238-2013 «Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений» і Правилам технічної експлуатації залізниць України. Стрілові крани на рейковому ході, що не задовольняють вимог даних норм і правил, можуть експлуатуватися тільки на внутрішньозаводських залізничних коліях.

Залізничні крани виготовляють переважно зі стрілою постійної довжини, рідше – з телескопічною. Крани з телескопічними стрілами можуть працювати на електрифікованій колії без знеструмлення струмоведучих проводів. Залізничні крани призначені для перевантаження важких штучних і насипних вантажів, при монтажі й ліквідації аварій на залізницях. Їх використовують також і в промисловості при монтажі й вантажно-розвантажувальних роботах. Залізничні крани виготовляються дизель-електричними або дизель-гідравлічними. Ходову частину крана обладнують автоматичними гальмами вантажних вагонів для гальмування при транспортуванні, а також робочими гальмами, якими управляють з кабіни кранівника, для гальмування при пересуванні крана власним ходом з вантажем і причепом.

Дизель-електричний привод (наприклад, кран КДЕ-161, КДЕ-251, вантажопідйомністю 16 і 25 т відповідно) найбільш повно відповідає умовам експлуатації залізничних кранів, тому що в багатьох випадках робота виконується від стороннього джерела струму.

Вантажопідйомність легких і середніх залізничних кранів 20...30 т, важких кранів 80...250 т. Вантажні моменти їх відповідно становлять 800...5000 кН·м і 5000...25000 кН·м. Виліт залізничних кранів змінюється в межах від 4 до 28 м. Вантажопідйомність цих кранів при розташуванні стріл уздовж рейкової колії приблизно у 2 рази більша, ніж у поперечному напрямку при однакових запасах стійкості. Швидкість підйому 1,15...32 м/хв.

Навантаження на вісь, що допускаються, у залізничних кранів у два рази перевищують навантаження кранів на пневмоколісному ході, що дає змогу використовувати компактні короткі платформи, що опираються на чотири-вісім колісних осей. Приводні осі приводяться до обертання від спеціальних редукторів. В окремих випадках при власному приводі механізму пересування кран може служити як маневровий локомотив.

Для перевантажувальних робіт застосовують легкі й середні крани, які можуть бути обладнані гаками, грейферами, електромагнітами. Стріли кранів великої вантажопідйомності у транспортному положенні розташовують на спеціальній платформі, що входить до складу устаткування крана й призначена також для перевезення демонтованої противаги. Стрілу в транспортному положенні 1 (рис. 3.25, 1) розміщують на рухомій каретці, що компенсує зміну довжини рухомого складу при русі по криволінійній ділянці колії й викликане деформацією буферів зчіпного пристрою. Для вільного проходження рухомого складу по криволінійних ділянках колії шарнір стріли, виконуваний рухомим, може змінювати положення стріли щодо поворотної частини крана. Поворотну частину в цьому випадку жорстко фіксують (рис.3.25).

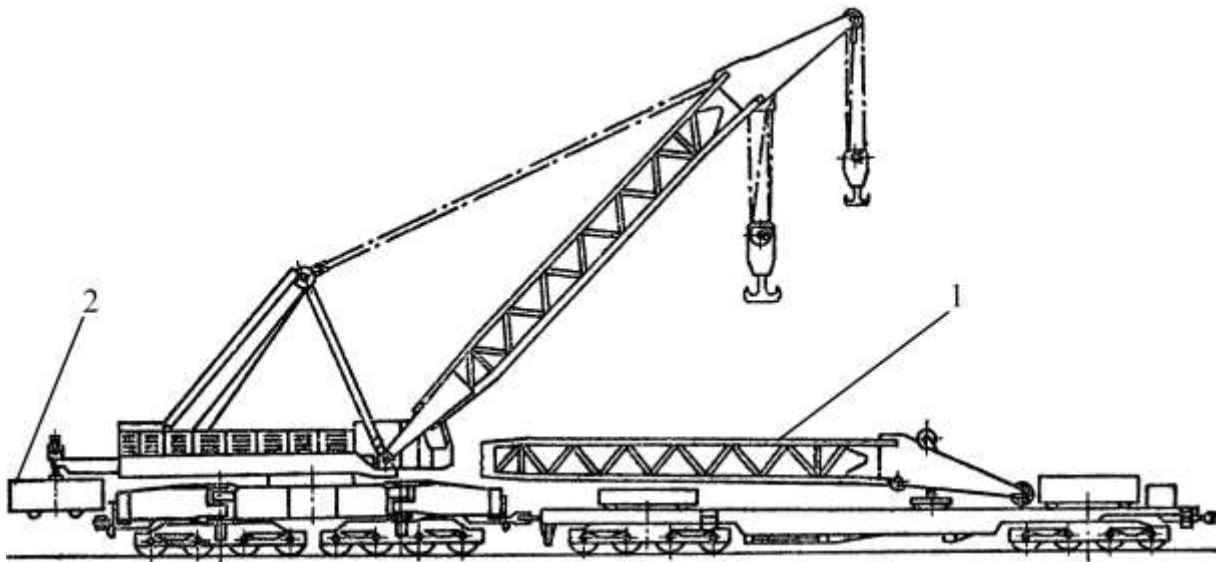


Рис. 3.25. Залізничний кран EDK-2000 вантажопідйомністю 250 т:

1 - стріла в транспортному положенні; 2 – противага

**Переваги залізничних кранів** у порівнянні із іншими – транспортування на будь-які відстані в складі залізничного поїзда з малими витратами на переустаткування; можливість установа всередині цеху діючого або споруджуваного підприємства при наявності залізничної колії, відсутність необхідності будівництва спеціального майданчика для установа крана; можливість застосування крана як транспортного засобу для транспортування 1 – 2 платформ.

**Недоліки залізничних кранів** – необхідність наявності або будівництва залізничної колії; обмежена зона роботи, різке зниження вантажопідйомності при збільшенні вильоту стріли; необхідність установа виносних опор при роботі крана [6, 15 – 17].

**Кран EDK - 300/1** (рис. 3.26) складається з двох основних частин: поворотної і неповоротної.

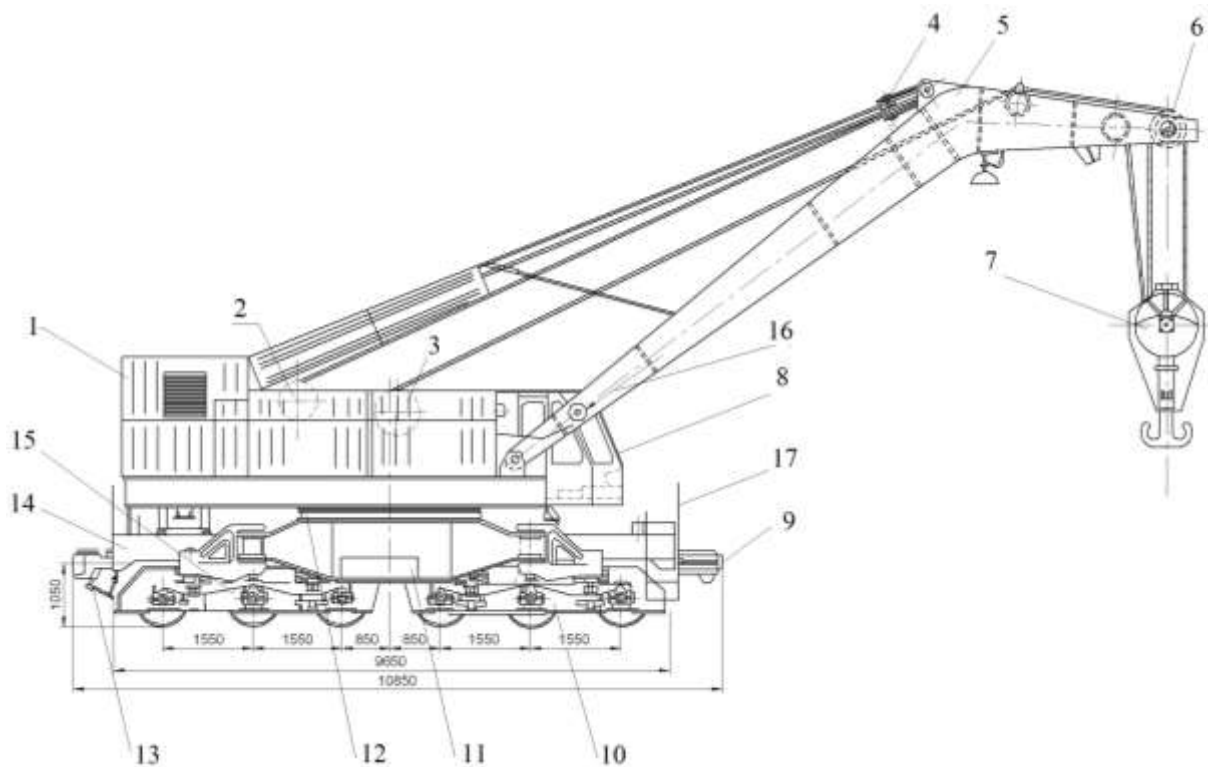


Рис. 3.26. Зовнішній вигляд крана EDK-300/1  
вантажопідйомністю 60 т:

- 1 – установка силова; 2 – механізм підйому стріли;
- 3 – механізм підйому вантажу; 4 – поліспаст стріловий;
- 5 – стріла; 6 – поліспаст вантажний; 7 – обойма гакова;
- 8 – кабіна машиніста; 9 – пристрій зчпний; 10 – візки ходові;
- 11 – рама крана; 12 – механізм повороту;
- 13 – захоплювач рейковий; 14 – опори виносні; 15 – механізм пересування; 16 – обмежувач вантажного моменту;
- 17 – огорожа кранової платформи

Кран має чотири основні механізми: підйому вантажу 3 (основний і допоміжний), підйому стріли 2, повороту 12 (основний і допоміжний), пересування самоходом 15. На поворотній частині крана, що має опорну раму, розташовуються: верхня частина опорно-поворотного пристрою; механізми повороту 12, підйому у вантажу 3, підйому стріли 2, висунення консолей; дизель-електрична установка, кабіна управління з апаратним відділенням 8 і стріла 5 з поліспастом 4 і порталом. На ходовій частині крана розташовуються: нижня частина опорно-поворотного пристрою, ходова рама з аутригерами 11 і ходовими візками 10, гальмівна система, пристрій зчпний 9 і механізм

самоходу. EDK-300 може використовуватися як при проведенні відновлювальних робіт, так і при будівництві мостів та при виконанні перевантажувальних робіт з середньо- і важковаговими вантажами. Його відмінними особливостями є дві швидкості механізму підйому: 3 м/хв для вантажів вагою до 60 т та 15 м/хв для вантажів вагою до 10 т.

Управління приводами головних механізмів: підйом вантажу, підйом стріли, повороту та пересування крана, а також управління та контроль за дизельним двигуном та опаленням здійснюється з кабіни кранівника 8. Також на задній стінці кабіни розташовані всі електричні контактори, вимикачі та запобіжники.

При транспортуванні крана використовується допоміжна платформа з мінімальною довжиною по осях автозчепів – 14 м, на яку за допомогою підстрілового упора укладається стріла та закріплюється. При пересуванні крана у складі поїзда противага, яка має масу 5 т, укладена на підкрановій платформі під кабіною кранівника. Це необхідно для рівномірного розподілення тиску на осі крана.

#### **3.5.4. Плавучі крани**

**Плавучі крани** складаються з верхньої будови й понтона. На плавучих кранах передбачені приміщення для команди й ремонтних майстерень. Крани, що мають вантажопідйомність 5...25 т, призначені для масових перевантажувальних робіт, а великої вантажопідйомності – для перевантаження великовагових поїздів, будівельних, монтажних, суднобудівних і аварійно-рятувальних робіт. Верхні будови плавучих кранів поворотні або (рідше) неповоротні. Поворотна верхня будова при обертанні не повинна виходити за габарити понтона.

Плавучі крани можуть бути несамохідними й самохідними. Якщо кран повинен обслуговувати кілька портів або переміщатися на значні відстані, то він повинен бути самохідним. У цьому випадку застосовують понтони з корабельними обводами. Привод плавучих кранів – дизель-електричний, рідше – дизельний, іноді – паровий. Можливе також живлення електроенергією з берега. Дизель-електричну станцію встановлюють частіше на понтоні з живленням поворотної частини.

Понтони переважно сталеві, дуже рідко – залізобетонні [15, 18]. За формою понтони являють собою паралелепіпед із закругленими кутами або мають корабельні обводи. Понтони із прямокутними кутами мають плоске дно й зріз у кормовій (або носовій) частині. Іноді кран монтують на двох понтонах (кран-катамаран). У цих випадках кожний понтон має більш-менш ясно виражений киль і форму, аналогічну формі корпусів звичайних суден. Розміри понтонів приймають із умов обмеження кутів крену й диференту (різниця осадок судна носом і кормою). Для поворотних кранів з високою кутовою швидкістю, крім того, ураховують рискливість (здатність понтона обертатися під дією обертального моменту). Ширина понтона часто обмежена розмірами каналів та шлюзів і зазвичай становить від 0,35 до 0,6 його довжини. Понтони обладнують швартовними і якірними пристроями (брашпилями, шпилями, лебідками), які використовують під час роботи для пересування кранів на малі відстані.

Плавучі крани для масових перевантажувальних робіт (рис.3.27) несамохідні, мають вантажопідйомність 5...25 т, найбільший виліт 30...36 м. Їх застосовують для перевантаження насипних і штучних вантажів, навантаження на судна підводних будівельних матеріалів і для очищення акваторії. Поворотну частину зазвичай установлюють стаціонарно (частіше – ближче до краю, рідше – посередині понтона), іноді з можливістю переміщення.

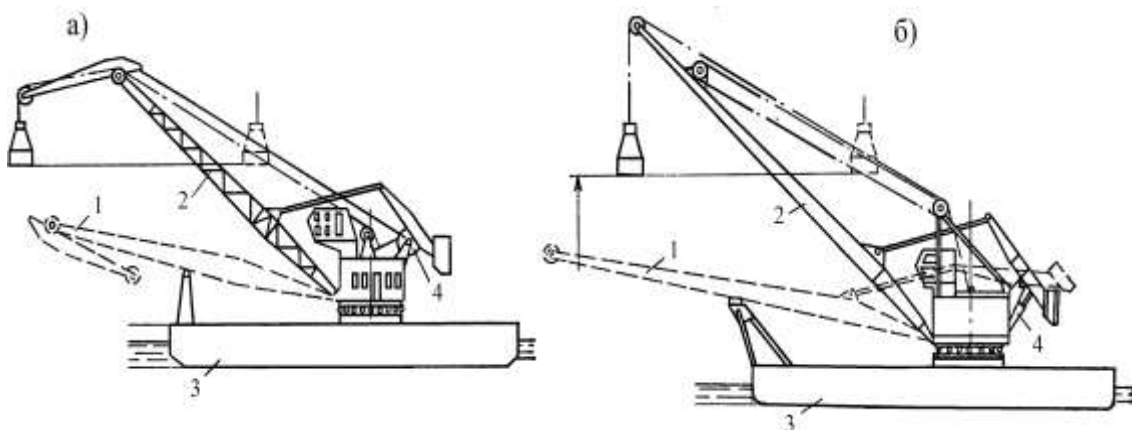


Рис. 3.27. Перевантажувальні плавучі крани вантажопідйомністю 5 т (а) і 16 т (б):

1 – стрілове обладнання по-похідному; 2 – стрілове обладнання; 3 – понтон; 4 – механізм зміни виліту стріли

Плавучі крани великої вантажопідйомності бувають самохідними, з крильчастими рушіями або гребними гвинтами. Крильчасті рушії не потребують кермового пристрою й можуть переміщати кран уперед, назад, убік (лагом) або розвертати на місці. Швидкість руху зазвичай 11...13 км/год, іноді 20 км/год. Ці крани мають високі морехідні якості, допускають укладання стріли по-похідному, розміри палуби розраховані на транспортування важких вантажів. Морехідні крани мають понтони із судновими обводами, на ряді важких кранів застосовані катамаранні понтони (кран «Кер-Оглы» вантажопідйомністю 250 т (рис. 3.28); кран фірми «Вяртсиля», Фінляндія, вантажопідйомністю 600 т та ін.).



Рис. 3.28. Двотілове морське самохідне транспортно-монтажне судно «Кер-Оглы» вантажопідйомністю 250 т



Для збільшення остійності плавучого крана, тобто здатності повертатися з відхиленого положення в первісне після зняття навантаження, необхідно по можливості знизити його центр ваги. Для цього варто уникати високих надбудов, а житлові приміщення для команди крана й склади поміщати всередині понтона. На палубу виносять тільки рубку, камбуз і їдальню. Усередині понтона, уздовж його бортів, розташовують танки (цистерни) для дизельного палива й прісної води.

За конструкцією верхньої будови плавучі крани поділяють на неповоротні, поворотні (універсальні) і комбіновані. До неповоротних кранів відносять щоглові, козлові й крани з хитною стрілою. Поворотні крани бувають із поворотною платформою або колоною. До комбінованих кранів можна віднести, наприклад, плавучі козлові крани, по мосту яких пересувається поворотний кран.

Щоглові крани (з нерухомими щоглами) мають просту конструкцію й малу вартість. Горизонтальне переміщення вантажу здійснюється при переміщенні понтона. Тому продуктивність таких кранів дуже мала.

У цей час значно поширені крани зі стрілою, що нахиляється, і поворотні. Для роботи з великоваговими поїздами більш придатні плавучі крани зі стрілами, що нахиляються, а для перевантаження в портах масових вантажів – поворотні. Крани зі стрілою, що нахиляється, при змінному вильоті більш продуктивні, ніж щоглові. Вони мають просту конструкцію, малу вартість і більшу вантажопідйомність. Стріла такого крана складається із двох стояків, що сходяться до вершини під гострим кутом, і має шарнірне закріплення в носовій частині понтона (рис. 3.29). Підйом стріли здійснюється твердою штангою (гідравлічним циліндром, зубчастою рейкою або гвинтовим пристроєм) або за допомогою поліспастного механізму. Стрілу в транспортному положенні закріплюють на спеціальній опорі (рис. 3.27). Найбільш продуктивні поворотні крани. Їх стріли не тільки нахиляються, але й обертаються навколо вертикальної осі. Вантажопідйомність поворотних кранів змінюється в широких межах і може досягати сотень тонн.



Рис. 3.29. Плаву́чий кран «Bravo» вантажопідйомністю 800 т

Плаву́чий козловий кран являє собою звичайний козловий кран, установлений на понтоні. Міст крана розташований уздовж поздовжньої осі понтона, а його єдина консоль виступає за контури понтона на відстань, яку іноді називають зовнішнім вильотом. Зовнішній виліт зазвичай становить 7...10 м. Вантажопідйомність плаву́чих козлових кранів досягає 500 т.

### **3.5.5. Крани на гусеничному ходу**

**Гусеничні крани** призначені для виконання будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт. Вони не потребують спеціальної підготовки основи, так як мають найменший тиск на ґрунт у порівнянні з іншими стріловими самохідними кранами. Ці крани мають високу маневреність і можуть повертатися на місці при одній загальмованій гусениці. Кожна гусениця ходового пристрою має незалежний електричний привод. Обертання приводних зірочок гусеничних візків здійснюється від індивідуальних електродвигунів через бортові циліндричні редуктори. Механізми пересування кранів мають

керовані гальма. До рами ходового устаткування кріпиться за допомогою опорно-поворотного пристрою рама поворотної частини, на якій розташовані дизель-електричний агрегат, портал, вантажні лебідки головного й допоміжного підйомів, стрілова лебідка, механізм повороту, кабіна машиніста з постом управління, електроустаткування й противага.

Гусеничні крани мають невеликі транспортні швидкості (до 1,0 км/год), тому їх перевозять з об'єкта на об'єкт зазвичай на спеціальних причепах. Своїм ходом гусеничні крани переміщуються тільки в межах будівельного майданчика.

Привод гусеничних кранів малої вантажопідйомності здійснюється від дизеля з механічною трансмісією, а при вантажопідйомності більше 16 т від дизель-генераторної установки. Гусеничні крани, що мають силову установку на змінному струмі, можуть працювати від зовнішньої мережі. У країнах Західної Європи й США застосовують в основному комбінований привод – гідропривод для неповоротної частини й електропривод для поворотної. Транспортують гусеничні крани на далекі відстані трейлерами.

Гусеничні крани за конструктивними особливостями діляться на дві групи: стрілові самохідні крани КГ згідно з ГОСТ 22827-85, виконані з оригінальних складальних одиниць типів МКГ, ДЕК, СКГ, КС; крани, виготовлені на базі універсальних екскаваторів типу Е, наприклад, Е-1258Б, Е-2505, Е-2508 [13, 15].

**Кран ДЕК-252** вантажопідйомністю 25 т (рис. 3.30) – електричний, змонтований на багатокоткових гусеничних візках з окремими приводами. На основній стрілі завдовжки 14 м, крім гака, можна використати грейфер місткістю 2,5 м<sup>3</sup>. До комплекту змінного стрілового обладнання входять стріли завдовжки 19...32,75 м з некерованим гусачком завдовжки 5 м і вантажопідйомністю 5 т. Привод кранових механізмів – індивідуальний від електродвигунів змінного струму, керованих кулачковими контролерами та кнопками. Колодкові гальма механізмів – нормально замкнені й розмикаються гідроштовхачами, а у стріловій лебідці – електромагнітом.

Вантажні лебідки головного й допоміжного підйомів уніфіковані. Механізм повороту оснащений муфтою граничного моменту. Його бігункова шестірня входить у зовнішнє зачеплення із зубчастим вінцем опорно-поворотного пристрою, обладнаного однорядним роликотпідшипником. До складу силової установки входять дизель ЯМЗ-238, синхронний генератор із самозбудженням через вмонтовані кремнієві випрямлячі та стабілізувальний пристрій. Передбачено можливість роботи крана від зовнішньої мережі. Поворотна платформа з механізмами й силовою установкою закрита кожухом, який утворює машинне відділення. Для обслуговування електрообладнання та переходу в кабінку управління служить відкидний трап. На ходовій частині змонтовано барабан для зберігання кабелю [13, 15, 16].

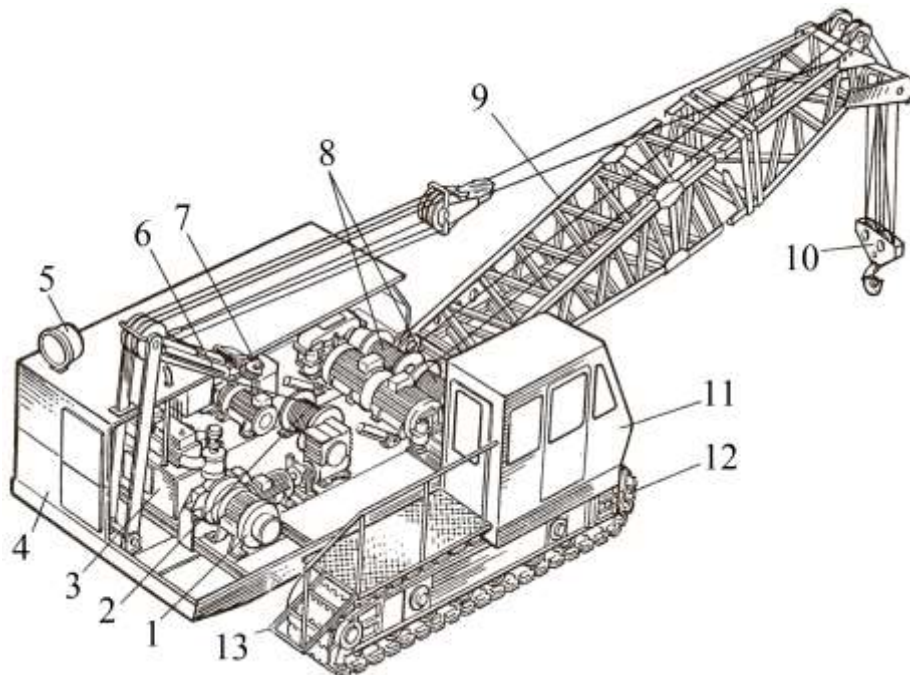


Рис. 3.30. Гусеничний кран ДЕК-252:

- 1 – генератор; 2 – стрілова лебідка; 3 – дизель; 4 – кожух;
- 5 – прожектор; 6 – двоногий стояк; 7 – механізм повороту;
- 8 – вантажні лебідки; 9 – стріла; 10 – гакова підвіска; 11 – кабінка управління; 12 – гусеничний візок; 13 – трап

Механізми пересування виконуються з роздільними приводами гусеничних візків за декількома конструктивними схемами. Механізми підйому мають дводвигуновий привод з диференціалом, що дає чотири швидкості. Крани типу СКГ вантажопідйомністю 40, 63, 100 т випускаються з різними типами стрілового обладнання: з трубчастими стрілами, оснащеними короткими гусачками, та зі стрілами-баштами, устаткованими довгими гусачками.

Універсальні крани-екскаватори випускають у невеликих кількостях і використовують в основному на вантажно-розвантажувальних роботах з невеликим обсягом монтажних робіт, де не потрібно великої точності наведення вантажу.

Гусеничні крани серед безрейкових кранів мають найбільш високу прохідність і маневреність (за винятком короткобазових кранів). Низький питомий тиск на ґрунт (від 0,06 до 0,2 МПа), значний опорний контур забезпечують можливість руху машини по ґрунтових майданчиках. Недоліком є великі питомі опори пересуванню й малі швидкості.

**Кран СКГ-401** (рис. 3.31) вантажопідйомністю 40 і 63 т – електричний. Працює на змінному струмі від автономної силової установки, що розміщується на причепі до крана, та від зовнішньої мережі. Кран оснащено гаковими підвісками вантажопідйомністю 63 і 5 т (для гусачка завдовжки 5 м). На крані використовують основну стрілу (довжина – 15 м), яку подовжують до 20, 25, 30 м, устанавлюючи змінні секції. Баштово-стрілове обладнання складається з башт (висота – 25 і 30 м) та набору керованих гусачків завдовжки 10,5; 15,6; 20,5; 25,6 м.

Оскільки пояси стрілового обладнання виготовлені з низьколегованої сталі, то можливе застосування єдиної стріли для крана вантажопідйомністю до 63 т. На стрілі встановлено змінний підсилений оголовок. Для стійкості робочого обладнання передбачено канатні тяги й жорсткі підпори. Вантажна лебідка крана має підвищену канатомісткість, що дає змогу збільшити висоту підйому вантажів значної маси. Механізмами крана управляють, використовуючи кулачкові контролери та кнопки. Кабіна управління виконана окремим блоком. Залежно від кліматичних умов експлуатації крана передбачено два варіанти

захисту агрегатів на поворотній платформі: розміщення їх у єдиній кабіні, яка утворює машинне відділення, та в окремих шафах для електрообладнання. В обох варіантах вантажну лебідку головного підйому винесено вперед, а лебідки допоміжного підйому та стрілову – назад, завдяки чому забезпечується герметичність покрівлі кабіни.

Унаслідок зміни форми траків гусеничної стрічки збільшено опорний контур машини, а також підвищено плавність її ходу. Механізми пересування розташовані по діагоналі на кожному гусеничному візку. Кран може пересуватися по рівній площині з вантажем масою до 50 % вантажопідйомності на даному вильоті. Зі збільшенням розмірів обладнання вантаж на гаку відповідно зменшують [13, 15, 16].

**Тракторні крани** випускають на базі гусеничних або пневмоколісних промислових тракторів, застосовують для виконання будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт в умовах бездоріжжя. Стрілові крани на базі тракторів випускаються універсальні і спеціальні. Базовими машинами є гусеничні трактори Т-100М, ТТ-4, Т-130 і колісні К-700. Крани виконуються повноповоротними і неповноповоротними. Усі крани мають електричний привод із живленням від генератора змінного струму, що обертається від дизеля трактора. Робоче обладнання кранів – гратчасті стріли й встановлювальні некеровані гусачки довжиною 3 м. Легкі базові шасі тракторів забезпечують вантажопідйомність від 5 до 10 т. Тракторні крани використовуються на вантажно-розвантажувальних і частково монтажних роботах. Крани КТС-5Е, КМТТС-10 застосовуються при електрифікації залізниць [16].

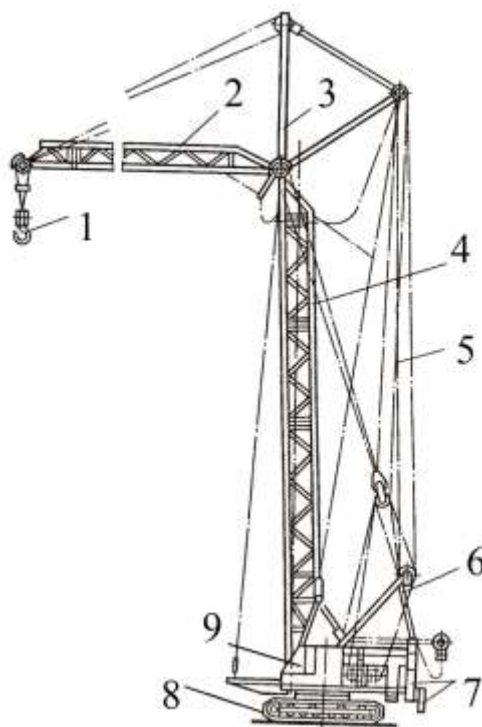


Рис. 3.31. Гусеничний кран СКГ-401:

- 1 – гак; 2 – гусачок; 3 – стояк; 4 – башта; 5 – поліспаст;  
 6 – двоногий стояк; 7 – основна й додаткова противаги;  
 8 – гусеничний візок; 9 – кабіна управління

### 3.5.6. Крани на пневмоколісному ході

Крани з пневмоколісним ходовим устаткуванням виготовляють на базі шасі стандартних вантажних автомобілів (автомобільні крани), спеціалізованих пневмоколісних шасі (нормальних або короткобазових) і багатовісних шасі автомобільного типу.

**Пневмоколісні крани** випускаються шести типорозмірів вантажопідйомністю 25, 40, 63, 100, 160, 250 т. На кранах вантажопідйомністю 25 і 40 т двигун шасі служить для приведення в дію всіх кранових механізмів, а в кранах вантажопідйомністю 63...250 т передбачено окремий привод шасі та механізмів поворотної частини. Усі крани обладнані гідравлічним приводом, телескопічними стрілами та гідравлічними виносними опорами. Пересування телескопічних секцій стріли може здійснюватися з вантажем на гаку відповідно до вантажної характеристики. Крани обладнують лише вантажними гаками [13, 15, 16].

Гусачки перевозять окремо на транспортних засобах загального призначення. Переведення кранів з робочого положення в транспортне і навпаки (без гусачків) виконується власними механізмами. Габаритні розміри (ширина 2,5...3 м та висота 3,4...4 м), а також високі мобільні властивості уможливають пересування кранів у складі транспортних потоків.

Завдяки мобільності та можливості пересуватися своїм ходом і на буксирі пневмоколісні крани широко використовуються для виконання будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт.

Крани можуть працювати від зовнішньої силової мережі напругою 380 В. На кранах 5-ї і 6-ї розмірних груп привод усіх механізмів здійснюється від однієї силової установки, змонтованої на шасі машини. Крани 7-ї і 8-ї розмірних груп мають дві силові установки, одна з яких змонтована на шасі й призначена для його привода, а друга встановлена на поворотній частині й служить для привода кранових механізмів [19, 20].

Ходові пристрої кранів мають від двох до п'яти (залежно від вантажопідйомності) осей, кожна з яких обладнана двома або чотирма пневмоколесами. Розворот керованих пневмоколіс передніх осей виконується за допомогою гідروциліндрів. Привод приводних осей здійснюється від одного або двох індивідуальних електродвигунів, розташованих на рамі ходового пристрою. Рух до приводних осей передається через коробку передач і карданні вали. На рамі змонтований уніфікований роликовий опорно-поворотний пристрій. Ходові рами пневмоколісних кранів оснащені основними й додатковими виносними гідрокерованими опорами. На ходову раму через опорно-поворотний пристрій опирається поворотна частина, на якій розташовані дизель-генераторна установка, головна й допоміжна вантажні лебідки, стрілова лебідка, механізм повороту, кабіна машиніста з пультом управління й противага.

Пневмоколісні крани обладнуються твердими ґратчастими стрілами довжиною до 15 м (основне устаткування), подовженими прямими стрілами довжиною до 55 м, подовженими стрілами з гусачками, баштово-стріловим устаткуванням, що складається з башти й маневрових гусачків.



Крани зі стрілами, а також некерованими гусачками можуть бути обладнані системою горизонтального переміщення вантажу при зміні кута нахилу стріли. При роботі кранів можливе суміщення таких операцій: підйому або опускання вантажів головною або допоміжною лебідкою з підйомом або опусканням стріли; підйому або опускання стріли з поворотом поворотної частини.

**Кран КС-5363Б** (рис. 3.32) обладнаний пристроєм для підвищення вантажопідйомності з 25 до 40 т, який виконаний у вигляді додаткової висувної противаги масою 9,2 т, прикріпленої стяжками до основної противаги платформи.

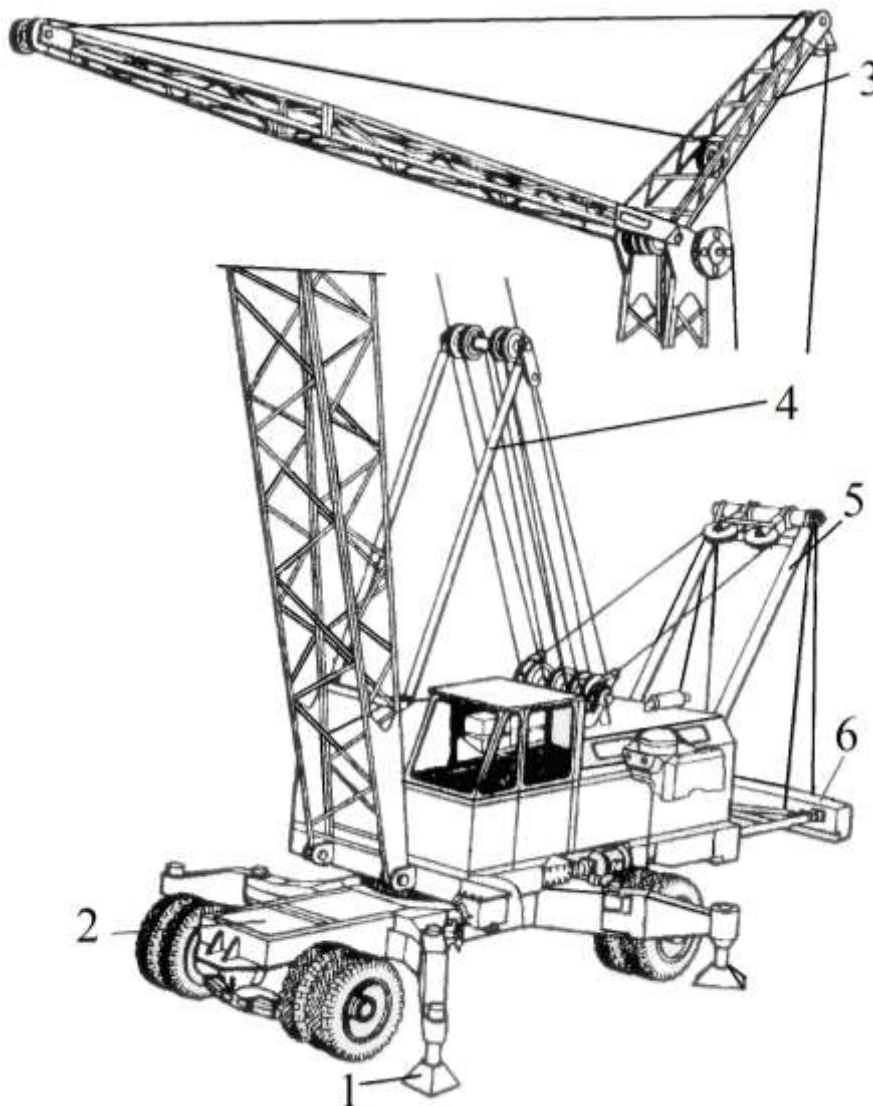


Рис. 3.32. Пневмоколісний кран КС-5363Б:  
1 – виносна опора; 2 – шасі; 3 – гусачок 4 – стояк;  
5 – монтажний стояк; 6 – додаткова висувна противага

Додаткова противага підвішена на канатних тягах до допоміжного стояка, який поліспастом закріплений на основному А-подібному стояку. Для підйому вантажів масою понад 25 т на оголовок стріли замість чотирьох установлюють п'ять вантажних блоків і підвішують 40-тонну гакову підвіску. Кран оснащено анемометром сигнального типу М-95-2, призначеним для ввімкнення звукового сигналу та лампочки «Небезпечно», коли швидкість вітру більша від 15 м/с. На крані встановлено кондиціонер, який живиться від синхронного генератора.

**Кран КС-8362** (рис. 3.33) з дизель-електричним приводом живиться від власної електростанції постійного струму.

Генератори приводяться в рух від дизеля або від мережного електродвигуна, що приєднується до зовнішньої мережі змінного струму. Довжину основної стріли 15 м можна збільшувати, використовуючи секції, до 20, 25, 30, 35, 40, 50, 55 м. Стріли завдовжки 20...40 м можна оснащувати некерованим гусачком завдовжки 20 м, а стріли завдовжки 45...50 м – керованим гусачком.

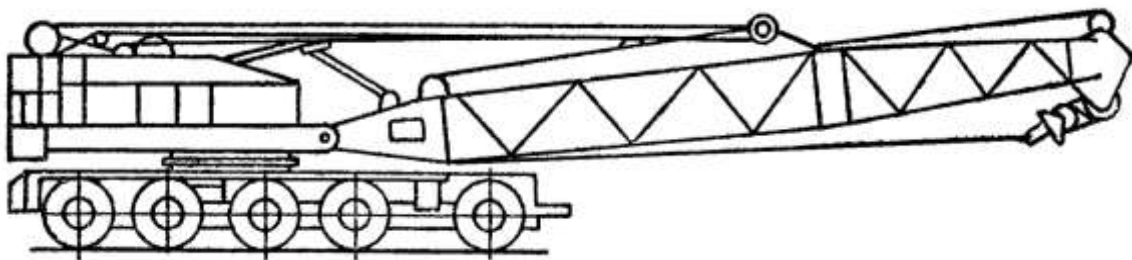


Рис. 3.33. Пневмоколісний кран КС-8362

Баштово-стрілове обладнання крана складається з башт заввишки 25...40 м та набору керованих гусачків завдовжки 15...30 м з кроком 5 м. Для роботи зі стрілами завдовжки 15 і 20 м установлюють противагу масою 14 і 30 т, а для решти змінного обладнання – масою 30 т.

Під час роботи крана зі стріловим обладнанням на виносних опорах допускається нахил крана  $1^{\circ}30'$ , а без опор зі стрілами 15 і 20 м та противагою 14 т –  $3^{\circ}$ . У разі роботи з керованими гусачками та баштово-стріловим обладнанням на опорах нахил не повинен бути більшим як  $1^{\circ}$ . Допускається пересування крана з вантажем на гаку і змінним стріловим обладнанням без вантажу.

Розташування стріл і гусачків, а також ступінь підготовки майданчика мають відповідати вимогам інструкції щодо експлуатації крана. У складі ходового пристрою крана п'ять мостів – два приводні й три керовані [13 – 15].

Кранове встаткування може бути змонтоване на напівпричіпному ходовому пристрої з одним приводним мостом автомобільного типу, що з'єднується із сідельним пристроєм одноосьового тягача.

**Кран МКТТ-63 на шасі-напівпричепі** (рис. 3.34) вантажопідйомністю 63 т має гідропривод і телескопічну стрілу, яка оснащується гусачком. Поворотна кранова установка змонтована на видовженому двохосьовому напівпричепі з відкидними гідравлічними опорами. Ходова частина опирається на сідельний пристрій пневмотягача МоАЗ-546П. Гідропривод одного із задніх мостів забезпечує підвищену прохідність крану важких дорожніх умовах.

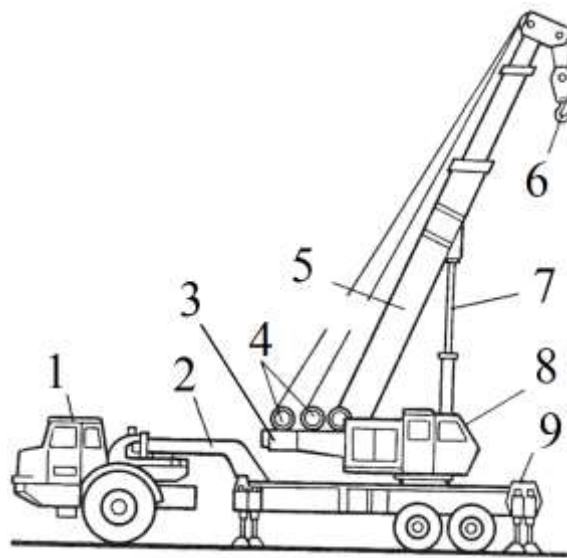


Рис. 3.34. Пневмоколісний кран на шасі-напівпричепі МКТТ-63:

- 1 – одноосьовий тягач; 2 – хобот (рама) напівпричепи;
- 3 – поворотна платформа; 4 – лебідки; 5 – телескопічна стріла; 6 – гак; 7 – гідроциліндр підйому стріли;
- 8 – кабіна управління; 9 – виносна опора

Механізми, розташовані на поворотній платформі, отримують енергію від насоса, що приводиться в рух від коробки відбору потужності тягача. Схема передбачає можливість живлення механізмів від зовнішньої мережі змінного струму [13 - 15].

**Кран КС-4371** (рис. 3.35) – з телескопічною стрілою; змонтований на спеціальному пневмоколісному шасі з укороченою базою.

Машина відзначається високою мобільністю. Кран виконує вантажопідйомні операції на виносних опорах і без них. Один з основних режимів роботи – пересування крана на будівельному майданчику з вантажем на гаку [13 – 15, 21].

Двохосьове шасі крана має колісну формулу 4×4 з двома незалежно керованими мостами. Колесами переднього моста управляють гідравлічним рульовим механізмом зі зворотним внутрішнім зв'язком, а колесами заднього моста – гідророзподільником. Рама шасі – зварна з лонжеронами коробчастого перерізу. На її краях встановлено балки відкидних опор, а в центрі – жорстку прокладку для закріплення опорно-поворотного кола.

**Автомобільні крани** – найбільш розповсюджені стрілові самохідні крани, що застосовуються для будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт. Їх випускають з механічним, гідравлічним та електричним приводами. Гідравлічний привод має силову установку привода шасі (або окрему, менш потужну), з'єднану через коробку відбору потужності з гідронасосом, гідродвигунами та гідроциліндрами. До складу електричного привода входять силова установка базового шасі, коробка відбору потужності та генератор, який живить електричним струмом електродвигуни кранових механізмів.

За типом обладнання крани можуть бути з телескопічними стрілами та жорстким підвішуванням, а також у баштово-стріловому виконанні та зі стрілами з гусачком. Підвищена стійкість кранів забезпечується застосуванням виносних опор і стабілізаторів. Виносні гідравлічні опори прикріплюються до неповоротної рами крана і збільшують його опорний контур. Стабілізатори призначені для вимкнення ресор заднього моста під час роботи крана без виносних опор. Кінематичні схеми

кранів і системи управління уможливають поєднання робочих рухів змінення вильоту й обертання з підйомом (опусканням) гака.

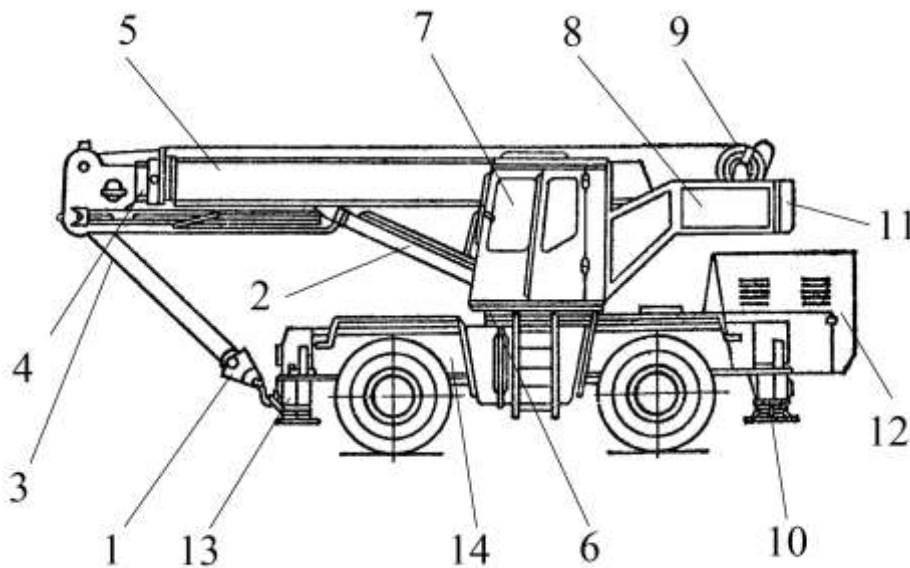


Рис. 3.35. Пневмоколісний кран змонтований на спеціальному пневмоколісному шасі з укороченою базою КС-4371:  
 1 – гакова підвіска; 2 – гідроциліндр підйому стріли; 3 – вантажний поліспагт; 4 – висувні секції стріли; 5 – основна секція стріли;  
 6 – опорно-поворотний пристрій; 7 – кабіна управління;  
 8 – поворотна платформа; 9 – лебідка; 10, 13 – виносні опори;  
 11 – противага; 12 – дизельний двигун; 14 – шасі

Швидкості робочих рухів регулюються зміною частоти обертання вала силової установки, перемиканням коробки передач, а також дроселюванням робочої рідини. В окремих випадках допускається пересування крана з вантажем обмеженої маси на гаку. У цьому разі стріла повинна розміщуватися в секторі задніх коліс і мати напрямок за поздовжньою віссю шасі з висотою підйому не більш як 0,5 м. Вантажні характеристики кранів для кожної довжини та положення стріли і для кожного вильоту суттєво різні. Вантажопідйомність кранів, що працюють на виносних опорах, на 80 % вища, ніж без них. Під час пересування краном управляють з кабіни шасі (автомобіля), а в процесі роботи – з кабіни машиніста, розташованої на поворотній частині крана [13 – 15, 22].

Автомобільний кран складається з неповоротної та поворотної частин, зв'язаних між собою опорно-поворотним пристроєм, який передає навантаження (вантажний момент, вертикальні та горизонтальні сили) від поворотної частини крана на неповоротну, а також забезпечує можливість обертання поворотної частини відносно неповоротної. Неповоротна частина крана – це ходовий пристрій і ходова рама зі змонтованими на ній виносними опорами. Ходовим пристроєм є шасі вантажного автомобіля. У зв'язку з необхідністю розміщення на ньому механізмів і вузлів кранової установки в конструкцію шасі вносять ряд змін: замість кузова на рамі автомобіля закріплюють ходову раму, додатково встановлюють коробку відбору потужності, опорний стояк стріли та стабілізатори або вимикачі пружних підвісок. У кранів з механічним приводом додатково встановлюють проміжний редуктор, а у кранів з гідравлічним приводом – оливний бак. У разі потреби міняють місце розташування паливних баків і запасних коліс. На поворотній частині крана (платформі) розміщені виконавчі механізми, кабіна машиніста і стрілове обладнання. На краю поворотної рами закріплено противагу, яка зрівноважує кран під час роботи. Виконавчі механізми крана та їх приводи від зовнішніх впливів захищає кожух (капот). У кранів з гнучким підвішуванням стрілового обладнання на поворотній платформі встановлено двоногий стояк, до якого підвішено стрілове обладнання. Виконавчими механізмами у кранів з гнучким підвішуванням стрілового обладнання є: стрілова лебідка – для підйому кута нахилу стріли; вантажна лебідка (розміщена за стріловою лебідкою) – для підймання та опускання вантажу; механізм повороту – для обертання поворотної частини крана. Рух лебідкам і механізмів повороту передається від реверсивно-розподільного механізму. У кранів з жорстким підвішуванням стрілового обладнання кут нахилу телескопічної стріли змінюють за допомогою гідравлічних циліндрів. Підйом і опускання вантажу здійснює вантажна лебідка, а обертання поворотної частини – механізм повороту. Рух лебідці та механізмів повороту передається від гідродвигуна. Висувні та телескопічні стріли кранів оснащені спеціальними виконавчими механізмами для їх висування.



**Автомобільний кран КС-4561А** (рис. 3.36) змонтовано на шасі вантажного автомобіля КрАЗ-257КС (КрАЗ-250).

На шасі розміщені ходова рама з виносними опорами, стабілізаторами та вимикачами підвісок, а також силова установка (генератор) і стояк, на який опирається гратчаста стріла в транспортному положенні. На ходовій рамі встановлено опорно-поворотний пристрій, а на ньому – поворотну платформу. У задній частині поворотної платформи розташовані вантажна 3 та стрілова 22 лебідки, а в середній її частині праворуч від осі обертання крана – механізм повороту. За кабіною розміщено допоміжну лебідку 21. На правому й лівому балконах поворотної платформи розміщено трансформатор, командоконтролери, ящики опорів та силова шафа.

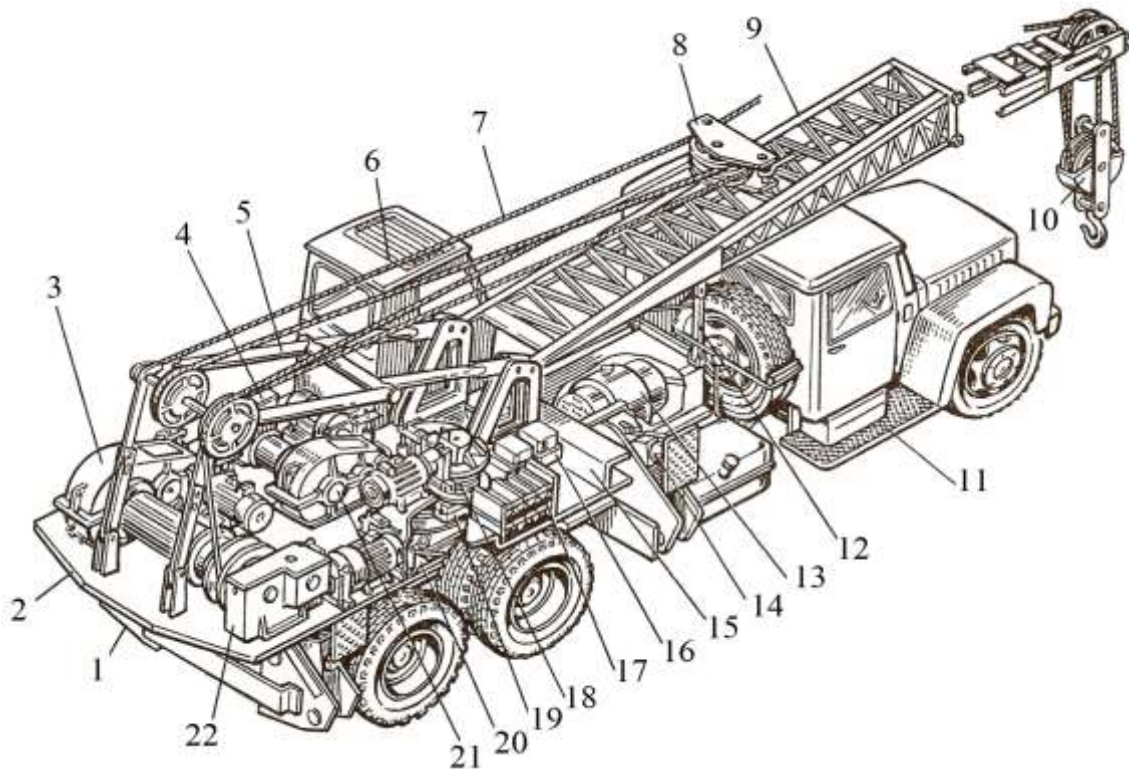


Рис. 3.36. Автомобільний кран КС-4561А:

- 1 – ходова рама; 2 – поворотна платформа; 3, 21, 22 – лебідки; 4 – трансформатор; 5 – двоногий стояк; 6 – кабіна; 7 – канати; 8 – рухома обойма стрілового поліспада; 9 – стріла; 10 – гакова підвіска; 11 – базове шасі; 12 – стояк; 13 – силова установка (генератор); 14 – виносна опора; 15 – силова шафа; 16 – командоконтролери; 17 – ящики опорів; 18 – механізм повороту; 19 – опорно-поворотний пристрій; 20 – стабілізатор

На поворотній платформі змонтовано двоногий стояк, блок якого разом з рухомою обоймою та канатом утворюють стріловий поліспагт. Стрілу з гаковою підвіскою встановлено на стояках поворотної рами. Механізми на поворотній платформі закриті рознімним капотом, який для зручності встановлення складається з кількох частин. Для зручності обслуговування механізмів капот має люки, кришки яких на завісах прикріплені до кутиків каркаса. Кабіна машиніста розташована з лівого боку на спеціальному кронштейні й прикріплена до нього болтами та гайками. Щоб кран вписувався під час транспортування в залізничний габарит, верхню частину кабіни роблять знімною [13, 14, 16].

**Крани на спеціальному шасі автомобільного типу** застосовують для виконання монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт, особливо на розосереджених об'єктах при монтажі важких конструкцій. Крани цього типу відрізняються від пневмоколісних і короткобазових високою транспортною швидкістю (60...80 км/год), а від автомобільних - кращими вантажними характеристиками, особливо при роботі без виносних опор.

Спеціальне шасі автомобільного типу дає змогу подолати обмеження, що накладаються автомобільним шасі. Автомобільне шасі насамперед обмежує вантажопідйомність усієї установки. Максимальна вантажопідйомність, що досягнута італійською фірмою TCM, – 200 т. У вітчизняному кранобудівництві найбільший автокран – КС-65721 «Галичанин» (60 т) на шасі Volvo FM 400 8x4, він поки перебуває в стадії доведення й не запущений у серію. Максимальна вантажопідйомність серійних автокранів – 50 т. Вантажопідйомність же кранів на спеціальному шасі практично не обмежена. Серійне виробництво провідних західних кранобудівників включає крани вантажопідйомністю до 800 т, а рекордсмен – кран Liebherr LTM 11200-9.1 вантажопідйомністю 1200 т зі 100-метровою стрілою на 9-вісному шасі [23].

Крани на спеціальному шасі автомобільного типу мають два конструктивних виконання. При першому виконанні привод усіх механізмів здійснюється від двигуна шасі. Конструкції кранів цього типу вантажопідйомністю 25 і 40 т аналогічні конструкції



автомобільного крана з гідроприводом і робочим устаткуванням такого ж типу й повністю уніфіковані з конструкціями кранів на короткобазових шасі такої ж вантажопідйомності.

При другому виконанні привод кранових механізмів здійснюється від окремої силової установки, розташованої в правій хвостовій частині поворотної платформи. Крани на спеціальному шасі обладнані телескопічними стрілами, що складаються з 3...5 секцій, які розсуваються гідроциліндрами. Крани на спеціальному шасі працюють на виносних гідравлічних опорах, при цьому горизонтальність платформи контролюється системою автоматики.

Швидкості в гідроприводах кранів регулюють комбінованим способом: зміною частоти обертання вала двигуна базового автомобіля, а отже, насоса й дроселюванням потоку рідини. Гідравлічна система управління дистанційна, складається з декількох блоків управління.

Основним видом стрілового устаткування є телескопічна стріла. До змінного устаткування відносять телескопічну стрілу з подовжувачами, керованими й некерованими гусачками. Як вантажозахоплювальний пристрій використовують тільки гакову підвіску.

**Кран КС-6471** (рис. 3.37) призначений для будівельно-монтажних, вантажно-розвантажувальних та аварійно-відновних робіт, пов'язаних з частими перебазуваннями при значних відстанях між об'єктами.

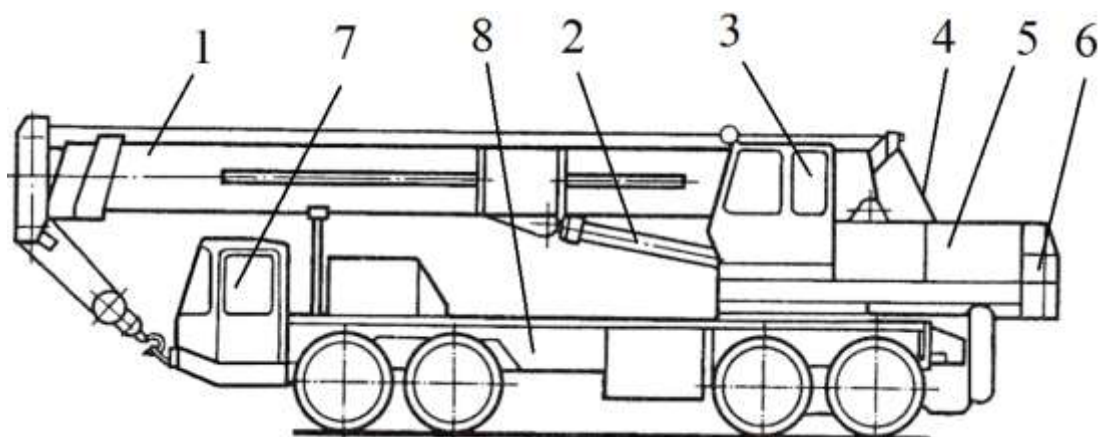


Рис. 3.37. Кран на шасі автомобільного типу КС-6471:  
1 – телескопічна стріла; 2 – гідроциліндр підйому стріли;  
3 – кабіна керування; 4 – лебідка; 5 – поворотна платформа;  
6 – противага; 7 – кабіна шасі; 8 – шасі

Кран може працювати в районах з помірним кліматом в інтервалі температур від -40 до +40 °С. Шасі автомобільного типу ПС-401 забезпечує високу швидкість пересування та маневреність крана. Кранові механізми, розташовані на поворотній частині, приводяться в дію аксіально-поршневими гідромоторами або гідроциліндрами, що живляться від трьох аксіально-поршневих насосів 210.25, розміщених на ходовій частині. Насоси приводяться в обертання від двигуна шасі й розвивають тиск у гідросистемі 16 МПа. Кожен насос живить свій контур виконавчих механізмів. Застосування гідропривода кранових механізмів забезпечує широкий діапазон регулювання робочих швидкостей і поєднання операцій.

Кран оснащений стріловим і баштово-стріловим обладнанням.

Стрілове обладнання складається з трисекційної телескопічної стріли завдовжки від 11 до 27 м та гусачка 8,5 м, який може служити на стрілі подовжувачем або некерованим гусачком. До баштово-стрілового обладнання входять та сама телескопічна стріла завдовжки 15, 20, 27 м, яку встановлюють під кутом 4° до вертикалі, та керовані гусачки завдовжки 8,5; 15; 20 м. Телескопічна стріла може висуватись і втягуватись, що значно розширює можливості крана на монтажних роботах.

Відповідно до вантажних характеристик кран може працювати на виносних опорах і без них та пересуватися по майданчику з твердим покриттям з вантажем на гаку при довжині стріли 11 м. Стріла спрямована вздовж осі крана назад. Шасі крана має два ведучі та два керовані мости. Підвішування передніх осей – ресорне, задніх – жорстке. Колеса повертаються за допомогою гідропідсилювачів, які отримують рух від двох незалежних насосів. Шасі оснащене двома гальмівними системами та стоянковим гальмом. Кран КС-6471, оснащений основною стрілою та гусачком, транспортується зі швидкістю до 50 км/год. Керовані гусачки перевозяться на додаткових транспортних засобах. Кранові механізми управляються гідравлічними пристроями з кабіни поворотної частини [13, 14, 16].

### 3.5.7. Крани прогінного типу

До кранів прогінного типу належать козлові, напівкозлові, мостові крани, кран-балки і кабельні крани. Кожний з кранів прогінного типу має дві опори, що переміщуються по рейках або на пневмокоleseх, і прогінну частину, функцію якої у кабельних кранів виконує несучий канат, а у всіх інших кранів – міст гратчастої або коробчастої конструкції.

**Козлові крани** використовуються в промисловому, енергетичному й транспортному будівництві при зведенні будинків і споруд, монтажі технологічного устаткування, як крани-бетоноукладальники на споруджуваних греблях ГЕС та переважно для обслуговування складів і заводів-полігонів будівельної індустрії.

Розрізняють козлові крани загального призначення і спеціальні (монтажні). За конструкцією моста вони бувають однобалковими і двобалковими, а за типом металоконострукцій – гратчастими і коробчастими. За кількістю консолей мости козлових кранів можуть бути двоконсольними, одноконсольними і безконсольними.

Конструктивно козловий кран (рис. 3.38) являє собою прогінну будову у вигляді мосту 4 (ригеля), встановленого на опорах-козлах 2, що переміщуються по наземній підкрановій колії 1. По мосту пересувається електроталь або вантажний візок 5. Прогін козлового крана дорівнює відстані між осями рейок, обмірюваній по горизонталі.

До переваг козлових кранів відносять: простоту конструкції, високу стійкість, незалежність вантажопідйомності й висоти підйому від місця розміщення вантажу в робочій зоні крана, достатній огляд з кабіни машиніста. До недоліків – обмежена галузь їх застосування для будівництва об'єктів простої конструкції в плані, в основному, лінійно-протяжних, складність їх застосування на місцевості зі значним ухилом, необхідність використання робочої зони під консолями або всередині прогону для складування елементів, що монтуються. Механізми крана мають електричний привод і живляться від зовнішньої електромережі через тролі або гнучкий кабель. Управляють краном з кабіни машиніста, що розташовується на одній з опор або на візку крана.

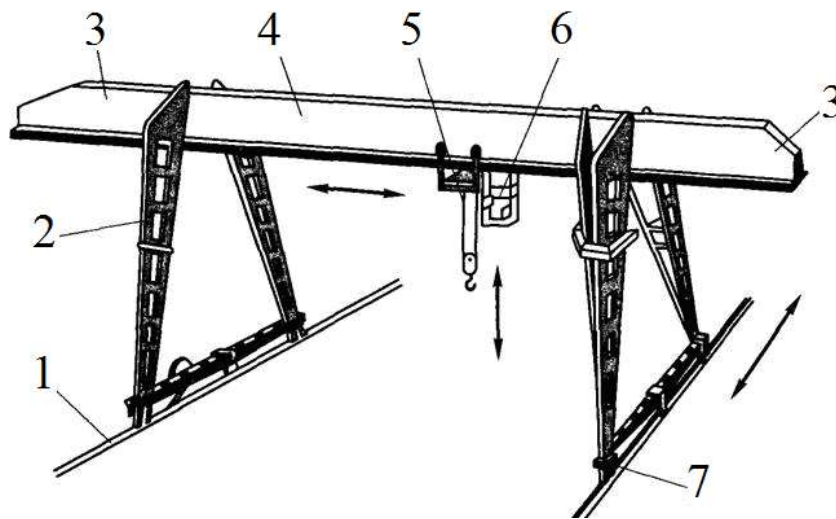


Рис. 3.38. Схема козлового двоконсольного крана:  
 1 – підкранова колія; 2 – опора; 3 – консоль; 4 – міст;  
 5 – вантажний візок; 6 – кабіна управління; 7 – механізм пересування крана

Типи, основні параметри й розміри козлових гакових кранів загального призначення регламентовані ГОСТ 7352-88. Відповідно до цього стандарту козлові двоконсольні крани типу ККТ виготовляються з електричним талем, а типу КК – з вантажним візком.

Безконсольні козлові крани випускаються у вантажно-розвантажувальному, монтажному й спеціальному виконаннях [14, 16].

Козлові крани виготовляють переважно гаковими (рідше рейферними й магнітними) або зі спеціальними захоплювачами. Вантажні візки однобалкових мостів виконують підвісними монорейковими (при вантажопідйомності до 5 т, іноді до 10 т, використовують самохідні електричні талі), підвісними двоколійними, консольними й консольно-підвісними. На козлових кранах із двобалковими мостами застосовують, зазвичай, вантажні візки мостових кранів. Вантажні візки бувають самохідними або з канатним приводом. Останній створює менше навантаження на металоконструкцію й може розташовуватися стаціонарно на мосту підйомної лебідки або безпосередньо на візку. Вантажні візки двобалкових мостів можуть мати поворотну стрілу. Для монтажу великих об'єктів застосовують козлові крани з декількома вантажними візками.

Козлові крани виготовляють переважно двоконсольними. Для монтажних робіт застосовують крани безконсольні або з однією консоллю. Опори козлових кранів виконують двостояковими рівної жорсткості або одну жорстку, другу гнучку (шарнірну). Для механізмів пересування козлових кранів передбачені окремі приводи. Приводними виконують не менше половини всіх ходових коліс. Управління козловими кранами здійснюють з підлоги при швидкості пересування до 1 м/с або з кабіни, яку кріплять до рами візка або до мосту крана в опорі. Механізми крана мають електричний привод і живляться від зовнішньої електромережі через тролєї або гнучкий кабель. При великому прогоні козлових кранів одна опора зазвичай з'єднується з мостом жорстко, а друга - шарнірно. Така конструкція усуває небезпеку заклинювання опор при температурних розширеннях мосту або значних відхиленнях розміру колії крана від її номінального значення.

Якщо козловий кран має прогін менше 25 м, то його опори кріпляться жорстко. Для важких козлових кранів (вантажопідйомність від 1000 т і вище) рейкова колія для кожної опори може становити дві і більше рейки. При цьому у вантажних візках застосовується просторова балансірна підвіска. У козлових вантажопідйомних кранах допускається різна висота опор, тоді укладання рейок теж буде різнорівневе. Якщо для одного боку мосту козлового крана опорою служать підкранові колії, а другий бік підтримується опорними стояками, такий козловий кран називається **напівкозловим** (рис. 3.39). Кран пересувається по рейкових коліях, укладених на підлозі будівлі і на його будівельній конструкції. Напівкозлові крани застосовують для монтажу устаткування і вантажно-розвантажувальних робіт. Їх вантажопідйомність складає 10...30 т, прогін 11...28 м, висота підйому 16...60 м.

Будівельно-монтажні крани мають вантажопідйомність до 400 т, прогони – до 80 м, висоту підйому – до 30 м.

Крани спеціального призначення мають параметри в широких межах: вантажопідйомність – до 900 т, прогони – більше 130 м, висота підйому – до 80 м. Для обслуговування гідроелектростанцій застосовують козлові крани вантажопідйомністю 20...500 т з прогоном – 5...20 м, іноді оснащені додатковими вантажопідйомними засобами (монтажними стрілами й т.п.).

Козлові крани можуть виконувати такими, що саомонтуються. У цих кранах опорні ноги шарнірно з'єднані із прогінною будовою й при монтажі стягуються поліспастом за допомогою лебідки. Є козлові крани на пневмоколісному ході.

Контейнерні козлові крани застосовують для обслуговування портів, залізничних станцій і складів. Вони виконуються безконсольними, з однією або двома консолями, а для роботи в морських портах – з підйомною консолю. Контейнерні крани встановлюють іноді на палубі судна. Вантажозахоплювальним органом контейнерних кранів є автоматичні захоплювачі – спредери.

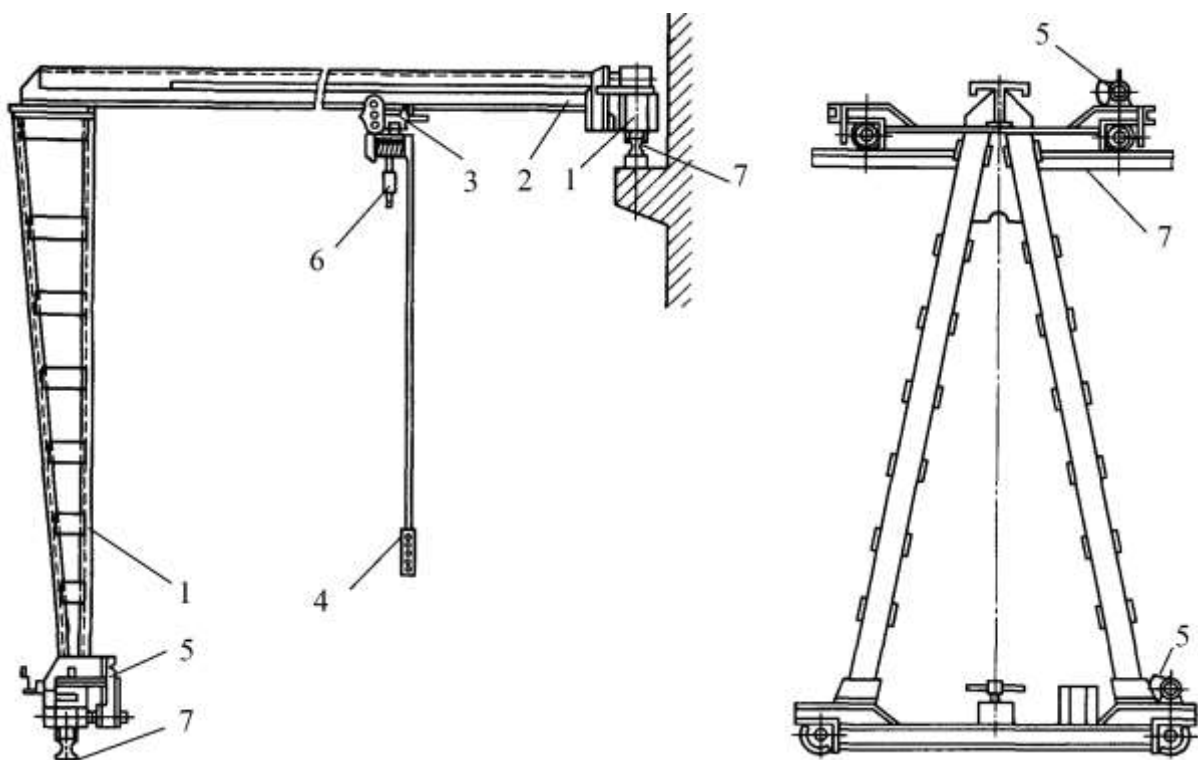


Рис. 3.39. Схема напівкозлового крана:

- 1 – опора; 2 – міст; 3 – електричний таль; 4 – пульт управління;  
 5 – механізм пересування крана; 6 – гакова підвіска;  
 7 – підкранова колія

**Мостові перевантажувачі** виготовляють переважно грейферними й використовують для транспортування масових вантажів при стійких вантажопотоках (у портах, на причалах і складах металургійних заводів, на теплоелектростанціях, на

перевантажувальних майданчиках тощо). У портах перевантажувачі служать для розвантаження суден, на промислових підприємствах вони вмонтовані в технологічну схему (рис. 3.40). За конструкцією мостові перевантажувачі подібні до будівельно-монтажних козлових кранів. Від козлових кранів вони відрізняються великими прогонами і значними швидкостями пересування візків.

Основна характеристика – продуктивність грейферних перевантажувачів, що може складати від 500 до 1800 т/год. Вантажопідйомність мостових перевантажувачів зазвичай не перевищує 50 т. Прогони мостів досягають 120 м, довжина консолей до 50 м. Розповсюдженими прогонами є 60 і 76,2 м. Вантажозахоплювальними пристроями мостових перевантажувачів є грейферні вантажні візки, стрілові поворотні крани, стрічкові конвеєри, багатоківшеві ланцюгові навантажувальні пристрої. Розповсюдженим типом є мостові перевантажувачі з вантажним грейферним візком, що пересувається по нижніх поясах ферм мосту.

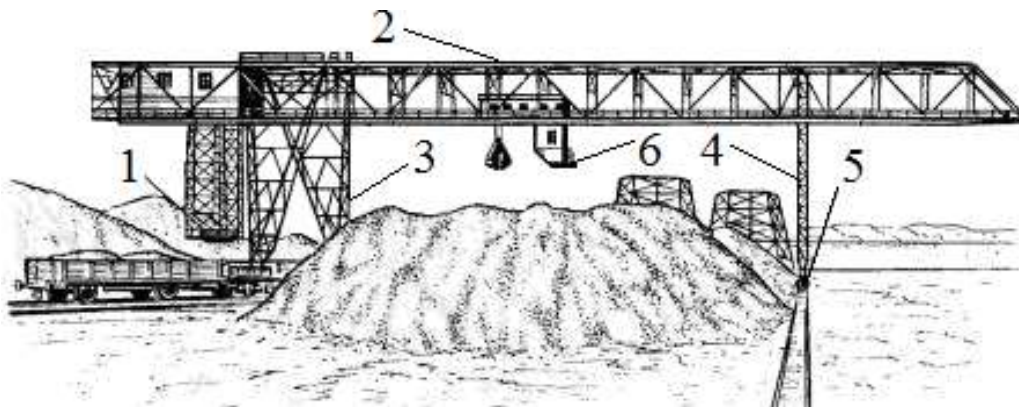


Рис.3.40. Схема мостового перевантажувача:

- 1 – підвісний бункер; 2 – прогін мосту; 3 – жорстка опора;
- 4 – гнучка опора; 5 – балансирний ходовий візок; 6 – вантажний візок з кабіною кранівника

Вантажопідйомність грейферного вантажного візка 5...30 т, швидкість пересування – до 4 м/с. Можливе установлення двох візків на паралельних коліях мосту. Для збільшення зони обслуговування вантажні візки можна виконувати з поворотною стрілою (частота обертання 2...4 хв<sup>-1</sup>) вильотом 3...6 м. Кабіну управління кріплять до рами візка.

У перевантажувачах з однобалковим мостом застосовують консольний візок, подібний до візка козлового крана. Іншим розповсюдженим типом є мостовий перевантажувач зі стріловим поворотним краном, що пересувається по верхніх поясах ферм мосту. Кран має постійний або змінний виліт стріли від 10 до 20 м. Вантажопідйомність стрілового поворотного крана від 5 до 20 т, швидкість переміщення – до 2 м/с [16].

На перевантажувачах великої продуктивності, крім грейферного візка, встановлюється стрічковий конвеєр уздовж довжини прогону. За допомогою грейфера матеріал завантажується в приймальний бункер стрічкового конвеєра, що виключає режим високого навантаження елементів перевантажувача й особливо його металоконструкції в результаті руху вантажного візка з великою швидкістю вздовж прогону перевантажувача. Цим досягається значне зниження часу циклу роботи грейферної лебідки, а тому і збільшення продуктивності. Вантаж із стрічкового конвеєра надходить через розвантажувальний візок на склад. Завдяки пересуванню розвантажувального візка вздовж конвеєра можна регулювати місце розвантаження і тим самим більш раціонально використовувати площу складу.

Найбільшу продуктивність мають перевантажувачі безперервної дії, оснащені ланцюговими забірними пристроями, змонтованими на двох стрілах навантажувального візка, і системою конвеєрів. Технічна характеристика такого мостового перевантажувача подана нижче. Перевантажувачі виготовляють безконсольними, з однією або двома консолями, однією підйомною консолю. Мости перевантажувачів мають ґратчасту або балкову (трубчасто-балкову) конструкцію. З'єднання мосту з опорами здійснюється у вигляді твердої або шарнірної системи. Опори застосовують як однакової, так і різної висоти. Механізми пересування мостів виконують у вигляді незалежних приводних візків. Синхронізація ходу опор забезпечується спеціальною електричною системою. Для обслуговування складів із площею круглої форми використовують так звані радіальні мости, у яких одна опора нерухома (поворотна), а друга переміщується по кільцевій колії.



**Мостові крани** відрізняються від козлових тим, що вони пересуваються по рейкових коліях, укладених на колонах цеху (складу). Мостові крани застосовують для механізації вантажопідйомних робіт на машинобудівних і ремонтних підприємствах, у виробництві будівельних матеріалів тощо, механізації навантажувально-розвантажувальних і складських робіт.

Вантажозахоплювальним органом кранів служать: гаки, грейфери, електромагніти (мостові крани загального призначення), захоплювачі й інші спеціальні пристрої (спеціальні мостові крани). Крани, призначені для обслуговування металургійних цехів, представляють групу металургійних кранів (мульдомагнітні, мульдозавальні, ливарні, кувальні, гартівні та ін.).

Вантажопідйомність мостових кранів досягає 800 т, прогони – 60 м, висота підйому – 50 м і в спеціальному виконанні – 600 м (шахтовий кран). Швидкість, м/с: пересування мосту 0,5...2,5, пересування візка 0,1...1, підйому вантажу до 1 [15, 24].

Мостові підйомні крани складаються з мосту, що перекриває весь прогін цеху, і вантажного візка з механізмом підйому й пересування. Міст пересувається по кранових рейках, установлених на підкранових балках цехових будівель, а вантажний візок – по рейках мосту крана. Крани цього типу обслуговують усю площу цеху або складу й можуть переміщати вантажі в будь-якому напрямку відповідно до технологічного процесу. Вони виконуються як з ручним, так і з електричним приводом механізму підйому й пересування. Кранами зі швидкістю пересування до 1 м/с можна управляти з підлоги. Застосовують дистанційне управління, особливо при наявності трьох механізмів. При рідкому використанні й малій вантажопідйомності застосовують крани з ручним приводом. Застосовуються крани з гідроприводом. На мосту крана можуть розташовуватися два вантажні візки на одній або двох коліях. У випадку обмеження габариту крана по висоті вантажний візок переміщається всередині мосту. Для подачі вантажу за межі прогону крана застосовують візки з поворотною стрілою або консольною фермою. У кільцевих будинках крани переміщаються по кільцевих коліях різного радіуса (крани кільцеві, хордові та ін.).

Мости кранів з вантажним візком виконують двобалковими (листової і фермової конструкції) або однобалковими, а з талем ручним або електричним – однобалковими (**кран-балки**) (рис. 3.41).

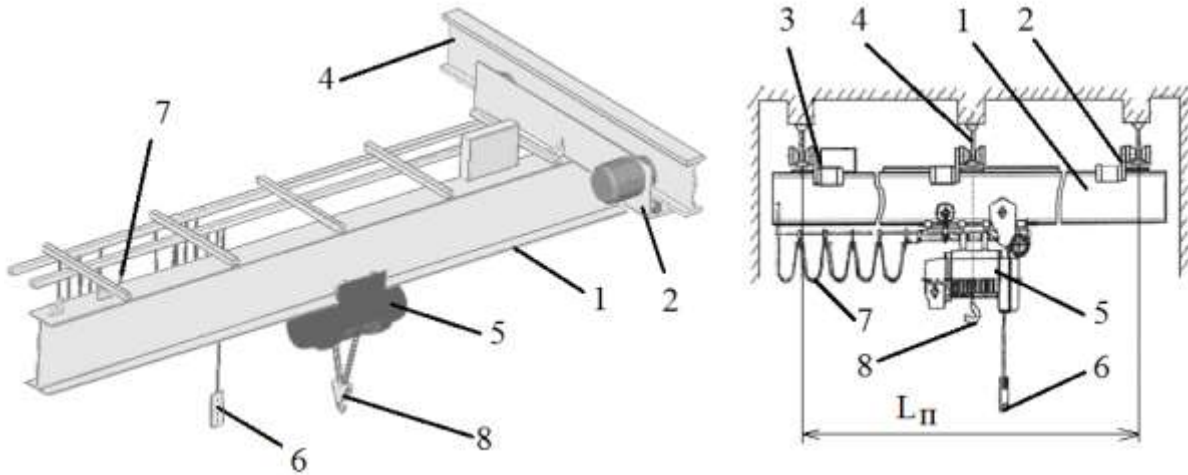


Рис. 3.41. Схема однобалкового підвісного мостового крана (кран-балки):

- 1 – балка прогінна; 2, 3 – балки кінцеві з механізмами пересування крана; 4 – двотаврова балка; 5 – таль електричний; 6 – пульт управління; 7 – струмопідвід; 8 – гакова підвіска

Кабіна управління розташовується на мосту крана в місці, що забезпечує найкращий огляд і безпеку роботи кранівника, а при необхідності – на візку або має можливість автономно переміщатися вздовж прогону крана. У мостових кранах застосовують тільки здвоєні поліспасти. Залежно від вантажопідйомності крана використовують поліспасти із кількістю гілок 4, 6, 8, 10 і більше. Механізми пересування мостів виконують з роздільним приводом (з кожного боку мосту), для малих прогонів – із центральним приводом. При більших потужностях привода в кранах відповідального призначення (наприклад металургійних) передбачають по два механізми пересування на кожній половині мосту. Механізми пересування вантажних візків аналогічні механізмам пересування мостів. Ходові колеса кранів виконують дворобордними або безробордними з горизонтальними напрямними роликками. У чотириколесних механізмах приводними є два колеса. Ходові колеса вантажних візків виконують дво- і одноробордними.

Прогони опорних мостових кранів (відстань між осями підкранових рейок) усіх типів і вантажопідйомностей, призначених для роботи в будинках із прогонами до 36 м включно й на підкранових естакадах, вибирають згідно з ГОСТ 534-78.

Гакові однобалкові крани із самохідним електричним талем (кран-балки) можуть бути опорними або підвісними. Вимоги до однобалкових опорних кранів (кран-балок) регламентовані ГОСТ 22045-89 при вантажопідйомності від 1 до 5 т і прогонах від 4,5 до 28,5 м. Висота підйому вантажу 6, 12, 18 м. Швидкість, м/с: підйому вантажу – 0,13; пересування таля – 0,33 і 0,53; пересування крана – 0,4 і 0,63 (при управлінні з підлоги) і 0,63 і 1 (при управлінні з кабіни). Для підкранових рейок застосовують залізничну рейку Р24 згідно з ГОСТ 6368-82 або квадрат 50 згідно з ГОСТ 2591-2006.

Вимоги до однобалкових підвісних кранів регламентовані ГОСТ 7890-93 при вантажопідйомності від 1 до 5 т. Ці крани можуть бути одно- і двопрогінними. Однопрогінні крани виконують довжиною від 3,6 до 18 м, двопрогінні – від 16,2 до 27 м. Довжини консолей приймаються кратними 0,3 м і перебувають у межах 0,3...1,5 м. Висота підйому від 6 до 32 м. Швидкість, м/с: підйому вантажу – 0,125 і 0,13; пересування таля – 0,33 і 0,4; пересування крана – 0,5. Номери профілів двотаврових балок для кранової колії приймають згідно з ГОСТ 19425-74.

Підйомні крани вантажопідйомністю більше 10 т часто оснащують двома або трьома підйомними механізмами: одним головним номінальної вантажопідйомності й одним або двома допоміжними меншої вантажопідйомності (в 3...5 разів). При вантажопідйомності більше 10 т підвісні крани виконують двобалковими зі спеціальними вантажними візками, що переміщуються по нижніх поясах несучих балок мостів. Загальна довжина багатопрогінних кранів може досягати 100 м. Гакові опорні двобалкові крани регламентовані ГОСТ 25711-83 (вантажопідйомність від 5 до 50 т), ГОСТ 6711-86 (вантажопідйомність від 80 до 500 т) і ГОСТ 24378-88 (технічні умови).

Вантажні візки двобалкових кранів (рис. 3.42) виконують переважно опорної конструкції.

Вони мають один або два механізми підйому 9, 10 з гаковими підвісками й механізм пересування 2.

Для обслуговування складів тарно-штучних вантажів застосовуються **мостові крани-штабелери**, які є одним з різновидів мостових кранів. Замість гнучкої канатної вантажної підвіски вони мають вертикальну колону, по якій переміщається вантажозахоплювальний пристрій. Це забезпечує тверде підвішування вантажу й можливість повної автоматизації перевантажувальних і складських робіт при переробці тарно-штучних вантажів на складах і в цехах підприємств. Автоматичні мостові крани-штабелери називають мостовими складськими роботами. Несучою конструкцією крана-штабелера (рис. 3.43) є міст 4.

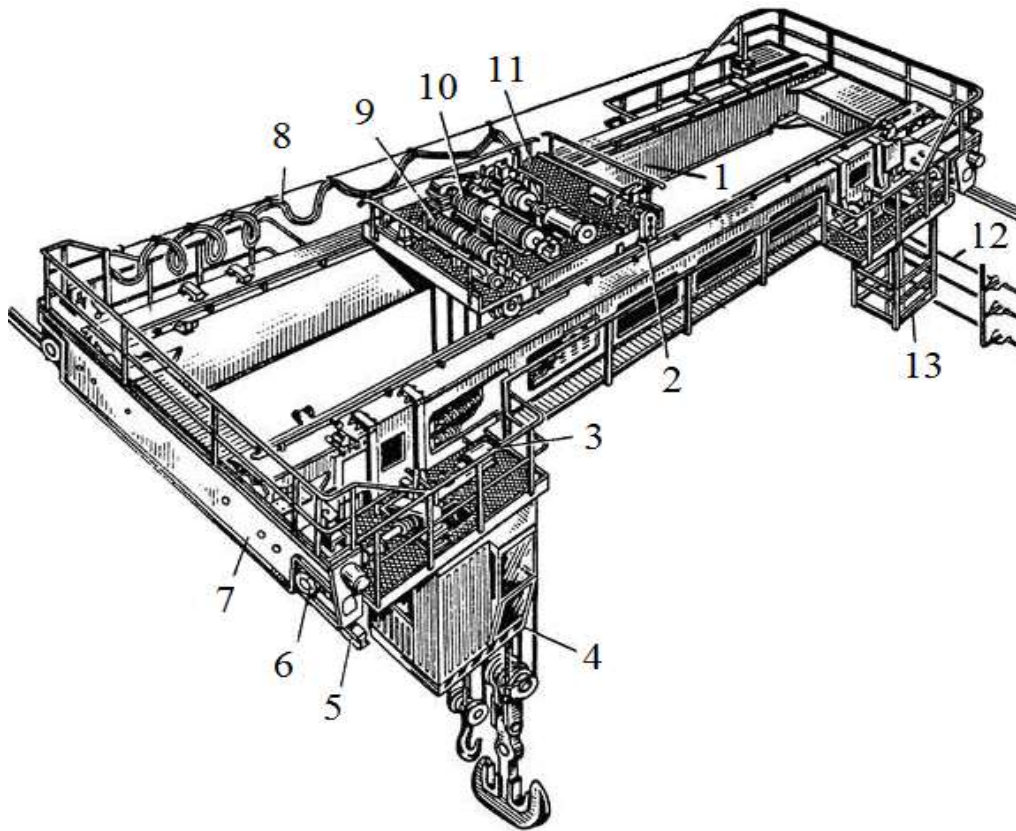


Рис. 3.42. Схема мостового двобалкового опорного крана:  
1 – поздовжня балка; 2 – механізм пересування візка;  
3 – механізм пересування крана; 4 – кабіна управління;  
5 – підкранова колія; 6 – ходові колеса; 7 – кінцева балка;  
8 – струмовідвід; 9 – механізм допоміжного підйому;  
10 – механізм головного підйому; 11 – візок; 12 – тролей;  
13 – майданчик для обслуговування

По нижньому поясу мосту переміщається вантажний візок 3 на чотирьох котках 5. На вантажному візку змонтована поворотна платформа, на нижній частині якої встановлений механізм повороту, а на верхній – механізм підйому 2. До платформи кріпиться жорстко телескопічна колона 6 з рамами для сприйняття навантаження від вантажопідйомного пристрою й напрямними для забезпечення роботи клинового уловлювача. Клинові уловлювачі спрацьовують від обмежника швидкості при падінні кабіни через обрив вантажного каната або при швидкості опускання більше 0,5 м/с. По колоні пересувається вантажопідйомний пристрій 7, який оснащений вилючним або іншим захоплювачем залежно від характеру та геометрії вантажу.

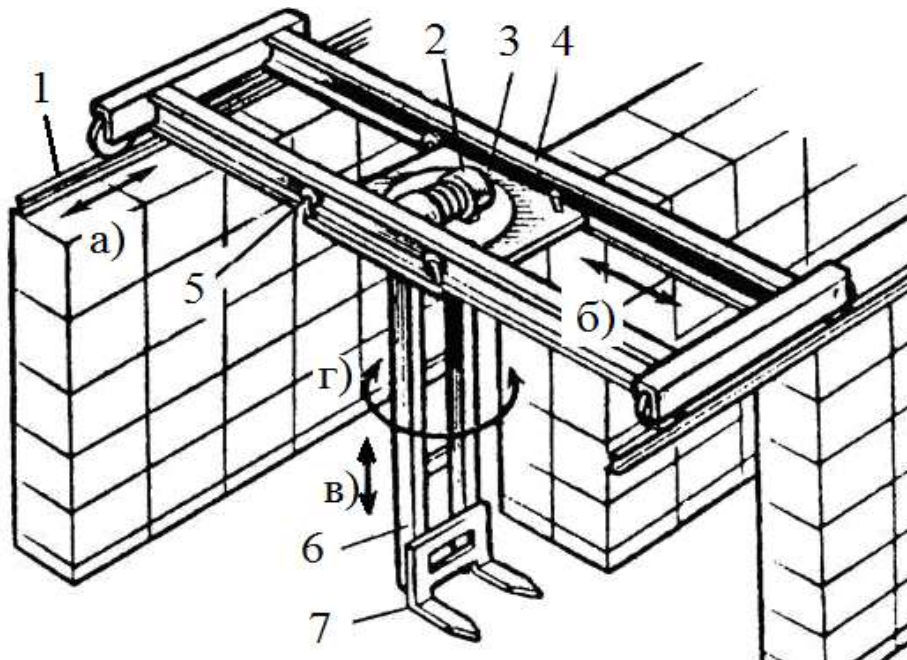


Рис. 3.43. Схема мостового крана-штабелера:  
 1 – підкранова колія; 2 – механізм підйому; 3 – вантажний візок; 4 – міст; 5 – коток; 6 – телескопічна колона;  
 7 – вантажопідйомний пристрій

Мостовий кран-штабелер має чотири напрямки руху (позначені на рис. 3.43 стрілками): а) пересування мосту по підкранових коліях; б) пересування візка по мосту; в) підйом і опускання вантажозахоплювального пристрою; г) поворот колони навколо вертикальної осі. Мостові крани-штабелери мають два приводи пересування мосту – на кожній з кінцевих балок.

**Мостові крани-штабелери** прийнято класифікувати:

за конструкцією мосту й за способом кочення по підкранових коліях – опорні (колеса крана опираються на підкранові колії) і підвісні (ходові колеса переміщуються по нижніх полицях двотаврів, які служать у цьому випадку підкрановими коліями);

за наявністю кабіни для оператора – без кабіни й з підйомною кабіною;

за конструкцією вантажного візка – з опорним і підвісним візком;

за конструкцією головних балок мосту – двотаври, зварені балки коробчастого перерізу, зварені балки із труби й тавра та ін.;

за способом управління – ручне, напівавтоматичне; автоматичне;

за способом ручного управління – з підлоги (за допомогою підвісного поста управління) і з підйомної кабіни.

**Мостові магнітні крани** використовують для транспортування об'єктів з феромагнітних матеріалів, стружки, металобрухту, виливків за допомогою вантажопідйомних магнітів. За компонуванням ці крани близькі до кранів загального призначення, але на відміну від них мають на гаку електромагніт, пов'язаний з візком гнучким струмопідводом. При знятті магніту кран можна використовувати як гаковий.

**Кран кабельного типу** – кран, у якого вантажозахоплювальний орган підвішений до вантажного візка, що переміщується по несучих канатах, закріплених на двох опорах [25]. Крани призначені для обслуговування великих виробничих площ (суднобудівних верфей, гребель, лісових складів, бетонних заводів, шлюзів тощо). **Кабельні крани** виконують однопрогінними й тільки в окремих випадках багатопрогінними, із проміжними опорами для підтримки робочих канатів. Прогони кранів становлять зазвичай 300...600 м, в окремих випадках – 1000 м і більше. Кабельні крани класифікують залежно від ступеня рухомості, характеру робіт, які виконуються, та ін. Насамперед розрізняють нерухомі й рухомі кабельні крани. У нерухомих кранів опори (башти або щогли) закріплені на фундаментах і вантажні операції можуть здійснюватися тільки в межах вузької смуги, розташованої під



несучим канатом (рис. 3.44, а). З метою деякого розширення фронту обслуговування іноді створюють можливість поперечного хитання опор (щогл) кабельних кранів. У цих випадках опори шарнірно з'єднують з фундаментами, а відтягнення їх забезпечуються поліспастами й ручними або механічними лебідками. Підтягуючи одну пару поліспастів і одночасно послабляючи другу пару, можна надавати похиле положення обом щоглам і зміщати несучий канат у боки від його середнього положення. Найбільший кут хитання щогл приймають при цьому в межах до  $8^\circ$  від вертикалі.

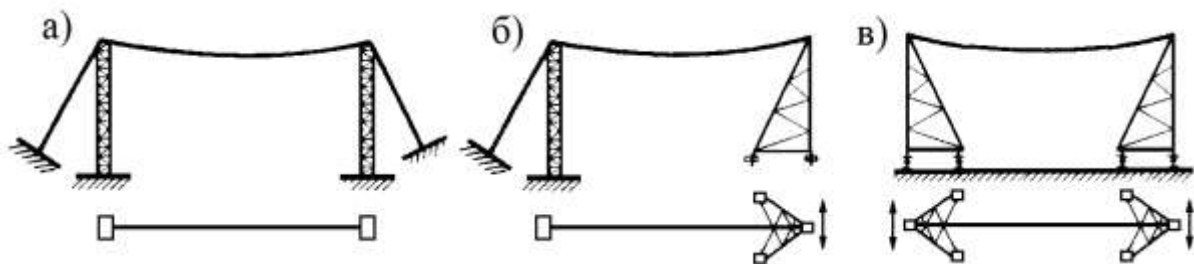


Рис. 3.44. Схеми кабельних кранів:  
а – стаціонарний; б – пересувний радіальний;  
в – пересувний з паралельними коліями

Існують три різновиди рухомих кабельних кранів:

а) паралельні крани (рис. 3.44, в), у кожного з яких обидві башти рухаються по паралельних прямолінійних підкранових коліях; такі крани можуть обслуговувати прямокутні робочі площі;

б) радіальні крани (рис. 3.44, б), що мають кожний одну нерухому башту й одну або кілька рухомих башт, що пересуваються по одній або декількох концентрично розташованих радіальних підкранових коліях; такі крани обслуговують робочі площі, що мають форму сектора з кутом при вершині до  $360^\circ$ ;

в) колові крани, у кожного з яких обидві башти пересуваються по колових концентричних підкранових коліях.

Крім перерахованих трьох основних типів пересувних кабельних кранів, у практиці експлуатації зустрічаються крани змішаного типу.

За типом захоплювального органа кабельні крани підрозділяються:

а) на гакові – з вантажними гаками або траверсами для підвішування штучних і тарних вантажів;

б) кабельні – з баддями (перекидними або такими, що розкриваються) для переміщення кускових і насипних вантажів і, найбільш часто, для доставки готового бетону на будівництві;

в) грейферні – із захоплювачами (грейферами) для роботи з насипними й кусковими вантажами.

За характером обслуговування робочих площ розрізняють стаціонарні кабельні крани, що призначаються для постійної роботи в одному місці, і переносні крани, які пристосовані до швидкого складання й розбирання, що допускають зручне укладання й транспортування на автомашинах до іншого місця робіт.

За способом натягування несучих канатів кабельні крани поділяються на чотири типи:

- 1) з натяжкою несучого каната противагою;
- 2) з нерухомо закріпленими несучими канатами;
- 3) з хитними баштами;
- 4) з несучими канатами, що спускаються.

**Кабельні крани** (рис. 3.45, а) складаються з двох башт (машинної 1 і хвостової 7), між якими натягнутий несучий канат 3. У машинній башті розміщена фрикційна тягова лебідка, що забезпечує переміщення по гладкому несучому канату вантажного візка 4 за допомогою тягового каната 6. Там же встановлена й підйомна лебідка, на барабані якої закріплений один кінець вантажного каната 5, а другий його кінець запасований на хвостовій башті. На хвостовій башті розташовуються пристрої натягу несучого каната 8. Висота башт залежить від величини прогону, прогину канатів і може досягати 40 м. Кабіна кранівника 2 розташована для кращого огляду на верху машинної башт.



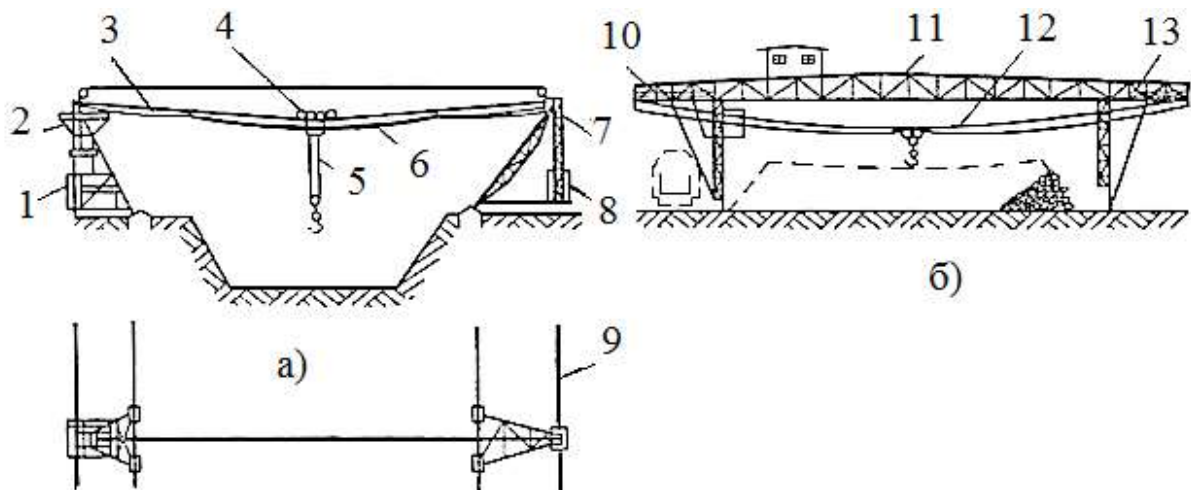


Рис. 3.45. Схеми кранів кабельного типу:  
 а – кабельний кран; б – мостокабельний кран

Кабельні крани мають вантажопідйомність від 3 до 25 т (рідко до 150 т), прогони від 300 до 600 м (рідко до 1000 м), висоту башт від 25 до 40 м (рідко до 70 м), висоту підйому вантажу до 250 м, швидкість підйому 1,5...2,5 м/с, пересування башт 0,08...0,4 м/с, вантажного візка 3,3...6,0 м/с (рідко до 10 м/с).

**Мостокабельний кран** (рис. 3.45, б) відрізняється від кабельного тим, що несучий канат підвішують до консолей ферми козлового крана. Кран має легку прогінну ферму 11, що сприймає, крім власної ваги, натяг несучого каната 12, причому момент від ваги значною мірою компенсується моментом від натягу несучого каната. Унаслідок цього маса крана відносно невелика.

Тягова лебідка 10 і підйомна лебідка 13 установлені на мосту крана. Механізм пересування крана аналогічний звичайним козловим кранам. Застосовують ці крани при невеликих прогонах (до 150 м). Вони характеризуються кращим використанням внутріпрогінного майданчика, оскільки їх опори менші від опор башт звичайних кранів. Переміщується кабельний кран по колії 9. Вантажопідйомність кабельних кранів 5...15 т, в окремих випадках застосовують крани вантажопідйомністю до 25 т. Ці крани використовують для великих складів лісоматеріалів і насипних вантажів.

Особливими різновидами кабельних кранів, крім мостокабельних, є:

- естакадні крани, опори яких виконані у вигляді якірних візків, що переміщуються по підкранових коліях, прокладених на естакадах;

- елінгові крани – крани, що мають ряд несучих канатів (до 10...12 шт.) і спираються на естакади. Крани встановлюють уздовж споруджуваного судна. По кожному несучому канату пересувається один вантажний візок.

### **Контрольні питання**

1. Як здійснюється гальмування у гвинтових домкратах?
2. Якими параметрами характеризуються ручні й електричні лебідки?
3. Як визначають кратність поліспасти?
4. Що таке поліспаст?
5. Які типи поліспасти існують?
6. Які крани називають стріловими?
7. За якими ознаками класифікують стрілові крани?
8. Який принцип роботи скіпового підйомника?
9. За якими ознаками класифікують будівельні підйомники?
10. За якими ознаками класифікують баштові крани?
11. Які переваги мають залізничні крани у порівнянні з іншими типами кранів?
12. Яка конструктивна різниця між автомобільним краном і краном на шасі автомобільного типу?
13. Які переваги має кран, змонтований на спеціальному пневмоколісному шасі з укороченою базою?

## 4. ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ В БУДІВНИЦТВІ

### 4.1. Види земляних споруд

Земляні споруди – це особлива група інженерних споруд, утворених у ґрунтовому масиві або таких, що зводяться з ґрунту, покладеного на поверхні землі.

Земляні споруди класифікуються за такими ознаками: відношенням до поверхні землі, функціональним призначенням, терміном служби, геометричними параметрами, просторовою формою.

За відношенням до поверхні землі їх можна розділити на виїмки, насипи і підземні виробки. Виїмкою називають земляну споруду, створену в ґрунтовому масиві нижче поверхні землі; насип – це земляна споруда, що зводиться з ґрунту вище поверхні землі; підземні виробки – земляні споруди, що зводяться на певній глибині і закриті з поверхні землі.

Якщо при утворенні виїмок виконуються роботи лише з відділення частини ґрунту від масиву, пов'язані з руйнуванням його зв'язності і переміщенням, то при спорудженні насипів, крім переміщення ґрунту, зазвичай вирішується зворотне завдання - відновлення колишнього щільного стану ґрунту.

За функціональним призначенням земляні споруди поділяються на котловани, траншеї, ями, свердловини, відвали, дамби, греблі, дорожні полотна, канали, планувальні площі, тунелі, виробки.

За нормативними строками експлуатації розрізняють [1]:

- тимчасові земляні споруди (траншеї для укладання в них підземних комунікацій тощо) – їх копають на час будівництва, наприклад, на час укладання трубопроводу і монтажу трубопровідної арматури, після чого вихідну земляну поверхню відновлюють;

- земляні споруди тривалого користування (придорожні кювети, дорожні насипи, дамби, греблі тощо).

До земляних споруд належать також сплановані смуги та майданчики, які можуть бути як тимчасовими, так і спорудами тривалого користування.

Геометричні параметри земляної споруди – довжина, ширина, глибина (висота), діаметр споруд круглого поперечного перерізу – відображають основні розміри підземної частини і служать для визначення об'єму розроблюваного ґрунту. Від цих параметрів залежить вибір складу технологічного процесу і комплексу землерийної техніки.

#### **4.2. Способи розроблення ґрунтів**

Найбільш енергоємною з усіх операцій з улаштування виїмок є відділення ґрунту від масиву (руйнування ґрунту), у зв'язку з чим способи розроблення ґрунтів розрізняються за способами їх руйнування, що характеризується видом енергетичного впливу [1, 3, 26].

Механічне руйнування ґрунтів найчастіше застосовується в будівництві. Воно ґрунтується на зосередженому контактному силовому впливі робочого органа машини на ґрунт, що називається також різанням. Для реалізації цього способу робочі органи машин, що розробляють ґрунт, оснащують клиноподібними різальними інструментами, які переміщуються щодо ґрунтового масиву. Цим способом виконують до 85 % усього об'єму земляних робіт у будівництві.

Комбіновані способи використовують для інтенсифікації руйнування ґрунту. Наприклад, газомеханічний спосіб забезпечує імпульсну подачу газів під тиском в отвори на землерийному робочому органі. Гази, що виходять через отвори, розпушують ґрунт, зменшуючи цим опір переміщенню робочого органа.

Гідравлічне руйнування ґрунтів струменем води з використанням гідромоніторів та землесосних снарядів широко застосовують при спорудженні гідротехнічних земляних споруд (гребель, дамб), а також у деяких інших випадках на водоймах або поблизу них. Таким же способом видобувають пісок, гравій або піщано-гравійну суміш для їх подальшого використання, а також розробляють ґрунти на дні водойм.

Спосіб розроблення ґрунтів з використанням напору струменя води і землесосних снарядів називають гідромеханічним.

Міцні скельні породи і мерзлі ґрунти зазвичай руйнують вибухом під тиском газів, що утворюються при займанні вибухових речовин, які закладають у спеціально пробурені свердловини (шпури), прорізнi вузькі щілини або в траншеї. Розроблення ґрунтів вибухом найбільш енергоємне і дороге з усіх розглянутих вище способів.

Електрогідравлічний спосіб руйнування ґрунтів використовує ударну хвилю, яка утворюється в іскровому розряді в рідині. Його застосовують для дроблення валунів і негабаритних каменів, що утворюються в результаті руйнування ґрунтів вибухом. При цьому отримана в розрядному каналі теплота нагріває і випаровує прилеглі шари рідини, утворюючи парогазову порожнину з високим тиском, що впливає на ґрунт.

Фізичні способи руйнування ґрунтів без комбінування з іншими способами застосовують значно рідше. Вони основані на впливі на ґрунт температурних змін (пропалювання міцних ґрунтів, відтавання мерзлих ґрунтів), струмів високої частоти, ультразвуку, електромагнітної енергії, інфрачервоного випромінювання тощо.

Вибір способу розроблення залежить насамперед від міцності ґрунту, в тому числі і від сезонної, пов'язаної з його промерзанням.

### **4.3. Класифікація машин для земляних робіт**

Машини та обладнання для розроблення ґрунтів класифікують за призначенням [1, 2, 9, 16, 27, 28]:

- на землерийні машини;
- землерийно-транспортні машини;
- бурильні машини й установки;
- засоби гідромеханізації земляних робіт;
- ґрунтоущільнювальні машини.

Землерийні машини розробляють ґрунт або позиційно (одноківшеві екскаватори, роторні екскаватори поперечного копання), або в процесі переміщення всієї машини (екскаватори безперервної дії, окрім кар'єрних роторних). Продукт їх діяльності – розроблений ґрунт. Він укладається у відвал поруч з відритою виїмкою або кар'єром або занурюється в транспортні засоби для його перевезення.

Землерийно-транспортні машини (бульдозери, скрепери) працюють у двох режимах – землерийному і транспортному, які, як правило, будуть один за одним. Спочатку машина в процесі свого переміщення розробляє ґрунт, накопичуючи його перед відвалом (бульдозер) або заповнюючи ним ківш (скрепер), а потім переміщує його волоком по землі – у відвалі або в ковші як транспортна машина. Відвальні землерийно-транспортні машини (бульдозери, автогрейдери), що застосовуються зайняті на плануванні земляних поверхонь, працюють у режимі землерийної машини безперервної дії: знімається шар ґрунту, безперервно переміщується по відвалу та укладається поруч із смугою планування. В такому ж режимі працюють такі землерийно-транспортні машини, як грейдер-елеватори – розроблений ними ґрунт або завантажується спеціальним транспортувальним органом у транспортні засоби, або укладається поруч із смугою розроблення.

Бурильні машини призначені для буріння свердловин, включаючи шпури. Зазвичай це машини позиційної дії, що визначається місцем розташування свердловини.

Засоби гідромеханізації призначені для розроблення ґрунтів з використанням швидкісного напору струменя води або водяного потоку. Вони представлені як машинами, так і апаратами, які не мають машинного привода.

Основним завданням ґрунтоущільнювальних машин є надання земляній споруді необхідних фізичних і механічних властивостей з метою не допустити її просідань, деформацій зсуву тощо.

За характером робочого процесу тільки одноківшеві екскаватори і скрепери є машинами циклічної дії. Екскаватори ж безперервної дії, автогрейдери, грейдер-елеватори та обладнання для гідромеханізації працюють у безперервному режимі. Бульдозери можуть працювати як у циклічному (при пошаровому розробленні ґрунтів), так і в безперервному (на планувальних роботах) режимах.

## Контрольні питання

1. Що називається земляними спорудами і за якими ознаками вони класифікуються?
2. Поясніть класифікацію земляних споруд за відношенням до поверхні землі.
3. Як класифікуються земляні споруди за строком служби?
4. Що таке механічний спосіб розроблення ґрунту?
5. Поясніть сутність комбінованих методів розроблення ґрунту.
6. Що являє собою гідромеханічний спосіб розроблення ґрунту?
7. Поясніть принцип електрогідравлічного способу руйнування ґрунтів.
8. У чому полягають фізичні способи руйнування ґрунтів?
9. Що являють собою землерийні машини?
10. Поясніть особливості застосування землерийно-транспортних машин у будівництві.

## 5. ЗЕМЛЕРИЙНІ МАШИНИ

Типовими представниками класу суто землерийних машин є екскаватори. Вони можуть бути:

- одноківшевими – обладнані одним ковшем;
- безперервної дії – з декількома ковшами або робочими органами, що замінюють їх (скребками, зубами тощо), закріпленими на робочому колесі (роторі) або на замкнутому робочому ланцюзі.

У екскаваторів безперервної дії кожен робочий орган, як і в одноківшевого екскаватора, працює в циклічному режимі, але із зміщенням у часі виконання однойменних операцій різними робочими органами, унаслідок чого ґрунт відсипається безперервним потоком.

У порівнянні з одноківшевими екскаватори безперервної дії мають менші матеріаломісткість і енергоємність, що припадає на одиницю їх технічної продуктивності, що обумовлено більш рівномірним завантаженням цих машин у часі. У той же час екскаватори безперервної дії мають нижчий коефіцієнт використання в часі через частіші відмови багатоланкової структури цих машин. Вони мають вузьку галузь застосування в порівнянні з одноківшевими екскаваторами.

### 5.1. Одноківшеві екскаватори

Одноківшевими екскаваторами називають позиційні землерийні машини циклічної дії, обладнані ківшевим робочим органом. Робочий цикл одноківшевого екскаватора складається з послідовно виконуваних операцій: копання ґрунту; переміщення ґрунту до місця відсипання; розвантаження ковша з відсипанням ґрунту у відвал або транспортний засіб; повернення ковша на позицію початку наступного робочого циклу [26, 29]. Сукупність перерахованих операцій ще називають екскавацією.

Одноківшеві екскаватори класифікують за такими ознаками:  
*за призначенням:*

- будівельні – для виконання земляних робіт, завантаження і розвантаження насипних матеріалів;



- будівельно-кар'єрні – для тих же робіт і, крім того, для розроблення кар'єрів будівельних матеріалів і видобутку корисних копалин відкритим способом;

- кар'єрні – для роботи в кар'єрах;

- розкривні – для зняття верхнього шару ґрунту або гірської породи перед кар'єрним розробленням;

- тунельні і шахтові – для роботи під землею при будівництві підземних споруд і розробленні корисних копалин;

*за видом робочого устаткування:*

- пряма лопата – для розроблення ґрунту вище за рівень стоянки екскаватора;

- зворотна лопата – для розроблення ґрунту нижче за рівень стоянки екскаватора.

- драглайн – для розроблення котлованів, траншей і каналів, вантаження і розвантаження насипних матеріалів, розкривних робіт;

- грейфер – для риття глибоких виїмок;

- планувальник – для планування горизонтальних поверхонь і укосів;

*за виконанням робочого устаткування:*

- канатні – з гнучким підвішуванням робочого устаткування;

- гідравлічні – з жорстким підвішуванням робочого устаткування;

*за видом ходових пристроїв:*

- пневмоколісні, зокрема з використанням автомобільної або тракторної баз, а також спеціальних шасі автомобільного типу;

- гусеничні;

- крокуючі – для потужних драглайнів великої маси;

*за можливістю обертання поворотної частини:*  
повноповоротні та неповноповоротні;

*за кількістю встановлених двигунів:* одномоторні та багатомоторні.

Окрім перерахованих вище видів устаткування, одноківшеві екскаватори можуть мати кран, палебійне, трамбувальне й інше змінне устаткування. Екскаватори, що мають тільки один вид робочого устаткування, називають спеціальними, а укомплектовані змінними видами робочого устаткування – універсальними. До останніх належить більшість будівельних одноківшевих екскаваторів.

У вітчизняній індексації універсальні екскаватори позначають індексами типу ЕО-0000, у яких перший нуль після буквенної частини замінюють цифрами, що позначають розмірну групу, визначувану місткістю ковша (1 – 0,15 м<sup>3</sup>, 2 – 0,25 м<sup>3</sup>, 3 – 0,4 м<sup>3</sup>, 4 – 0,65 м<sup>3</sup>, 5 – 1,0 м<sup>3</sup>, 6 – 1,6 м<sup>3</sup>, 7 – 2,5 м<sup>3</sup>, 8 – 4,0 м<sup>3</sup>); другий нуль – індексом типу ходового устаткування (1 – гусеничне, 2 – гусеничне із збільшеною опорною поверхнею, 3 – пневмоколісне, 4 – спеціальне шасі автомобільного типу, 5 – шасі вантажного автомобіля, 6 – на базі трактора тощо); третій нуль – індексом типу підвішування робочого устаткування (1 і 2 – відповідно з гнучким і жорстким підвішуванням, 3 – телескопічне робоче устаткування); останній нуль – номером моделі екскаватора. Чергову модернізацію і кліматичне виконання позначають буквами російського алфавіту після основного індексу машини [1, 16].

## **5.2. Одноківшеві гідравлічні екскаватори**

Як основне робоче устаткування для вітчизняних екскаваторів до 5-ї розмірної групи включно використовується робоче устаткування – зворотна лопата, а для екскаваторів 6-ї і більших розмірних груп – пряма лопата. На екскаваторах установлюють ковші різної місткості: основні, вузькі – меншої місткості, для розроблення міцних ґрунтів і широкі – більшої місткості – для слабких ґрунтів. Ковші всіх типів мають однакові розміри профільної проекції і відзначаються шириною і числом установлюваних на їхній передній стінці зубів.

Будівельні неповноповоротні і повноповоротні гідравлічні екскаватори є самохідними машинами з пневмоколісним або гусеничним ходовим устаткуванням. Пневмоколісні екскаватори використовують на розосереджених будівельних об'єктах з невеликими обсягами робіт. Завдяки високій швидкості пересування (на багато вище, ніж у гусеничних машин) вони здатні долати великі відстані при зміні будівельних об'єктів. Гусеничні екскаватори мають підвищену прохідність, пересуваються зі швидкістю, що не перевищує 4...6 км/год. Цими показниками зумовлена галузь використання гусеничних екскаваторів – об'єкти з великими об'ємами земляних робіт без

спеціальної підготовки робочих майданчиків, включаючи кар'єри. Для перевезення цих машин на великі відстані використовують спеціальні транспортні засоби (ваговози, залізничний транспорт тощо).

Повноповоротний пневмоколісний (рис. 5.1, а) або гусеничний гідравлічний екскаватор (рис. 5.1, б) складається з базової частини і робочого устаткування. При заміні останнього базову частину зазвичай зберігають у незмінному вигляді.

Базова частина екскаватора включає ходове устаткування з нижньою рамою 20 (рис. 5.1, а та б), опорно-поворотний пристрій 19 і поворотну платформу 2 з розташованими на ній насосно-силовою установкою 3, вузлами гідравлічної системи привода і кабіною машиніста 4.

Ходове устаткування пневмоколісного екскаватора складається із зварної рами, що спирається на два ведучих мости 22 (рис. 5.1, а). Для роботи в режимі екскавації ґрунту екскаватор установлюють на відкидні опори 1, закріплені на поперечній балці рами за заднім мостом. Частіше як передня опора для роботи в тому ж режимі використовується, окрім прямого призначення, бульдозерний відвал 21, який установлений перед переднім мостом і приводиться в рух гідроциліндром.

Кожен з гусеничних візків 23 (рис. 5.1, б) гусеничного екскаватора приводиться в рух гідромотором і зубчастими передачами. При спільній роботі механізмів привода гусениць в одному напрямі забезпечується прямолінійне пересування машини, а при їх роботі у взаємно протилежних напрямках або тільки одного механізму і загальмованій другій гусениці – поворотний рух (щодо центра опорного контуру в першому або опорної поверхні загальмованої гусениці – в другому випадку).

У передній частині платформа обладнана стояками-пілонами 18 для шарнірного з'єднання з нею стріли, а також вушками для установлення гідроциліндрів привода стріли 17, яких може бути один або два. Кабіну машиніста 4 з органами управління встановлюють з одного боку поворотної платформи.

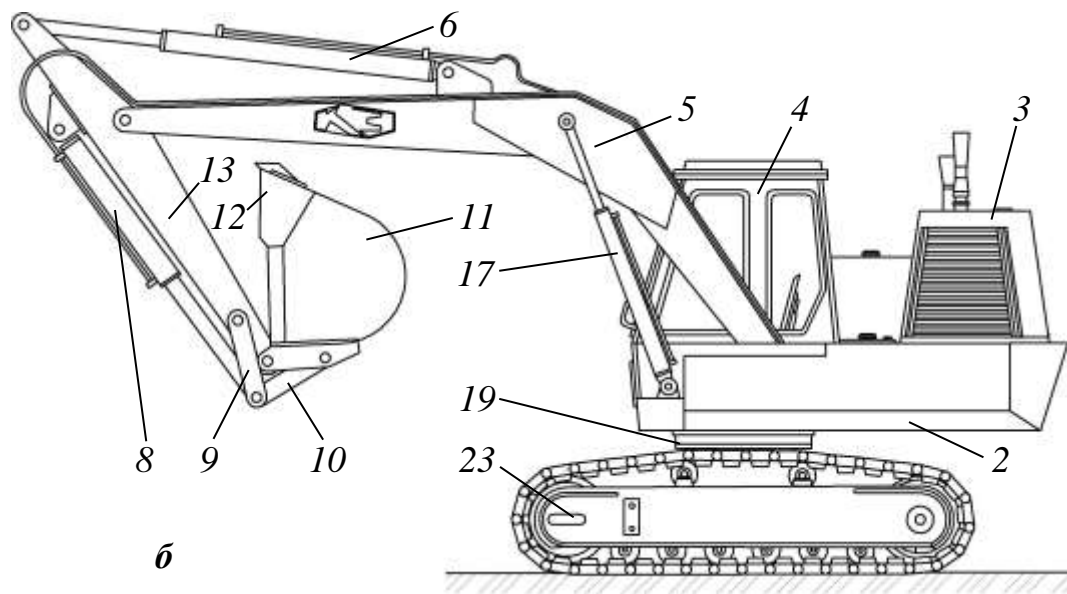
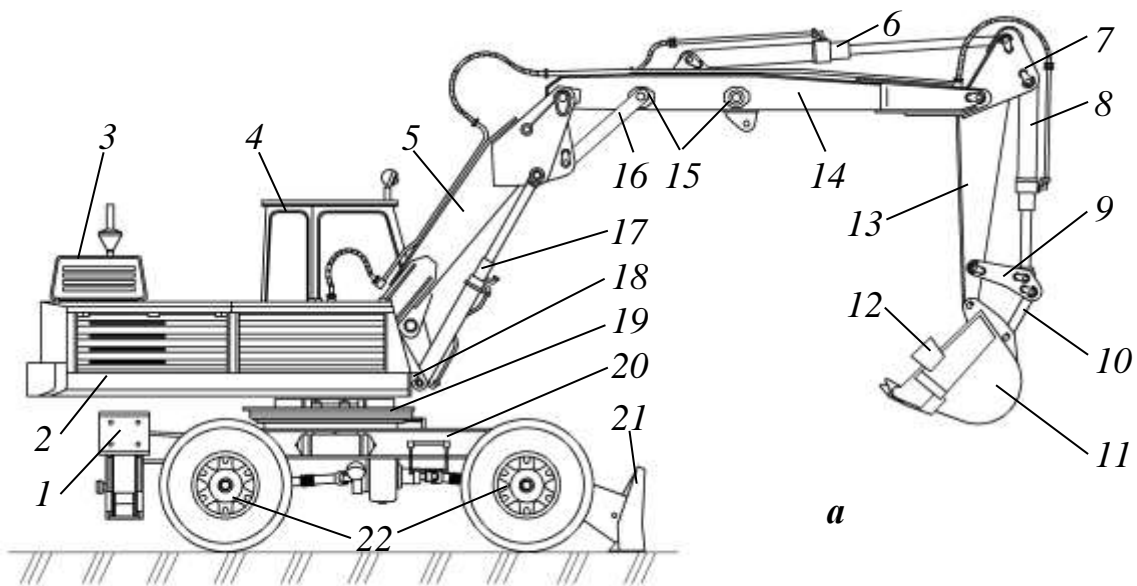


Рис. 5.1. Повноповоротні гідравлічні одноківшеві екскаватори:  
 а – пневмоколісний; б – гусеничний; 1 – відкидні опори;  
 2 – поворотна платформа; 3 – насосно-силова установка;  
 4 – кабіна машиніста; 5 – стріла (коренева секція); 6, 8 та  
 17 – гідроциліндри привода рукояті, ковша та стріли; 7 та  
 9 – коромисло; 10 – тяга; 11 – ківш; 12 – підрізні зуби;  
 13 – рукоять; 14 – подовжувач стріли; 15 – вушка;  
 16 – ригель; 18 – пілон; 19 – опорно-поворотний  
 пристрій; 20 – нижня рама; 21 – відвал; 22 – мости;  
 23 – гусеничний візок

**Робоче устаткування зворотна лопата** (рис. 5.1) включає послідовно з'єднані між собою шарнірами стрілу 5, яка шарнірно з'єднана з поворотною платформою 2, рукоять 13 і ківш 11. Елементи робочого устаткування утворюють шарнірно-важільний чотириланковий механізм, що дає змогу займати ковшу і різальним кромкам його зубів різні положення в межах робочої зони екскаватора на всіх операціях його робочого циклу. Робоче устаткування зворотна лопата призначене для розроблення ґрунту в основному нижче за рівень стоянки екскаватора.

Стріла може бути моноблоковою (рис. 5.1, б) і складеною (рис. 5.1, а), такою, що складається з двох секцій: кореневої 10, шарнірно з'єднаної з поворотною платформою, і подовжуючої 14, що з'єднується з кореневою секцією болтами або шарніром і ригелем 16, перестановкою якого у вушка 15 на подовжуючій секції можна змінювати відстань між кінцевими шарнірами стріли. Частіше складеними стрілами комплектують універсальні екскаватори. Моноблокова стріла (рис. 5.1, б) коробчастого поперечного перерізу, зазвичай з рознесеними шарнірами: для з'єднання з поворотною платформою і вилкою на одному кінці, і для з'єднання з рукояттю в її головній частині.

Рукоять 13 повертається відносно стріли 5 (рис. 5.1, б) або подовжувача стріли 14 (рис. 5.1, а) за допомогою гідроциліндра 6, який кріпиться на стрілі шарнірно, а його шток поєднується із рукояттю безпосередньо (рис. 5.1, б) або через коромисло 7 (рис. 5.1, а).

Ківш у формі місткості, відкритої з одного боку, із зубами, встановленими в кишені на передній стінці, або без них (для розроблення легких ґрунтів), з'єднаний з рукояттю шарнірно в її головній частині і приводиться в дію шарнірно встановленим одним кінцем на рукояті гідроциліндром 8 безпосередньо або через шарнірно-важільний механізм (рис. 5.1, а та б), що складається з коромисла 9 і тяги 10, що виконує функцію мультиплікатора. Для попередження заклинювання ковшів у траншеї на їх бічних стінках установлюють підрізні зуби 12.

**Робоче устаткування пряма лопата** (рис. 5.2, а), що складається із стріли 1, рукояті 2 і ковша 3, навішують на гідравлічний екскаватор для розроблення ґрунтів вище за рівень

стоянки. Стріла у цих екскаваторів зазвичай коротша, ніж у зворотної лопати. Привод стріли оснащений двома гідроциліндрами 6, а рукояті – гідроциліндром 8.

Відносно рукояті ковші можуть бути поворотними, неповоротними і щелепними. Поворотний ківш може змінювати своє положення відносно рукояті як для устанавлення необхідного кута різання, так і для вивантаження ґрунту за допомогою гідроциліндра 7, коромисла 5 і тяги 4.

Неповоротні ковші (рис. 5.2, б) устанавлюють на рукояті з постійним кутом різання, який може бути змінений заміною тяги 9 відповідної довжини [1]. У нижній частині корпусу ковша на шарнірі 14 устанавлене відкидне днище 12, що закривається підпружиненою клямкою 10. Для розвантаження ґрунту за допомогою гідроциліндра 15 через важіль 13 і ланцюг 11 клямку висмикують зі свого гнізда на корпусі, після чого днище відкривається під дією власної ваги. Закривається днище автоматично при опусканні ковша в нижнє положення для початку копання.

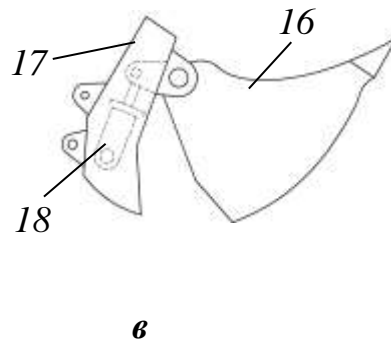
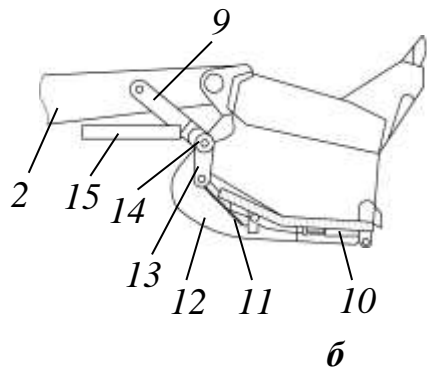
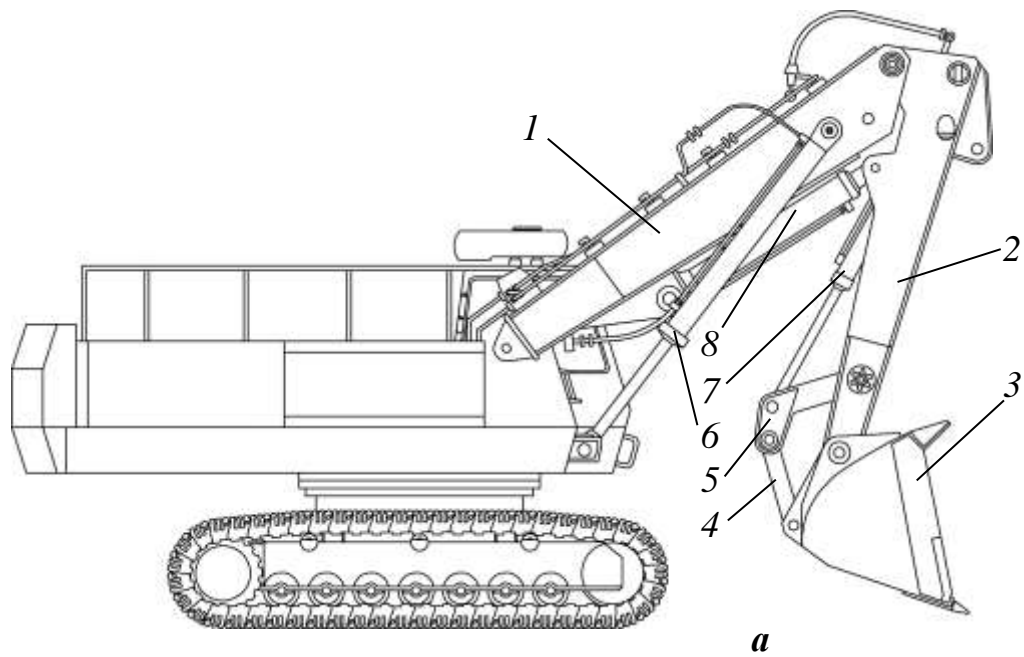


Рис. 5.2. Робоче обладнання пряма лопата:

а – екскаватор з робочим устаткуванням пряма лопата із поворотним ковшем; б – неповоротний ківш; в – щелепний ківш; 1 – стріла; 2 – рукояць; 3 – ківш; 4 та 9 – тяга; 5 – коромисло; 6, 7, 8, 15 та 18 – гідроциліндри приводу стріли, ковша, рукояті, днища ковша, розмикання щелеп; 10 – клямка; 11 – ланцюг; 12 та 17 – днище; 13 – важіль; 14 – шарнір; 16 – корпус

Щелепний ківш (рис. 5.2, в) [1] складається з шарнірно з'єднаних між собою двох щелеп – корпуса 16 і днища 17. У режимі копання і транспортування ґрунту щелепи зімкнуті, а для розвантаження ґрунту вони розмикаються гідроциліндром 18, вмонтованим у днищі ковша.

### 5.3. Одноківшеві екскаватори з гнучким підвішуванням робочого устаткування (канатні екскаватори)

З канатних екскаваторів у цей час у будівництві експлуатуються машини з робочим устаткуванням пряма лопата, драглайн і грейфер. Усі інші види канатного робочого устаткування практично повністю витиснені прогресивнішими гідравлічними аналогами.

Робоче устаткування **прямого копання** (пряма лопата), що є основним для канатних екскаваторів, розробляє ґрунт вище за рівень стоянки екскаватора рухом ковша від низу до верху (рис. 5.3) [16, 30]. Воно складається із стріли 5, шарнірно з'єднаної з поворотною платформою 7 і утримуваною стрілопідйомними канатами 1, рукояті 4, поступально переміщуваної в сідловому підшипнику 6, який є поворотним відносно стріли, і ковша 3 на кінці рукояті. Ківш разом з рукояттю може змінювати свій виліт щодо стріли, підніматися й опускатися за допомогою підйомних канатів 2.

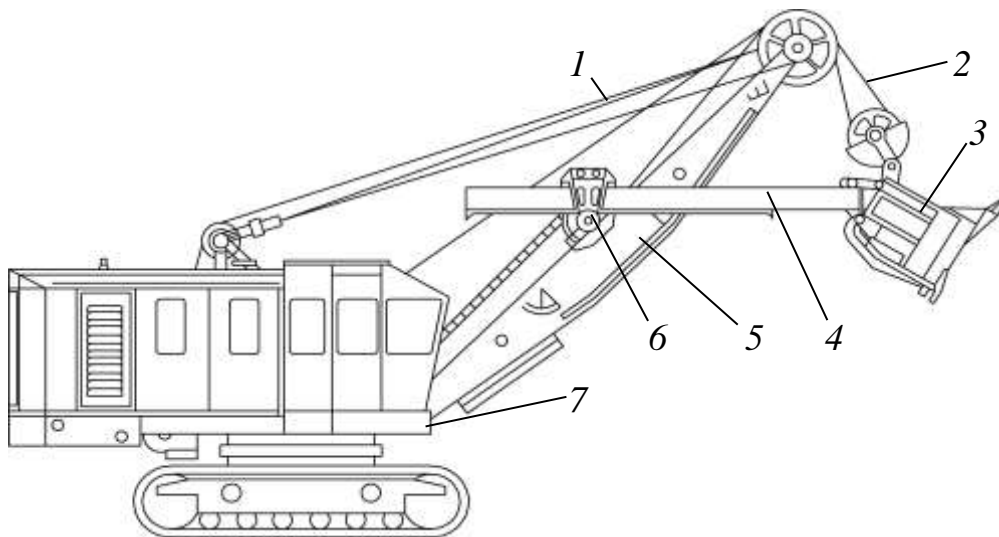


Рис. 5.3. Одноківшевий екскаватор з гнучким підвішуванням робочого устаткування пряма лопата:

1 – стрілопідйомні канати; 2 – канати підйому ковша; 3 – ківш;  
4 – рукоять; 5 – стріла; 6 – сідловий підшипник; 7 – поворотна платформа



Ківш піднімається підйомною лебідкою, а опускається за рахунок власної ваги при розгальмованій підйомній лебідці. Зміна його вильоту (напірний і поворотний рух) забезпечується напірною лебідкою.

Для початку копання на новій стоянці ківш устанавлюють якомога ближче до базової частини. Далі підйомним поліспастром його переміщують по забою від низу до верху, регулюючи товщину ґрунтового зрізу (стружки) напірним рухом. Після виходу ковша за верхній обріз забою (номінально – вище за вісь напірного вала) вмикають механізм повороту платформи, не припиняючи при цьому підйомного руху, яким разом з напірним і поворотним рухом ківш устанавлюють у положення розвантаження, після чого відкривають його днище.

**Драглайном** [1, 16] називають робоче устаткування одноківшевого екскаватора з ковшем, підвішеним до стріли на підйомному канаті і переміщуваним при копанні ґрунту тяговим канатом. Драглайном прийнято також називати екскаватор з однойменним робочим устаткуванням. Ці машини застосовують для розроблення ґрунтів переважно нижче за рівень стоянки при копанні котлованів і траншей, для підводного розроблення виїмок, а також для вантаження і розвантаження насипних і роздроблених будівельних матеріалів. Потужні крокуючі драглайни використовують для видобутку корисних копалин відкритим способом і на розкривних роботах. Випускаються будівельні драглайни з ковшами місткістю 0,3...3 м<sup>3</sup>, а крокуючі – з ковшами 5...100 м<sup>3</sup>.

Робоче устаткування (рис. 5.4) включає стрілу 2 зазвичай ґратчастої (для будівельних екскаваторів), рідше вантової (для крокуючих драглайнів) конструкції, що за довжиною значно перевищує стрілу лопати, і ківш 7, переміщуваний тяговим 11 і підйомним 4 канатами, з якими він з'єднаний за допомогою ланцюгів 8 і 6. Тяговий канат спрямовується блоково-роликівим пристроєм 12 і навивається на барабан тягової лебідки. Підйомний канат обгинає головний блок 3 і навивається на барабан підйомної лебідки.

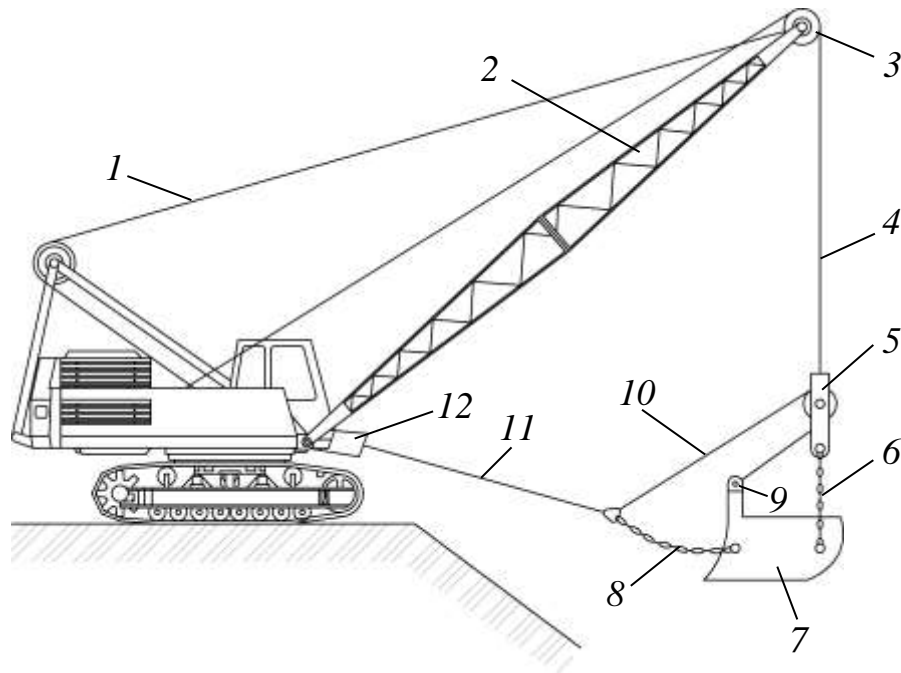


Рис. 5.4. Екскаватор-драглайн:

1 – стріловий канат; 2 – стріла; 3 – головний блок; 4 – підйомний канат; 5 – перекидний блок; 6 – підйомний ланцюг; 7 – ківш; 8 – тяговий ланцюг; 9 – арка ковша; 10 – розвантажувальний канат; 11 – тяговий канат; 12 – блоково-роликівий пристрій

Ґрунт розробляють переміщенням ковша тяговим канатом уздовж забою, після чого ківш піднімають підйомним канатом, підтягаючи його до стріли і переміщаючи потім до її головної частини з одночасним поворотом платформи. При цих переміщеннях ківш утримується в положенні, що виключає розсипання ґрунту, за рахунок розвантажувального каната 10 (рис. 5.4), що обгинає блок 5 і з'єднаний одним кінцем з тяговим канатом, а другим – закріплений на арці ковша 9. При розвантаженні ковша відпускають тяговий канат, унаслідок чого він перекидається зубами вниз.

Драглайни працюють переважно з розвантаженням у відвал. Розвантаження ґрунту в транспортний засіб можливе, але воно різко знижує продуктивність екскаватора через необхідність виконувати цю операцію після повної зупинки поворотного руху і знижених швидкостей останнього, щоб уникнути розгойдування ковша.

## 5.4. Екксаватори безперервної дії

Екксаваторами безперервної дії називають землерийні машини, які безперервно розробляють ґрунт з одночасним завантаженням його в транспортний засіб або укладанням у відвал [26, 31]. Робочий орган екксаватора безперервної дії обладнаний декількома ковшами, скребками або різцями, що по черзі відокремлюють ґрунт від масиву.

Ґрунт розробляють у процесі двох незалежних рухів:

- відносного – багатократного безперервного переміщення ковшів або робочих органів, що замінюють їх, по замкнутій траєкторії відносно несучої рами;
- переносного – переміщення рами разом з робочими органами, що називається подачею.

Для відсипання ґрунту використовують спеціальний транспортувальний пристрій, частіше – стрічковий конвеєр, на який ґрунт надходить з ковшів або робочих органів, що замінюють їх.

Екксаватори безперервної дії класифікують за такими ознаками:

*за призначенням або видом виконуваних робіт [1]:*

- траншейні – для риття і засипання траншей;
- кар’єрні – для видобутку будівельних матеріалів у кар’єрах;
- будівельно-кар’єрні – для масових земляних робіт у будівництві;

*за типом робочого органа:*

- роторні;
- ланцюгові;

*за способом копання:*

- поздовжнього копання – відносний і переносний рух здійснюється в одній площині;
- поперечного копання – відносний і переносний рух здійснюється в різних площинах.

Решта класифікаційних ознак є загальними для будівельних машин (за типом привода, ходового пристрою тощо).

## 5.5. Траншейні екскаватори

Траншейними екскаваторами називають землерийні машини безперервної дії з робочим органом поздовжнього копання, застосовувані для риття траншей – виїмок великої протяжності в порівнянні з розмірами їх поперечного перерізу [31].

Залежно від типу робочого органа розрізняють роторні і ланцюгові траншейні екскаватори. У роторного екскаватора ковші розташовують з рівним кроком по периферії робочого органа – ротора, а у ланцюгових – на замкнутому ківшевому ланцюзі. Роторні екскаватори застосовують для розроблення траншей обмеженої глибини (до 3 м) у зв'язку з тим, що подальше збільшення цього параметра потребує збільшення діаметра ротора і пов'язаної з цим габаритної висоти, граничні значення якої регламентовані умовами безпечного пересування екскаватора при його перебезуванні на новий будівельний об'єкт під мостами, естакадами, лініями електропередач тощо. Ланцюгові робочі органи при їх переведенні в транспортне положення розташовуються майже горизонтально без збільшення габаритної висоти. Тому ланцюгові екскаватори можуть розробляти траншеї практично будь-якої глибини.

Траншейний екскаватор складається з тягача і робочого устаткування, з'єднаних між собою за напівпричіпною (більшість роторних екскаваторів) або навісною (малі моделі роторних екскаваторів і їх полегшені модифікації, ланцюгові екскаватори) схемами.

Робоче устаткування траншейного екскаватора забезпечує відривання в масиві ґрунту траншеї проектної глибини і ширини з укосами або без них, повне винесення його з траншеї і відсипання в бруствер (кавальєр) поряд з траншеєю. Останню операцію зазвичай виконує стрічковий відвальний конвеєр, установлений перпендикулярно поздовжній осі траншеї або в порожнині ротора (на роторних екскаваторах), або на тягачі (на ланцюгових екскаваторах). Для розроблення вузьких траншей (щілин) застосовують також безконвеєрні скребкові і фрезерні траншейні екскаватори.

**Роторні траншейні екскаватори (рис. 5.5).** Робоче устаткування роторного траншейного екскаватора складається з робочого колеса – ротора 12, установленного на підтримувальних 15 і напрямних 13 роликах рами ротора 14, закріпленої на рамі робочого обладнання 16, шнекових укісників 11, зачисного щита 8, задньої опори 7 і відвального конвеєра 6 (рис. 5.5) [31]. Несучими елементами ротора служать два кільця, розташовані в паралельних площинах, із закріпленими по периферії ковшами. На широких роторах ковші установлюють у два ряди із зсувом одного ряду відносно другого на половину кроку ковшів, забезпечуючи цим більш рівномірне навантаження на ротор при копанні ґрунту. Ківш складається з арки 10 зі встановленими в її передній частині зубами або без них і днища 9 з переплетених у двох напрямках ланцюгів. Ковші відкриті в лобовій частині для надходження в них ґрунту і з внутрішнього боку для розвантаження.

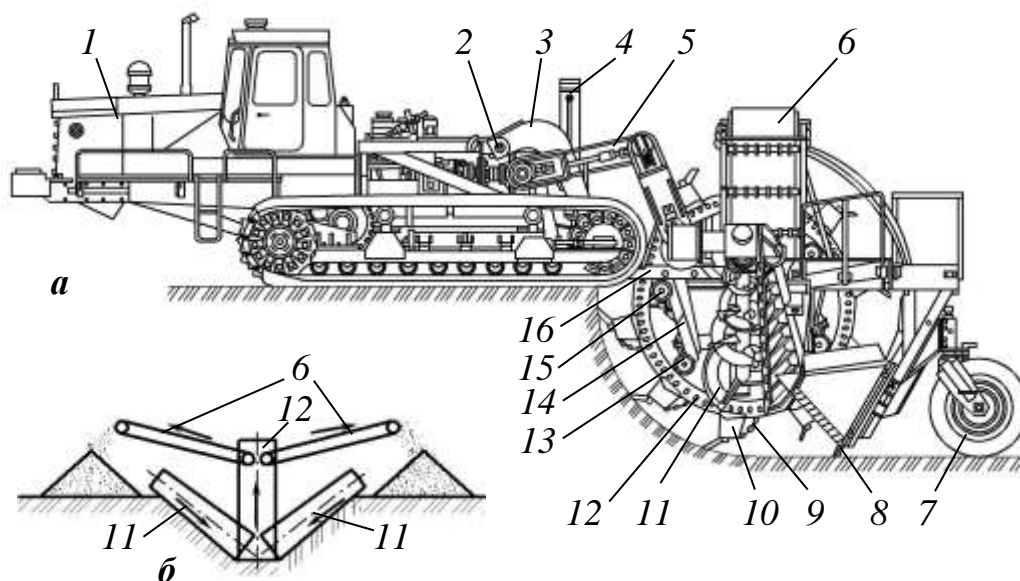


Рис. 5.5. Траншейний роторний екскаватор:  
 а – загальний вид екскаватора; б – схема руху розробленого ґрунту по робочому устаткуванню; 1 – силова установка; 2 – опорно-поворотний пристрій; 3 – колінчато-важільний механізм; 4 – гідроциліндр підйому робочого обладнання; 5 – ланцюгові передачі; 6 – відвальный конвеєр; 7 – задня опора; 8 – зачисний щит; 9 – днище ковша; 10 – арка ковша; 11 – шнековий укісник; 12 – ротор; 13 – напрямні ролики; 14 – рама ротора; 15 – підтримувальні ролики; 16 – рама робочого обладнання

Усі операції робочого процесу ротора виконуються при його безперервному обертанні в поєднанні з поступальним рухом тягача. При русі ковшів по забою від низу до верху вони розробляють ґрунт і заповнюються ним. Від просипання ґрунту всередину ротора оберігає нерухомо встановлена на робочій рамі обичайка з верхнім краєм на початку зони розвантаження. Після досягнення ковшами цієї зони ґрунт розвантажується у внутрішню порожнину ротора, яка відкривається, на відвальний конвеєр 6, а далі вноситься в бруствер з одного боку траншеї. Ланцюгові днища ковшів, завдяки рухомості ланцюгових ланок від власної ваги, сприяють кращому спорожненню ковшів.

Шнекові конічні укісники 11 екскаватора розробляють бічні частини каналу, транспортуючи ґрунт униз уздовж укосу каналу (рис. 5.5, б). Підрізані ротором і шнековими укісниками трикутні масиви ґрунту обрушуються під дією власної ваги. Завалений ґрунт розпушується шнеком і за допомогою шнекових укосоутворювачів і зачисних пристроїв надходить до ковшів ротора.

Установлений у задній частині робочої рами зачисний щит 10 служить для профілізації дна траншеї шляхом зрізання гребенів, утворених суміжними зубами, і зачистки траншеї від ґрунту, що обсипався, з не повністю розвантажених ковшів, що повертаються в забій. Зазвичай його з'єднують із задньою опорою у вигляді здвоєного колеса або лижі. Для з'єднання робочого устаткування з тягачем використовують зчіпний пристрій у вигляді повзунів, що переміщаються по напрямних, установлених на тягачі, або у вигляді плоского колінчато-важільного механізму 3 з опорно-поворотним пристроєм 2 або без нього. Для установлення робочого устаткування на необхідну глибину траншеї, а також для його переведення з робочого положення в транспортне і навпаки використовують гідравлічний циліндр 4. Опорно-поворотний пристрій дає змогу екскаватору працювати на закругленнях без заклинювання ротора в траншеї, а також при поворотних рухах екскаватора з напівпричіпним робочим устаткуванням у транспортному положенні.

Роторні траншейні екскаватори обладнують автономною дизельною силовою установкою 1. Для передачі руху виконавчим механізмам (ходовому пристрою, ротору, відвальному конвеєру і

допоміжним пристроям для підйому робочого устаткування і відвальної секції двосекційного конвеєра, установлення додаткових опор) застосовують механічні, гідромеханічні й електричні трансмісії.

Ротор приводиться в рух через механічну трансмісію на тягачі, дві двоступінчасті ланцюгові передачі 5 і дві відкриті зубчасті пари шестерень – зубчастий вінець ротора з кожного боку останнього. Рух відвальному конвеєру 6 передається від приводного вала ротора через систему ланцюгових передач. Застосовується також індивідуальний привод ротора і відвального конвеєра від електродвигунів, що живляться електроенергією від генератора змінного струму, що приводиться дизелем. Для привода допоміжних механізмів використовують зазвичай об'ємний гідропривод з нерегульованими насосами.

**Ланцюгові траншейні екскаватори.** У ланцюгових екскаваторів (рис. 5.6) [31] відвальний конвеєр 10 розташований на тягачі 1, а робоче устаткування 4 з'єднане з тягачем по навісній схемі і може бути встановлене в транспортне або робоче положення на необхідну глибину траншеї гідроциліндром 9. Робоче устаткування складається з рами 7, двох ведучих зірочок, що встановлюються у верхній частині рами і приводяться в дію передачею 2 від двигуна тягача, двох натяжних коліс 8 у нижній частині рами й обвідного їх замкнутого довголанкового ланцюга 6, який спирається на ролики 5, на якому з певним постійним кроком закріплені ковші 3 або робочі органи, що їх замінюють.

Робоче устаткування зазвичай розташовується по центру відносно колії тягача. Відомі екскаватори з бічним розташуванням устаткування, а також з переміщуваним робочим устаткуванням по ширині машини, що дає змогу розширювати траншеї, зокрема в місцях муфтових з'єднань труб, що укладаються в траншею, для проведення монтажних робіт.

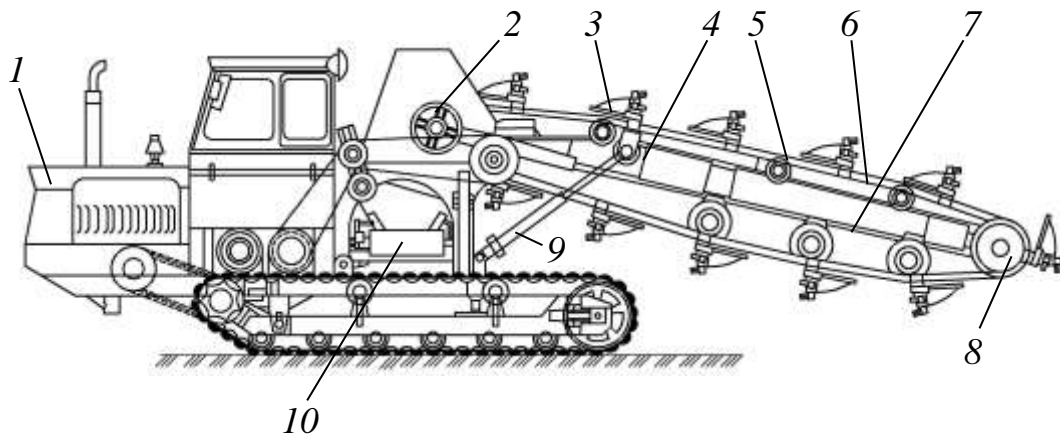


Рис. 5.6. Ланцюговий траншейний екскаватор:  
 1 – тягач; 2 – привод робочого органа; 3 – ківш; 4 – робоче устаткування; 5 – ролики; 6 – ланцюг; 7 – рама робочого устаткування; 8 – натяжні колеса; 9 – гідроциліндр привода робочого органа; 10 – відвальний конвеєр

## 5.6. Екскаватори поперечного копання

**Роторні екскаватори поперечного копання**, які також називаються роторними стріловими екскаваторами, застосовують для розроблення однорідних або з невеликими кам'янистими включеннями ґрунтів до IV категорії включно [1, 26]. Їх використовують на розкривних роботах і кар'єрному видобутку будівельних матеріалів, розробленні великих котлованів та інших виїмок у промисловому і меліоративному будівництві, спорудженні насипів, дамб, гребель, на навантажувально-розвантажувальних роботах на складах насипних матеріалів. Потужні моделі цих машин застосовують також для розроблення більш важких ґрунтів, відкритого видобутку вугілля та інших корисних копалин.

Будівельні роторні екскаватори, виготовлені на базі одноківшевих екскаваторів 4-ї і 6-ї розмірної груп або на спеціальній базі (рис. 5.7), розробляють ґрунти вище рівня стоянки до 7,5 м і нижче цього рівня до 3,5 м при радіусі копання до 11,5 м і технічної продуктивності в ґрунтах 1-ї категорії до 550 м<sup>3</sup>/год. За питомою енергоємністю ці машини перебувають на рівні кращих екскаваторів безперервної дії (0,22...0,24·кВт-год/м<sup>3</sup>).



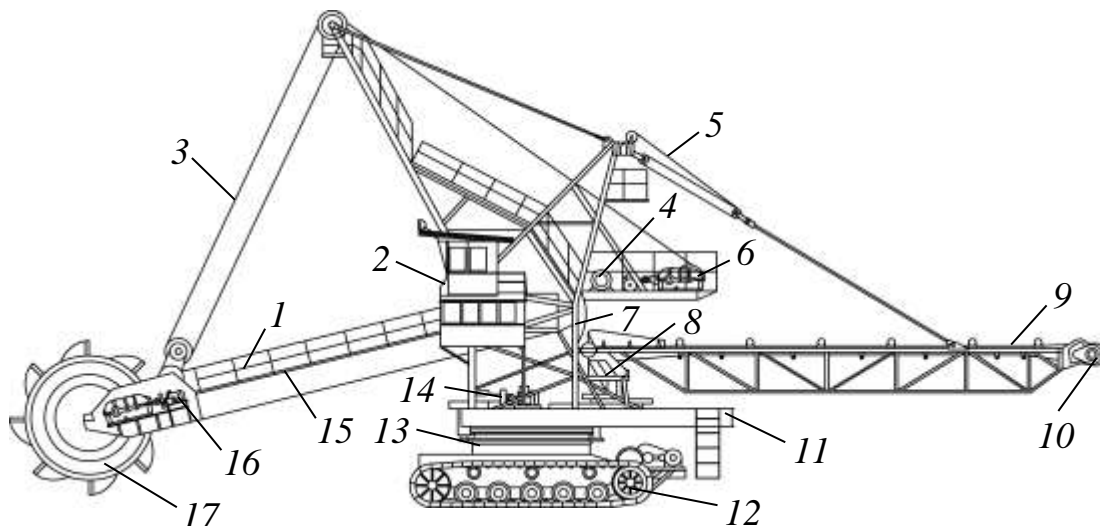


Рис. 5.7. Роторний екскаватор поперечного копання:  
 1 – стріла; 2 – кабіна; 3 та 5 – поліспасти; 4 – лебідка підйому відвального конвеєра; 6 – лебідка підйому стріли; 7 – рама робочого устаткування; 8 – підп’ятник; 9 – відвальный конвеєр; 10 – привод відвального конвеєра; 11 – поворотна платформа; 12 – ходовий пристрій; 13 – опорно-поворотний пристрій; 14 – механізм повороту; 15 – приймальний конвеєр; 16 – привод ротора; 17 – роторне колесо

Конструкція роторних стрілових екскаваторів складається з ходового 12 і опорно-поворотного 13 пристроїв, поворотної платформи 11 з механізмом повороту 14, кабіни 2 з органами управління, стріли 1 із роторним колесом 17 та відвального конвеєра 9. Стріла з ротором шарнірно кріпиться до рами робочого устаткування 7, а вздовж неї проходить приймальний стрічковий конвеєр 15. Для роботи на ярусах різних рівнів стріла може повертатися у вертикальній площині лебідкою 6 через поліспаст 3 (також механізм підйому може мати гідравлічний привод). Ротор з ковшами по його периферії приводиться в обертання за допомогою привода 16. Приймальний конвеєр має власний привод, розташований з боку його вивантаження – ближче до рами екскаватора. Відвальный конвеєр 9 спирається на підп’ятник 8 і може повертатися відносно нього в плані за допомогою індивідуального електропривода. Вертикальне

положення відвального конвеєра забезпечується від електролебідки 4 через поліспасти 5. Відвальний конвеєр приводиться в рух мотор-барабаном 10 на його дальньому кінці.

При розробленні ґрунту верхнім копанням (вище рівня стоянки) існує кілька технологічних схем, за однією з яких машину розташовують перед забоєм на відстані вильоту стріли. Відвальний конвеєр встановлюють по висоті і в плані в положення розвантаження (у відвал або в транспортний засіб). Вертикальним переміщенням стріли при обертанні ротора або переміщенням усього екскаватора на забій при фіксованому положенні стріли ротор заглиблюють у ґрунт. Фіксує у цьому положенні стрілу одночасним поворотом платформи й обертанням ротора при русі ковшів знизу вгору розробляють ґрунт, відокремлюючи його від масиву і виносячи ковшами вгору, розвантажують ґрунт на тарілчастий живильник у вигляді похилого диска, що обертається. З допомогою скребка ґрунт зсипається з живильника на приймальний конвеєр, транспортується до центральної частини платформи та перевантажується на відвальний конвеєр, яким виноситься і розвантажуються в транспортний засіб або у відвал. У кінці поворотного переміщення платформи, обмеженого шириною захватки забою, ротор зі стрілою опускають до рівня наступного ярусу і реверсивним рухом поворотної платформи при тому ж обертанні ротора повторюють екскавацію ґрунту. Після розроблення останнього ярусу, найчастіше відповідного рівню стоянки екскаватора, машину переміщують у напрямі до забою на нову стоянку і повторюють землерийний процес.

Для роботи нижнім копанням ковші на роторі переставляють, повертаючи їх на  $180^\circ$  для можливості розроблення ґрунту обертанням ротора у зворотному напрямку. Опустивши стрілу, ґрунт розробляють за описаною вище схемою для верхнього копання. Для надійного транспортування ґрунту крутопохилим приймальним конвеєром використовують притискний конвеєр, який встановлюють над приймальним конвеєром. Ґрунт переміщується між стрічками двох конвеєрів, робочі гілки яких рухаються в одному напрямку.

**Ланцюгові екскаватори поперечного копання** (рис. 5.8) застосовують для видобутку будівельних матеріалів, в основному глини в кар'єрах цегельних заводів [1]. Їх продуктивність досягає 45 м<sup>3</sup>/год при глибині кар'єру до 8,5 м. Енергоємність розроблення ґрунту становить 0,39...1,33 (кВт·год)/м<sup>3</sup>.

Базова частина машини складається з нижньої рами 10 (рис. 5.8), металоконструкції надбудови 7, рейко-колісного ходового обладнання 11 і механізмів привода ківшевого ланцюга, ходового пристрою, підйому й опускання ківшевої рами з живленням електропривода від електричної мережі. Управління роботою екскаватора здійснюється із кабіни 6. Стійкість машини при виконанні робіт забезпечується за допомогою противаги 9.

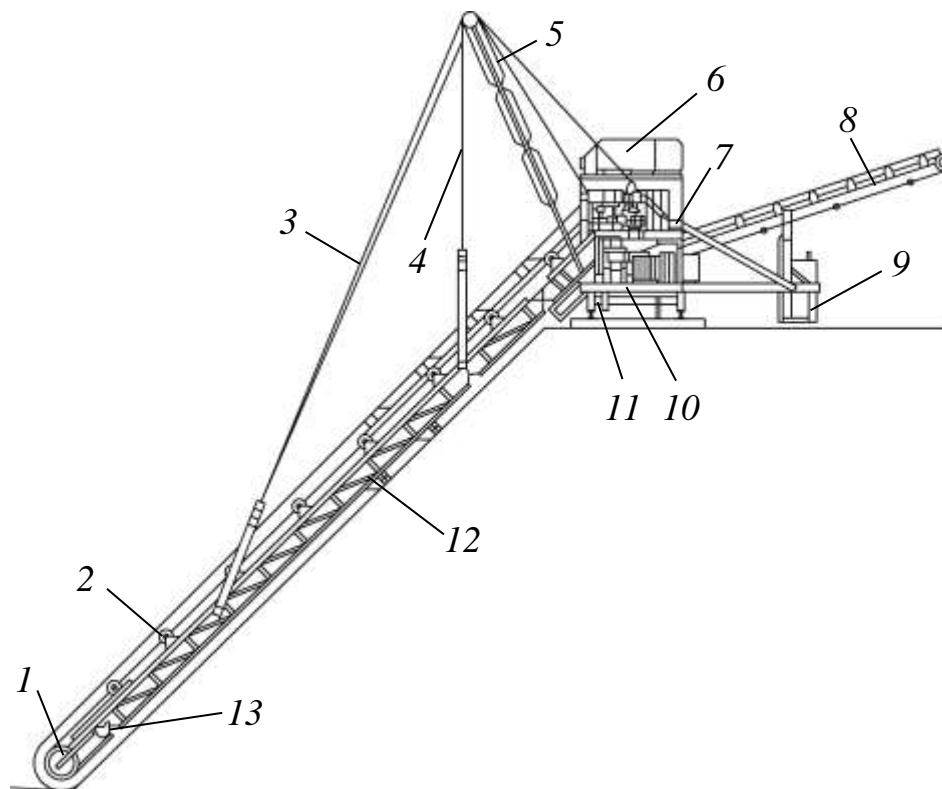


Рис. 5.8. Ланцюговий екскаватор поперечного копання:  
 1 – натяжні колеса; 2 – ролики; 3 та 4 – поліспасти; 5 – укосина;  
 6 – кабіна; 7 – надбудова; 8 – відвальний конвеєр; 9 – противага;  
 10 – нижня рама; 11 – ходове обладнання; 12 – рама робочого  
 органа; 13 – ківшевий ланцюг

У процесі роботи екскаватор пересувається по рейках уздовж кар'єру, що розробляється. Робочий орган, що складається з П-подібної ківшевої рами 12, підвішеної до стояка базової частини через два поліспасти 3 і 4, що працюють через загальну блокову конструкцію, встановлену на укосині 5, ківшевого ланцюга 13, приводного вала із зірочками, натяжних коліс 1 і підтримувальних роликів 2, установлений поперек переміщення екскаватора. Ґрунт, що виноситься із забою, розвантажується на відвальний конвеєр 8.

Ківшева рама складається з чотирьох шарнірно з'єднаних ділянок: верхньої і нижньої рам, верхньої і нижньої планувальних ланок. За допомогою поліспаств 3 і 4 можна отримати різні конфігурації ківшевої рами, якими забезпечуються необхідні схеми як нижнього, так і верхнього копання.

## 5.7. Продуктивність екскаваторів

Для одноківшевих екскаваторів, які є машинами циклічної дії, середньогодинна експлуатаційна продуктивність  $P_G^E$ , м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою [29, 31, 34]

$$P_G^E = q_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{м}},$$

де  $q_{\text{ц}}$  - фактичний об'єм ґрунту в ковші екскаватора, що переміщується за один цикл, м<sup>3</sup>;

$n_{\text{ц}}$  - кількість циклів за одну годину роботи екскаватора;

$k_{\text{ч}}$  - коефіцієнт використання екскаватора за часом. При розвантаженні екскаватора у транспортний засіб  $k_{\text{ч}} = 0,75 \dots 0,8$ , а при роботі у відвал  $k_{\text{ч}} = 0,85 \dots 0,9$ ;

$k_{\text{м}}$  - коефіцієнт, який урахує кваліфікацію машиніста екскаватора. Можна прийняти  $k_{\text{м}} = 0,82 \dots 0,9$ .

Фактичний об'єм ґрунту  $q_{\text{ц}}$ , м<sup>3</sup>, який може міститися у ковші екскаватора з урахуванням реальних умов його завантаження, можна визначити за формулою

$$q_{\text{ц}} = q'_{\text{ц}} \cdot k_3,$$

де  $q'_{\text{ц}}$  - геометрична місткість ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;  
 $k_3$  - коефіцієнт завантаження ковша екскаватора.

Кількість циклів  $n_{\text{ц}}$ , які може виконати екскаватор за одну годину роботи, можна визначити за формулою

$$n_{\text{ц}} = \frac{3600}{t_{\text{ц}}},$$

де  $t_{\text{ц}}$  - тривалість одного циклу роботи екскаватора, яка залежить від швидкості виконання машиною окремих операцій і організації технологічного процесу, с.

Експлуатаційна продуктивність екскаватора із багатоківшевим робочим органом  $\Pi_E$ , м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою

$$\Pi_E = \frac{10^3 \cdot 3,6 \cdot V_K \cdot z_p \cdot k_H \cdot k_q}{k_p},$$

де  $V_K$  - геометрична місткість ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;  
 $z_p$  - кількість розвантажень ковшів за секунду, с<sup>-1</sup>;  
 $k_H$  - коефіцієнт наповнення ковшів ґрунтом, залежить від категорії ґрунту;  
 $k_q$  - коефіцієнт використання машини за часом,  
 $k_x = (0,7 \div 0,85)$ ;  
 $k_p$  - коефіцієнт розпушування ґрунту, залежить від роду ґрунту.

Кількість розвантажень ковшів за секунду  $z_p$ , с<sup>-1</sup>, для роторних робочих органів визначається як

$$z_p = \frac{n_p \cdot z_K}{60},$$

де  $n_p$  - частота обертання ротора,  $\text{хв}^{-1}$ ;  
 $z_k$  - кількість ковшів на роторі.

Кількість розвантажень ковшів за секунду  $z_p$ ,  $\text{с}^{-1}$ , для ланцюгових робочих органів визначається як

$$z_p = \frac{g_{\text{л}}}{l'_k},$$

де  $g_{\text{л}}$  - лінійна швидкість ланцюга,  $\text{м/с}$ ;  
 $l'_k$  - крок ковшів,  $\text{м}$ .

### Контрольні питання

1. За якими ознаками класифікуються всі екскаватори та які особливості їх застосування?
2. Які машини називаються одноківшевими екскаваторами і як вони класифікуються?
3. Опишіть загальні особливості конструкції та технологічного процесу екскаваторів пряма лопата.
4. Опишіть загальні особливості конструкції та технологічного процесу екскаваторів зворотна лопата.
5. У чому полягає різниця конструкції екскаваторів із гнучким та жорстким підвішуванням робочого органа?
6. Для яких робіт застосовуються екскаватори-драглайни?
7. Опишіть будову роторних траншейних екскаваторів.
8. Опишіть будову ланцюгових траншейних екскаваторів.
9. У чому полягають особливості конструкції і застосування роторних екскаваторів поперечного копання?
10. З яких основних вузлів складаються ланцюгові екскаватори поперечного копання?
11. Від яких параметрів залежить продуктивність одноківшевих екскаваторів?
12. Як визначається продуктивність багатоківшевих екскаваторів?

## 6. ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ

Землерийно-транспортними називають будівельні машини, що відокремлюють ґрунт від масиву тяговим зусиллям з подальшим його переміщенням до місця відсипання власним ходом. Основними робочими операціями землерийно-транспортних машин є [16, 26]:

- пошарове розроблення ґрунту;
- транспортування ґрунту;
- укладання ґрунту в основу будівельного об'єкта або відвал;
- планування земляних поверхонь.

Залежно від виду робочого органа розрізняють землерийно-транспортні машини:

- ківшеві – скрепери;
- відвальні – бульдозери, автогрейдери, грейдер-елеватори.

Ці машини відзначаються простотою конструкції, універсальністю і високою продуктивністю. Їх застосовують у дорожньому будівництві, при ритті котлованів і каналів, зведенні насипів, плануванні земляних поверхонь і на інших роботах.

Робочий процес землерийно-транспортних машин включає два характерних режими:

- тяговий – при копанні ґрунту;
- транспортний – при переміщенні ґрунту до місця відсипання.

Виняток становлять грейдер-елеватори, що працюють тільки в тяговому режимі. Тривалість тягового режиму від загального часу робочого процесу становить:

- у скреперів 10...20 %;
- у бульдозерів, що працюють на пошаровому розробленні ґрунтів, 20...25 %;
- у бульдозерів і автогрейдерів на планувальних роботах 75...80 %.

Ефективність тягового режиму землерийно-транспортної машини залежить від її здатності пересуватися без буксування при підвищених опорах, а транспортного режиму – в основному, від швидкісних якостей машини, її прохідності і маневреності. Найчастіше землерийно-транспортні машини при роботі

пересуваються по ґрунтових і снігових дорогах, свіжозрізаних і пухких насипних ґрунтах. З підвищенням вологості ґрунту умови роботи цих машин погіршуються.

### 6.1. Бульдозери та розпушувачі

Бульдозери (рис. 6.1) являють собою навісне обладнання на базовий гусеничний 7 або пневмоколісний трактор (двовісний колісний тягач), що включає відвал 2 з ножами 1, штовхальний пристрій у вигляді брусів 5 або рами 10 і гідравлічну систему управління відвалом [9, 16, 29, 34]. Сучасні бульдозери є конструктивно подібними машинами, базові трактори яких широко уніфіковані.

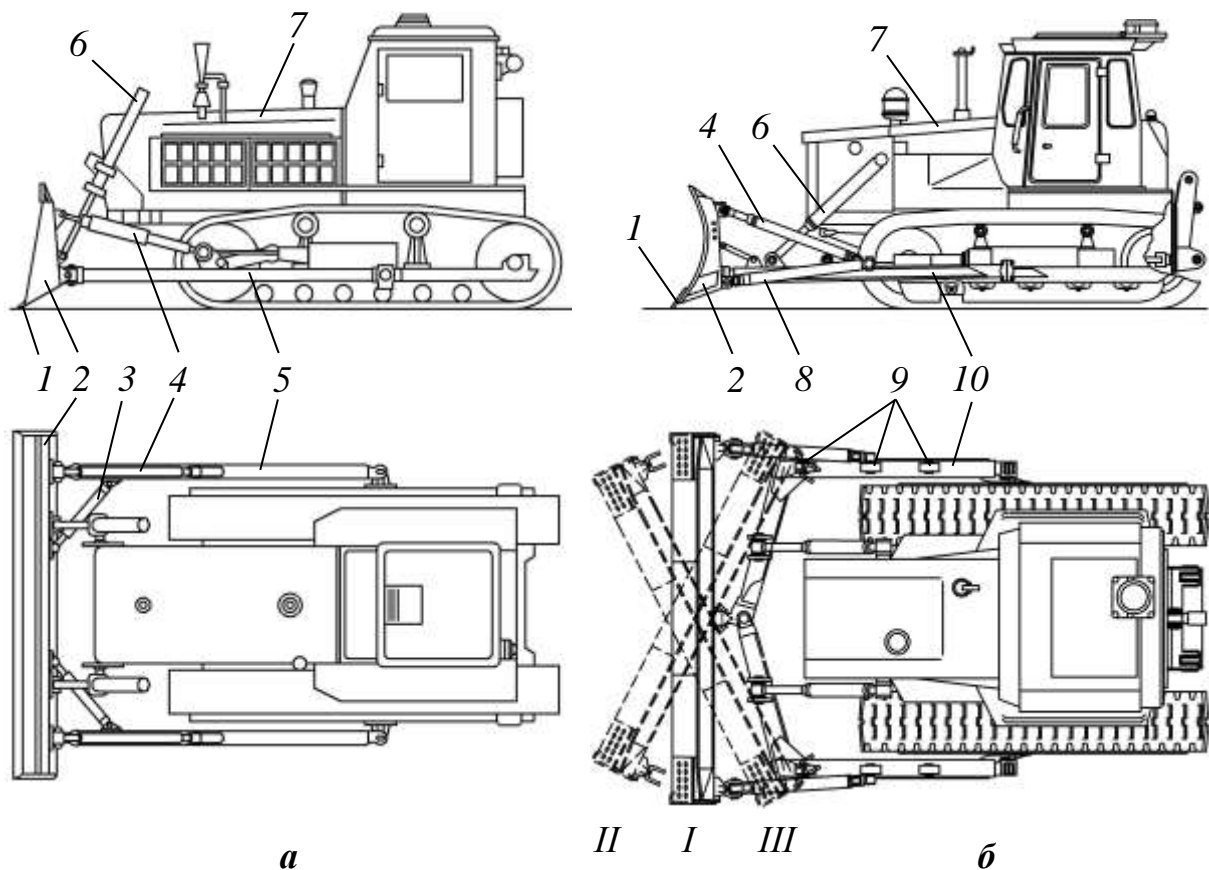


Рис. 6.1. Бульдозери:  
 а – з неповоротним відвалом; б – з поворотним у плані відвалом;  
 1 – ножі; 2 – відвал; 3 – підкіс; 4 – розкіс; 5 – штовхальний брус;  
 6 – гідроциліндр підйому-заглиблення відвала; 7 – базова машина; 8 – упорний брус бокового штовхача; 9 – кронштейни кріплення бокового штовхача; 10 – штовхальна рама; I, II та III – положення поворотного відвала



Основне призначення бульдозера – пошарове розроблення ґрунту з подальшим його переміщенням перед відвалом по поверхні землі на невеликій відстані (до 150 м). Бульдозери застосовують для виконання таких робіт [1, 29]:

- зняття родючого поверхневого шару ґрунту при підготовці будівельних майданчиків;
- переміщення ґрунту в зону дії одноківшевого екскаватора при навантаженні його в транспортний засіб або відвал;
- розроблення неглибоких каналів з транспортуванням ґрунту у відвали;
- зачистка пологих укосів;
- спорудження насипів з резервів;
- планувальні роботи із зачистки основ під фундаменти будівель і споруд та планування площ і трас;
- улаштування й утримання в справності під'їзних доріг, улаштування в'їздів на насипи і виїздів з виїмок;
- розроблення ґрунту на косогорах;
- зворотна засипка траншей і пазух фундаментів;
- розрівнювання ґрунту у відвалах;
- штабелювання і переміщення насипних матеріалів;
- підготовчі роботи для вирубу окремих дерев, зрізання чагарнику, корчування пнів, видалення каменів, розчищення поверхонь від сміття, снігу;
- розкривні роботи;
- як штовхачі скреперів.

Ефективність роботи бульдозера значною мірою залежить від прохідності базового трактора і його тягово-зчіпних властивостей.

За номінальною силою тяги і потужністю двигунів розрізняють такі типи бульдозерів [1]:

- малогабаритні – із силою тяги до 25 кН і потужністю до 45 кВт;
- легкі – із силою тяги 25...135 кН і потужністю 45...120 кВт;
- середні – із силою тяги 135...200 кН і потужністю 120...150 кВт;
- важкі – із силою тяги 200...300 кН і потужністю 150...225 кВт;

- надважкі – із силою тяги більше 300 кН і потужністю більше 225 кВт.

За типом ходового пристрою всі бульдозери поділяють на гусеничні і пневмоколісні.

За конструкцією робочого органа розрізняють бульдозери:

- з неповоротним у плані відвалом (рис.6.1, а) – це відвал на штовхальних брусах, який постійно розташований перпендикулярно поздовжній осі базової машини;

- з поворотним відвалом (рис. 6.1, б), який може встановлюватися перпендикулярно або під кутом до поздовжньої осі машини, оскільки шарнірно закріплений на штовхальній рамі.

Відвал 2 на штовхальних брусах 5 (рис. 6.1, а) має бічні стінки і встановлений різальної кромкою ножів 1 перпендикулярно поздовжній осі машини 7. Нахил відвала у вертикальній площині регулюють розкосами 4: або шляхом зміни їх довжини, або положення місця їх кріплення до відвала чи штовхальних брусів. Управляють відвалом при його переведенні з транспортного положення в робоче і навпаки одним (малогабаритні бульдозери) або двома гідроциліндрами 6, що живляться робочою рідиною від гідравлічної системи базового трактора. У деяких моделях бульдозерів передбачено регулювання нахилу відвала у вертикальній площині (перекіс) гідроциліндром, зміною довжини одного розкосу або місця його кріплення. Для регулювання положення відвала відносно поздовжньої осі трактора служить підкіс 3.

Робочий цикл бульдозера з неповоротним у плані відвалом складається з операцій [1]:

- копання ґрунту (його відділення від масиву та накопичення перед відвалом, тобто утворення призми волочіння);

- транспортування ґрунту волоком перед відвалом до місця укладання;

- розвантаження відвала і повернення машини на вихідну позицію наступного робочого циклу.

При копанні бульдозер переміщається на робочій швидкості, яка зазвичай відповідає першій передачі, з метою отримати можливо більше тягове зусилля. Для скорочення тривалості копання бажано гранично скорочувати шлях копання, для чого ґрунт слід розробляти з можливо більшою товщиною

стружки, яка в слабких ґрунтах зазвичай обмежена ходом поршня гідроциліндра заглиблення відвала, а в міцних ґрунтах – буксуванням базової машини. Бажано мати постійну товщину стружки на всьому шляху копання (рис. 6.2, а), що зазвичай реалізується тільки при розробленні слабких ґрунтів. З підвищенням міцності ґрунту тягова здатність бульдозера може бути вичерпана всередині шляху копання або бути недостатньою ще на початку копання. З урахуванням того, що в міру накопичення ґрунту перед відвалом зростають опори формуванню призми волочіння і її пересуванню волоком по непорушеному ґрунту, ґрунт розробляють клиноподібним (рис. 6.2, б) або гребінчастим (рис. 6.2, в) способами [35].

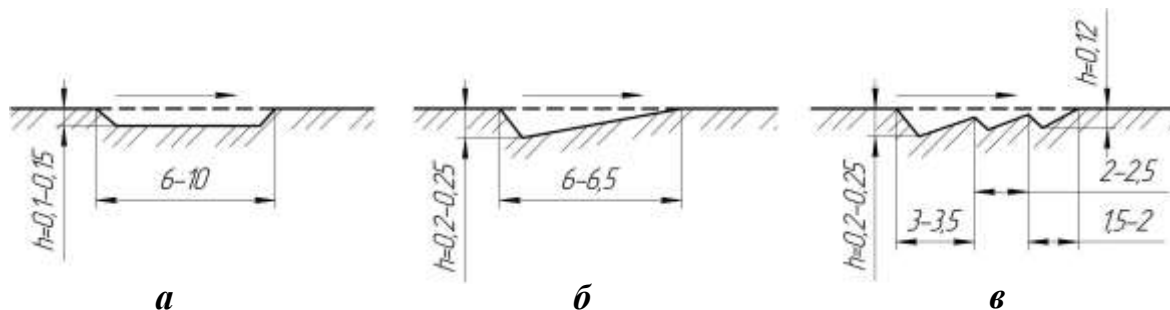


Рис. 6.2. Способи різання ґрунту:  
а – траншейний; б – клиноподібний; в – гребінчастий

По завершенні операції копання відвал установлюють ножами на рівень землі і в такому положенні бульдозер переміщують переднім ходом на можливо більшій швидкості до місця відсипання ґрунту. Під час транспортування ґрунту частина його втрачається по дорозі, зсипаючись по боках відвала. Частка втрат залежить від виду ґрунту (найбільші втрати у незв'язних, наприклад, піщаних ґрунтів) і від дальності транспортування. Ці втрати не позначаються на продуктивності бульдозера, який розробляє виїмку, оскільки продуктивність у цьому випадку визначають за об'ємом виїнятого з виїмки ґрунту. У разі спорудження насипу продуктивність бульдозера визначають за об'ємом доставленого в насип ґрунту і в цьому випадку вплив втрат ґрунту при його транспортуванні на продуктивність бульдозера досить відчутний.

Ефективним засобом зниження втрат ґрунту є скорочення дальності транспортування. На великі відстані ґрунт переміщують з улаштуванням проміжних валиків траншейним способом або із застосуванням декількох бульдозерів, що рухаються поруч, одночасно і паралельно.

При транспортуванні ґрунту траншейним способом на всіх робочих циклах бульдозер переміщують по одній і тій же трасі. Ґрунт, що зсипається з боків відвала, утворює валики, які зменшують втрати ґрунту при подальших проходах бульдозера. Кращий ефект досягається при незначному заглибленні відвала в ґрунт уздовж траси транспортування та утворенні таким чином неглибокої траншеї.

Транспортування ґрунту одночасно кількома бульдозерами застосовують при досить широкому фронті робіт. При цьому способі кілька бульдозерів пересуваються поруч з мінімальними (до 0,5 м) зазорами між відвалами. Цей спосіб потребує чіткої координації руху всіх машин з однаковою швидкістю, так як неузгодженість швидкісного режиму рівноцінна за втратами ґрунту роздільній роботі бульдозерів.

При розробленні слабких ґрунтів продуктивність бульдозерів можна збільшити за рахунок використання додаткових пристроїв до відвалів, що змінюють форму та об'єм останніх (в 1,7...1,8 разів) у вигляді лобових щитків, що закріплюються у верхній частині відвала, розширювачів і відкрилків на його бічних стінках.

Продуктивність можна підвищити за рахунок правильного вибору траси транспортування ґрунту, віддаючи перевагу руху під ухил. При русі по пересіченій трасі перехід від ухилу до горизонтальної ділянки або останньої до підйому при одному і тому ж природному укосі пов'язаний з неминучими втратами ґрунту. При переміщенні під ухил 10...12° можна підвищити продуктивність бульдозера в порівнянні з рухом по горизонтальній трасі на 30...40 %, і навпаки, при русі на підйом 10° продуктивність бульдозера знижується майже вдвічі.

Відсипають ґрунт спільно з плануванням поверхні або без неї. У першому випадку відвал дещо піднімають над землею, і при русі бульдозера на малій швидкості вперед ґрунт висипається в зазор нижче різальної кромки відвала. Частково відсипаний

грунт ущільнюється ходовими пристроями бульдозера (колесами або гусеницями). Звільнення відвала від ґрунту без його планування полягає у відході від нього бульдозера заднім ходом. Так, зокрема, засипають траншеї і пазухи фундаментів.

Повертають бульдозер на вихідну позицію наступного робочого циклу на максимально можливій швидкості заднім (при невеликих відстанях пересування) або переднім ходом з розворотами.

Поворотний у плані відвал одного бульдозера (рис. 6.1, б) не має бічних стінок. Він з'єднаний з рамою 10 в її центральній частині універсальним шарніром, який дає змогу відвалу повертатися в плані в кожний бік на кут  $25...36^\circ$  вручну або гідроциліндрами з подальшим закріпленням штовхачів на рамі. У бульдозері, наведеному на рис. 6.1, б, зміна кута розташування відвала 2 здійснюється двома боковими штовхачами, кожен із яких складається із упорного бруса 8 і трубчастого гвинтового розкосу 4, пов'язаних шарнірно. Нахил відвала у вертикальній площині, а також його перекис здійснюється так само, як і на бульдозері з неповоротним відвалом. Для цього гвинтовий розкіс 4 має три мітки: верхня відповідає куту різання  $50^\circ$ ; нижня –  $60^\circ$ ; середня –  $55^\circ$ . Положення відвала в плані змінюється шляхом перестановки бокових штовхачів у відповідний кронштейн 9. При закріпленні бокових штовхачів у середніх кронштейнах з кожного боку рами 10 можливо розташувати відвал перпендикулярно до поздовжньої осі бульдозера (положення I на рис. 6.1, б). Закріплення штовхачів у передньому та задньому шарнірах (кріплення лівого та правого штовхачів виконується навхрест відносно поздовжньої вісі базового трактора) дає змогу відвалу займати положення II або III.

Бульдозери з поворотним відвалом, що виконують планувальні роботи, а також очищення поверхонь від будівельного сміття, снігу, працюють у безперервному режимі. Відокремлений від масиву ґрунт (або інші матеріали) переміщається по відвалу вгору і в бік його нахилу в плані по гвинтових траєкторіях. При цьому призма волочіння захоплюється потоками ґрунту, безперервно переміщується в бік нахилу відвала за його край і укладається у вигляді валика паралельно напрямку руху машини. Таку взаємодію робочого

органа з ґрунтом, яка приводить до зрушення ґрунту уздовж різальної кромки, називають косим різанням. При косому різанні виникають додаткові опори переміщенню ґрунту уздовж відвала.

При розробленні дуже щільних ґрунтів, наприклад, ущільнених транспортом або іншими способами, проникнення ножа відвала в ґрунт виявляється практично неможливим. У цих випадках застосовують відвали з виступаючим середнім ножем або ґрунт заздалегідь розпушують. Досить ефективно для таких умов застосовувати навішений у задній частині базового трактора **розпушувач** (рис. 6.3) [16, 30, 36] або спеціальні змінні відвали, обладнані зубами, які призначені для розпушення ґрунту. Кріплення розпушувачів здійснюється до остова базового трактора або до корпусу його заднього моста.

Руйнування ґрунтів і порід відбувається при поступальному русі машини й одночасному примусовому заглибленні зубів робочого органа до заданої позначки. У процесі розпушування масив ґрунту поділяється на куски (брили) таких розмірів, які зручні для подальшого їх ефективного розроблення, навантаження і транспортування іншими машинами.

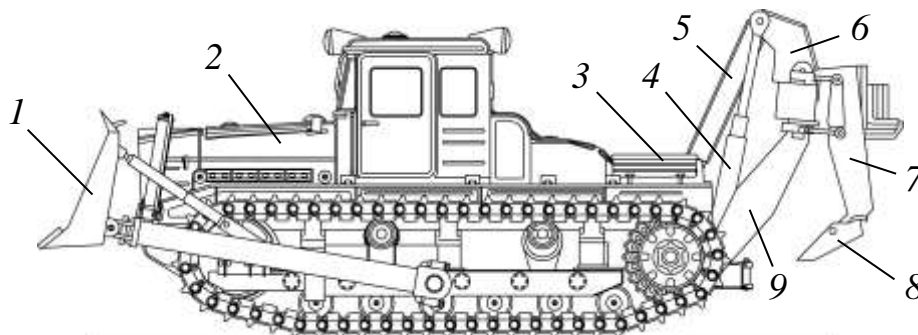


Рис. 6.3. Бульдозер із розпушувачем:

- 1 – бульдозерне обладнання; 2 – базовий трактор; 3 – опорна рама; 4 – гідроциліндр управління розпушувачем; 5 – тяга;
- 6 – робоча балка; 7 – зуб; 8 – змінний наконечник;
- 9 – нижня рама

Розпушування виконують паралельними різаннями за двома технологічними схемами: без розворотів біля краю ділянки, що розпушується, з поверненням машини у вихідне положення заднім ходом (човникова схема) і з поворотом розпушувача в

кінці кожного проходу (поздовжньо-поворотна схема). Човникова схема найбільш раціональна при малих обсягах робіт в обмежених умовах, поздовжньо-поворотна – на ділянках великої протяжності. Максимальні величини глибини і ширини захоплення розпушування, робочих швидкостей руху та кількість зубів розпушувача визначаються тяговим класом базової машини.

Найменша глибина розпушування за один прохід повинна на 20...30 % перевищувати товщину стружки ґрунту, що розробляється землерийно-транспортними машинами, у комплексі з якими працює розпушувач. Розпушування високоміцних ґрунтів здійснюється, як правило, одним зубом.

Бульдозер-розпушувач (рис. 6.3) складається з базового трактора 2, бульдозерного 1 і розпушувального обладнання. Розпушувальне обладнання складається з опорної рами 3, жорстко прикріпленої до базового трактора, тяги 5, робочої балки 6, до якої кріпиться змінний зуб 7, нижньої рами 9 і двох гідроциліндрів 4 управління розпушувачем. Зуб складається зі стояка та змінного литого наконечника 8 зі зносостійкою накладкою для захисту від абразивного зносу. Для інтенсифікації процесу розпушування на зуби розпушувачів встановлюють розширювачі, які дають змогу за один прохід руйнувати великі об'єми матеріалу і виштовхувати кам'яні брили на поверхню. Розширювачі забезпечують більш стійкий рух базового трактора і роботу розпушувача, практично суцільне руйнування матеріалу між сусідніми борознами, зниження загальної кількості проходів.

Зуби виконують неповоротними, жорстко закріпленими в кишенях рами, і поворотними в плані (на кут 10...15 ° в обидва боки) за рахунок їх устанавлення в спеціальних кронштейнах – флюгерах, що прикріплюються до рами шарнірно. Поворотні зуби здатні обходити перешкоди, що зустрічаються в ґрунті. Підвішування розпушувача до базової машини – чотириланкове (паралелограмне) з регульованим кутом розпушування. Така конструкція розпушувального обладнання забезпечує отримання оптимальних параметрів розпушування, як при заглибленні, так і при сталому розпушуванні.

Бульдозери-розпушувачі мають максимальну ширину захоплення (при трьох зубах) 1780...2140 мм.

Для виламування асфальтових покриттів при ремонті доріг застосовують відвали, обладнані киркою в передній частині. Мерзлі ґрунти розробляють відвалами з гребінчастими ножами або зі встановленими на ножах зубами.

## 6.2. Скрепери

Скрепер (рис. 6.4) – це землерийно-транспортна машина, призначена для пошарового (горизонтальними шарами) різання ґрунтів, транспортування та відсипання їх у земляні споруди шарами заданої товщини. Оскільки при русі по насипу скрепери своїми колесами ущільнюють відсипані шари ґрунту, їх застосування скорочує потребу в спеціальних ґрунтоущільнювальних машинах.

Скреперами розробляють ґрунти I і II категорії безпосередньо, а ґрунти III і IV категорії – після їх попереднього розпушення [1, 9, 16]. Вони часто працюють в одному комплекті з бульдозерами-розпушувачами, використовуваними також як штовхачі – для підвищення сили тяги скреперів. Скрепери не рекомендується застосовувати для розроблення заболочених, незв'язних перезволожених ґрунтів, а також ґрунтів з великими кам'янистими включеннями.

Скрепери складаються із тягача 1 (рис. 6.4) та робочого обладнання з'єднаних через зчпний пристрій 2, що являє собою два циліндричні шарніри, які дають змогу тягачу повертатися і перекошуватися відносно робочого обладнання. Робоче обладнання включає в себе ківш 13, що спирається задньою частиною на колеса 14, а передньою з'єднаний упряжними шарнірами 12 з бічними брусами 11 тягової рами, яка своєю передньою балкою спирається на тягач. Ківш обмежений днищем і бічними стінками, а в задній частині – висувною стінкою 7, переміщуваною при розвантаженні ковша гідроциліндрами 15. У передній частині ківш закривається заслінкою 5 за допомогою гідроциліндрів 6.



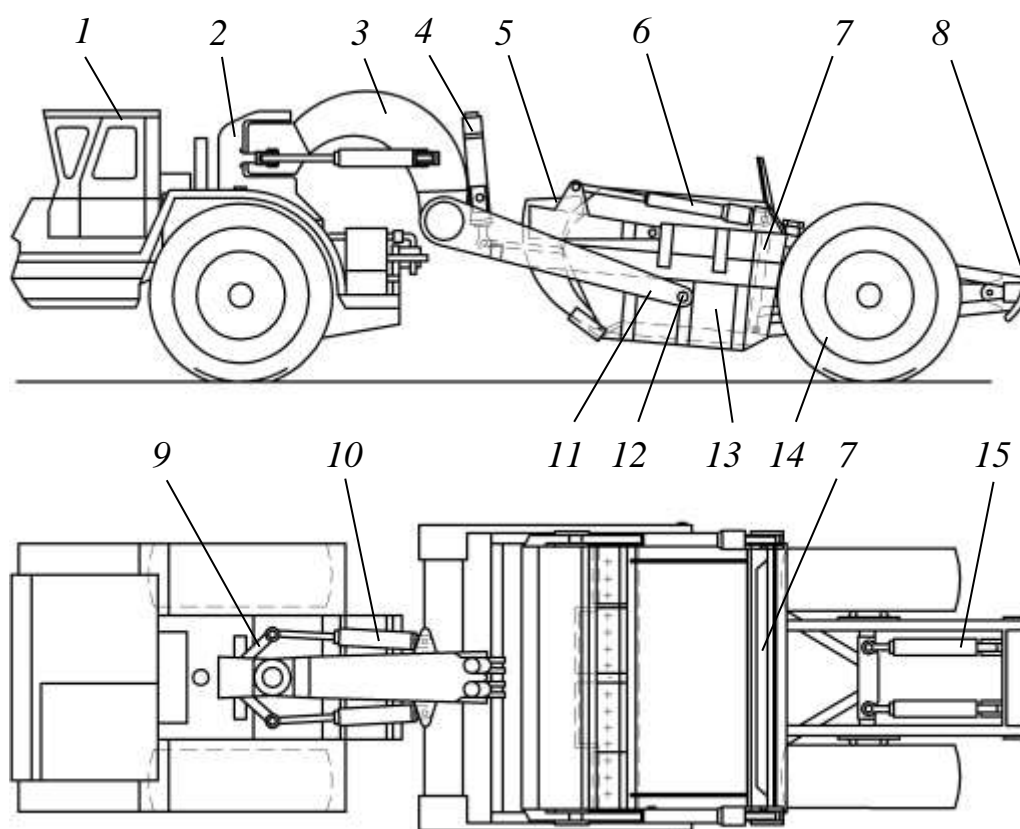


Рис. 6.4. Скрепер:

1 – тягач; 2 – зчіпний пристрій; 3 – хребтова балка; 4, 6, 10 та 15 – гідроциліндри підйому-опускання ковша, повороту заслінки, повороту тягача та пересування задньої стінки; 5 – заслінка; 7 – задня стінка; 8 – задній буфер; 9 – тяга; 11 – бічний брус; 12 – упряжний шарнір; 13 – ківш; 14 – задні колеса

Робочий цикл скрепера включає [26]:

- копання (відділення ґрунту від масиву і заповнення ним ковша);
- транспортування ґрунту в ковші до місця укладання;
- відсипання ґрунту;
- повернення машини на вихідну позицію наступного робочого циклу.

Для розроблення ґрунту передню заслінку 5 (рис. 6.4) піднімають і, переміщаючись на робочій швидкості, гідроциліндрами 4 опускають ківш, заглиблюючи його в ґрунт. При цьому нижній обріз заслінки повинен розміщатися приблизно на рівні землі. Після заповнення ковша його

піднімають, закривають заслінкою і на транспортній швидкості переміщують до місця розвантаження. Найчастіше скрепери використовують для відсипання ґрунту в насипи, для чого після виїзду на насип ківш опускають, залишаючи щілину між ножами і поверхнею пересування, відкривають заслінку і, пересуваючись на малій швидкості, задньою стінкою 7 виштовхують ґрунт з ковша. При цьому задні колеса, перекочуючись по свіжевідсипаному ґрунту, ущільнюють його. Поворот тягача щодо ковша здійснюють за допомогою гідроциліндрів 10 (поршнева порожнина кожного гідроциліндра з'єднана зі штоковою порожниною іншого гідроциліндра). Робоча рідина надходить від насоса до гідроциліндрів через гідророзподільник, керований гвинтовою парою від рульової колонки. Гідроциліндри шарнірно з'єднані своїми гільзами з хребтовою балкою 3, а штоками – з тягами 9.

Крім описаного способу, розвантаження ковша можна здійснювати й іншими способами:

- самоскидний – перекиданням ковша вперед або назад;
- напівпримусовий – перекиданням донної частини ковша і задньої стінки, здатних переміщатися щодо шарнірів на бічних стінках;
- щілинний – шляхом розсунення днища ковша.

Найбільш енергоємною в процесі роботи скреперів є операція копання ґрунту. Наприклад, ківш заповнюється номінальним об'ємом ґрунту, рівним його геометричній місткості 6...15 м<sup>3</sup>, на довжині шляху копання 9...15 м при середній товщині стружки 0,09...0,16 м при розробленні глин і 0,2...0,35 м при розробленні пісків. Для заповнення ковша «з шапкою» (вище його геометричної місткості) довжина шляху копання збільшується в середньому на 20 %. Ківш наповнюється краще при русі скрепера під ухил. При постійній товщині стружки і постійній швидкості пересування тягова здатність скрепера реалізується повністю лише наприкінці копання. З метою скорочення тривалості цієї операції за рахунок використання резерву тяги протягом усієї операції при розробленні зв'язних ґрунтів застосовують клиноподібний спосіб різання – максимально можливе по тяговому зусиллю заглиблення ковша на початку операції з поступовим виглибленням (підніманням) по

мірі його заповнення (див. рис. 6.2, б). Задовільні результати дає гребінчастий спосіб (див. рис. 6.2, в) при розробленні суглинних і глинистих ґрунтів.

Середня дальність возіння ґрунту скрепером коливається від 0,3 до 2...5 км. Місткість ковша скреперів складає 3,2...46 м<sup>3</sup>, при цьому скрепери із більшою місткістю ковша раціональніше застосовувати при більших відстанях транспортування ґрунту, і навпаки.

Головним параметром скрепера є місткість ковша, відповідно до якої розрізняють скрепери:

- малої місткості – до 4,5 м<sup>3</sup>;
- середньої місткості – 5...12 м<sup>3</sup>;
- великої місткості – 15 м<sup>3</sup> і більше.

За способом з'єднання тягача із робочим обладнанням скрепери бувають:

- причіпні (рис. 6.5, а) – сила тяжіння робочого обладнання разом з ґрунтом повністю передається на опорну поверхню через власні ходові пристрої 1. Скрепер буксирується гусеничним або двохосьовим колісним трактором, з яким він з'єднується через зчіпний пристрій 2;

- напівпричіпні (рис. 6.5, б) – частина сили тяжіння робочого обладнання та ґрунту передається на тягач (гусеничний або двохосьовий колісний трактор 3) через опорно-зчіпний пристрій 2, а частина через власний ходовий пристрій 1 на опорну поверхню;

- самохідні (рис. 6.5, в) – являють собою єдину конструкцію з індивідуальною енергетичною установкою (одноосьовий тягач 4), що забезпечує пересування машини і роботу всіх агрегатів, у тому числі й керування робочими органами.

У скреперів великої місткості іноді приводними роблять також задні колеса, обладнані вбудованим у них електричним або гідравлічним приводом (мотор – колесо), що складається з електродвигуна або гідромотора і планетарного редуктора.

Основним недоліком розроблення міцних ґрунтів є обмежена можливість проштовхування ґрунту в ківш через шар ґрунту, що вже там міститься, в заключній стадії заповнення ковша. Унаслідок цього тягова здатність скрепера може вичерпатися перш ніж заповниться ківш.

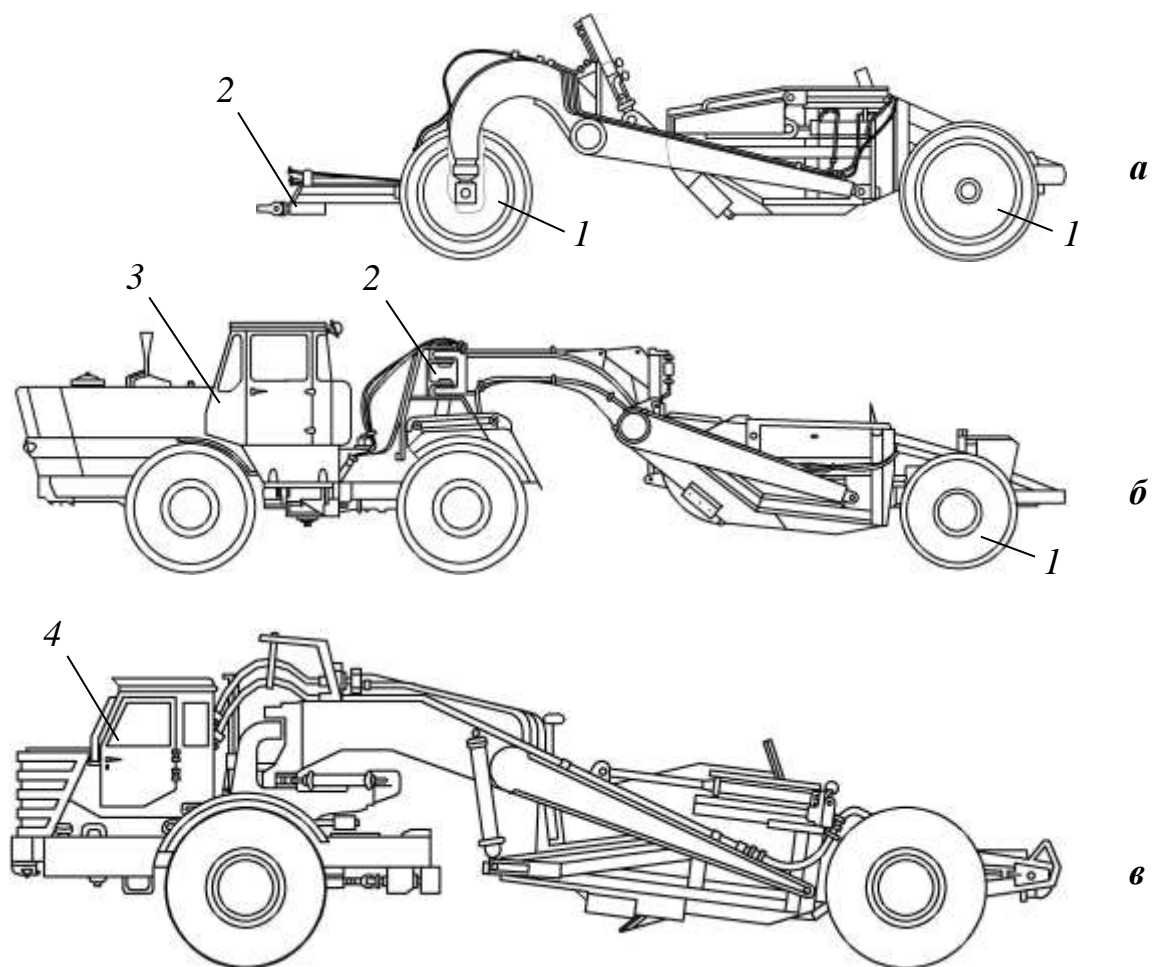


Рис. 6.5. Скрепери:

а – причіпний; б – напівпричіпний; в – самохідний; 1 – ходовий пристрій; 2 – зчіпний пристрій; 3 – трактор; 4 – тягач

Хороші результати дає примусове завантаження, для чого в передній частині ковша встановлюють скребковий елеватор або шнеки, які відокремлений від масиву ґрунт закидають у ківш. Таке завантаження підвищує наповнення ковша в середньому на 20 %.

Підвищити наповнюваність ковша можна за рахунок збільшення тягового зусилля шляхом застосування штовхачів, у ролі яких використовують обладнані буферами трактори або бульдозери [36]. При копанні штовхач заходить у хвіст скрепера і, впираючись у його буфер 8 (див. рис. 6.4), передає йому додаткове тягове зусилля. Це дає змогу зазвичай збільшувати товщину стружки в середньому до 40 %. Штовхачі ефективно застосовують при бригадній роботі декількох скреперів. Залежно від місткості ковша і дальності возіння один штовхач може

обслуговувати 2...16 скреперів, залишаючись весь час у зоні розроблення ґрунту. Ще більш ефективне використання скреперних поїздів, що складаються з двох самохідних скреперів, які з'єднуються на час копання керованим зчіпним пристроєм. Спочатку спільним тяговим зусиллям двох тягачів заповнюється передній скрепер, а потім задній, після чого скрепери роз'єднуються і рухаються до місця відсипання ґрунту роздільно. При такому способі ковші можуть бути наповнені більш ніж на 10 % вище їх геометричної місткості.

При роботі в транспортному режимі навантажені скрепери долають ухили до 12...15 %, а з порожнім ковшем до 15...17 %. Гранична крутість спусків для навантажених скреперів складає 20...25 %, з порожнім ковшем – 25...30 %, менші значення для самохідних, більші – для причіпних скреперів. Круті підйоми навантажені скрепери долають за допомогою штовхачів [1].

### **6.3. Автогрейдери**

Автогрейдером (рис. 6.6) називають землерийно-транспортну машину на пневмоколісному ході з відвальним робочим органом, призначену для пошарового розроблення ґрунтів I і II категорій і планування земляних поверхонь при будівництві та утриманні автомобільних доріг, залізниць, аеродромів, а також використовувану в промисловому, цивільному, гідротехнічному та іригаційному будівництві [1]. За допомогою автогрейдерів профілюють і планують поверхні при зведенні насипів висотою до 0,6 м, відривають і очищають кювети і канали трикутного і трапецеїдального профілів, споруджують корита для дорожніх основ, перемішують і розрівнюють ґрунт, щебінь, гравій та в'язучі матеріали, а також руйнують дорожні покриття при ремонті доріг, розчищають від снігу дороги та площі.

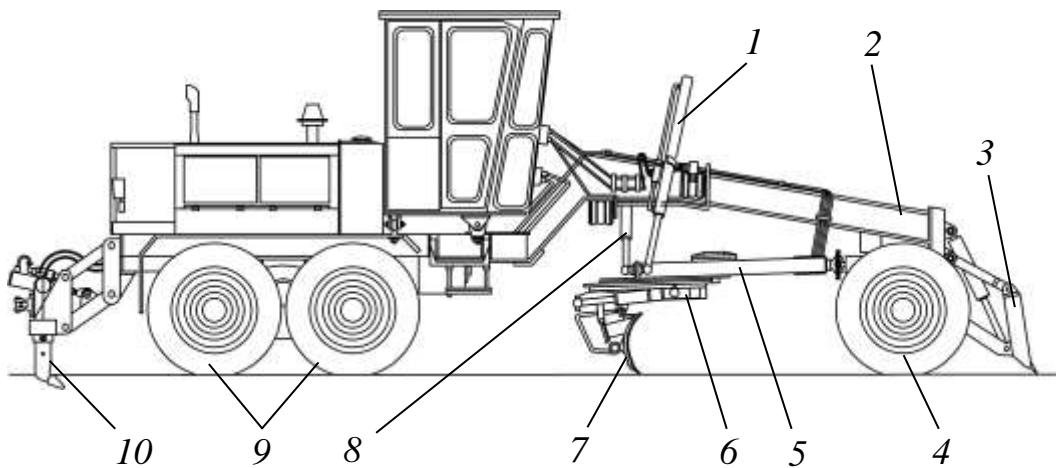


Рис. 6.6. Автогрейдер:

1 – гідроциліндр вертикального переміщення тягової рами;  
 2 – балка хребтова; 3 – бульдозерне обладнання; 4 – передні (керовані) колеса; 5 – тягова рама; 6 – поворотне коло; 7 – відвал поворотний; 8 – гідроциліндр виносу відвала; 9 – задні (ведучі) колеса; 10 – киркувальник

Залежно від маси машини і потужності силової установки автогрейдери поділяють:

- на легкі – масою до 9 т і потужністю до 50 кВт;
- середні – масою до 13 т, потужністю до 75 кВт;
- важкі – масою до 19 т, потужністю до 150 кВт;
- особливо важкі – масою понад 19 т, потужністю більше 150 кВт.

За конструктивним виконанням ходових пристроїв автогрейдери бувають двовісні та тривісні.

Особливості конструкції ходового пристрою автогрейдера відображаються колісною формулою типу  $A \times B \times C$ , де  $A$ ,  $B$  і  $C$  – кількість осей відповідно керованих, ведучих і загальне. Наприклад, тривісний автогрейдер з двома ведучими задніми осями і передньою віссю з керованими колесами має колісну формулу  $1 \times 2 \times 3$ . Автогрейдери з цією формулою набули найбільшого поширення в будівництві. За способом управління робочим органом розрізняють автогрейдери з механічною (зазвичай легкі автогрейдери) і гідромеханічною системами привода.

Робочим органом автогрейдера є відвал 7 (рис. 6.6). Він розташований у середній частині машини між передніми 4 і

задніми 9 колесами на поворотному колі 6, установленому на тяговій рамі 5. Остання з'єднана в передній частині універсальним шарніром з несучою (хребтовою) балкою 2, жорстко з'єднаною з рамою ведучих 9 (задніх) коліс і спирається на вісь передніх коліс 4. Тягова рама двома гідроциліндрами 1 може бути встановлена задньою частиною на будь-якій висоті, а також перекошена у вертикальній площині. За допомогою спеціального гідроциліндра 8 вона може бути винесена в будь-який бік, у тому числі за межі колії машини. Ці кінематичні можливості дають змогу орієнтувати відвал довільно в плані і у вертикальній площині, включаючи вертикальні перекоси, виносити його в будь-який бік від поздовжньої осі руху автогрейдера. Крім того, разовою установкою відвал можна висунути в бік відносно тягової рами, а також змінити його кут різання. При необхідності відвал переобладнують спеціальними приставками, наприклад для одночасного планування підосви й укосу насипу, брівки й укосу виїмки, профілювання придорожніх канав тощо. Для попередньої обробки щільних ґрунтів автогрейдер оснащують киркувальником 10, бульдозерним відвалом 3 або іншим допоміжним обладнанням, що встановлюється в передній частині машини або навішується у задній її частині й управляється гідроциліндрами.

Для додання автогрейдеру поперечної стійкості, зокрема, при роботі на косогорах, керовані колеса мають можливість нахилитися у вертикальній площині. Задні колеса встановлюють попарно з кожного боку на балансірних балках, що в поєднанні з шарнірним обпиранням хребтової рами на передню вісь забезпечує спираєння на поверхню пересування всіх коліс машини незалежно від мікронерівностей рельєфу.

Позитивною особливістю автогрейдерів як машин для планувальних робіт є розташування відвала в середній частині машини між передніми і задніми колесами. При наїзді колесами на нерівності в смугі руху висотні відхилення різальної кромки відвала будуть незначними, істотно меншими, ніж при консольному розташуванні бульдозерного відвала. Ця якість дає змогу планувати земляні поверхні з меншим числом повторних проходок, ніж при роботі бульдозера.

Робочий процес автогрейдера включає копання ґрунту, його переміщення й укладання з розрівнюванням у земляну споруду [26, 34]. При розробленні ґрунту відвал установлюють різальною кромкою як паралельно його поверхні, так і похило під кутом  $10...15^\circ$  із заглибленням відвала по ширині. Кут різання складає  $35...45^\circ$  відповідно при розробленні важких і легких ґрунтів. При зарізанні відвала в ґрунт одним кінцем кут між різальною кромкою відвала і поздовжньою віссю машини (кут захоплення) приймають рівним  $35...50^\circ$ , при оздоблювальних планувальних роботах  $45...90^\circ$ , при копанні з відведенням ґрунту в бік по відвалу  $60^\circ$ .

Залежно від розмірів оброблюваної ділянки, рельєфу місцевості, наявності штучних споруд автогрейдери рухаються за коловими і човниковими технологічними схемами. Так, у дорожньому будівництві при довжині оброблюваної ділянки (захватки)  $400...1500$  м автогрейдери рухаються за коловими технологічними схемами, а при менших довжинах – човниковим способом (в одному напрямку – вперед, у зворотному – заднім ходом). При цьому у разі дуже коротких захваток (близько  $150$  м) ґрунт розробляють рухом автогрейдера вперед, після чого повертають машину на вихідну позицію наступної проходки вхолосту заднім ходом на підвищеній швидкості. При великих довжинах захваток ґрунт розробляють автогрейдером при його русі як переднім, так і заднім ходом з розворотом відвала на  $180^\circ$  в плані на кінцях захватки.

#### **6.4. Грейдер-елеватори**

Грейдер-елеватор (рис. 6.7) – це землерийна машина безперервної дії для пошарового зрізання ґрунту робочим органом плужної дії (ніж) і переміщення його в бік (у відвал) або в транспортні засоби за допомогою стрічкового транспортера або металника [33]. Грейдер-елеватор застосовується при будівництві дорожніх насипів, ритті виїмок і каналів, планувальних роботах тощо. Ніж грейдер-елеваторів, виконаний найчастіше у вигляді диска діаметром  $600...1000$  мм, вирізає ґрунт, який надходить на похилий стрічковий конвеєр довжиною  $8...10$  м і виноситься в бік. Продуктивність грейдер-елеваторів перебуває в межах  $500...1600$  м<sup>3</sup>/год.



За ходовим обладнанням грейдер-елеватори діляться на причіпні, напівпричіпні, навісні і самохідні. Найбільш поширені причіпні і напівпричіпні машини, як тягачі до яких застосовуються трактори. Навісні машини зазвичай монтують на важких автогрейдерів. Самохідні грейдер-елеватори агрегатуються із одновісними тягачами.

За типом робочого органа розрізняють грейдер-елеватори з дисковим (сферичним) ножем, із системою плоских ножів, із системою плоских і дискового ножів та зі совковим ножем з напівкруглою різальною кромкою.

Розташування транспортерів може бути поперечне і діагональне. Грейдер-елеватори з діагональним розташуванням транспортера застосовуються зазвичай для видачі ґрунту в транспортні засоби. Для далекого відкидання ґрунту замість транспортера можна застосовувати металник.

За типом приводу розрізняють грейдер-елеватори з механічною або гідромеханічною трансмісією від двигуна внутрішнього згорання і з багатомоторним дизель-електричним приводом. Грейдер-елеватори можуть мати гідравлічну або електрогідравлічну систему управління робочим органом.

Несуча рама грейдер-елеватора 2 (рис. 6.7) служить для розташування всіх робочих органів. У передній своїй частині вона спирається через опорно-зчіпний пристрій на тягач 1, а в задній – на власні ходові колеса 10. Привод робочих органів грейдер-елеватора здійснюється від тягача 1 через трансмісію 3 або від його гідросистеми. У середній частині машини змонтовані робочі органи машини: плужна рама 4 із живильником 6 і ножем 5 та трисекційний стрічковий жолобчастий транспортер 8.

Для приведення машини в робоче положення плужна рама 4 опускається гідроциліндрами 7 і при русі машини відбувається заглиблення совкового ножа 5, який і розробляє ґрунт. Далі ґрунт подається дисковим живильником 6 на стрічковий транспортер 8 і далі виноситься за межі робочої зони і або зсипається у відвал або завантажується у автомобілі-самоскиди для подальшого транспортування. Для зміни кута нахилу транспортера служать два гідроциліндри 9.

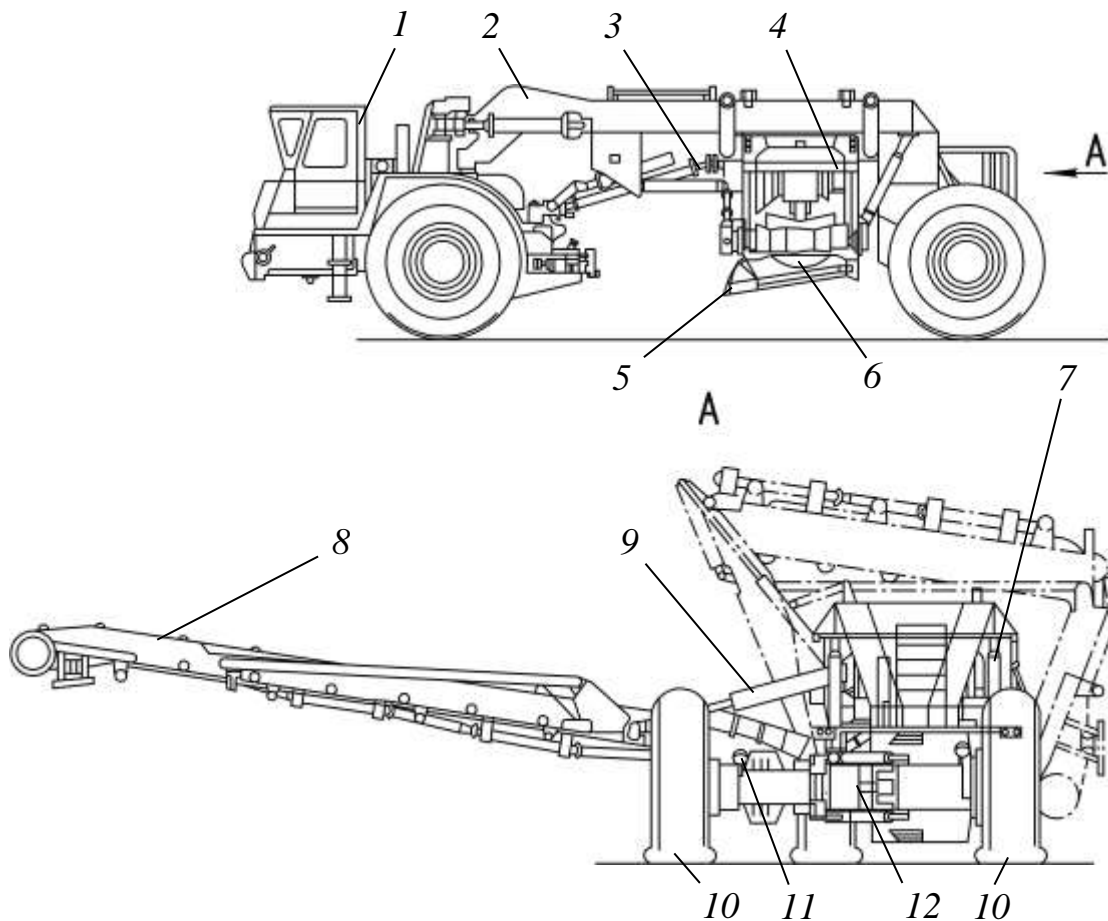


Рис. 6.7. Грейдер-елеватор:

1 – тягач; 2 – несуча рама; 3 – трансмісія; 4 – плужна рама;  
 5 – совковий ніж; 6 – живильник; 7, 9 та 12 – гідроциліндри:  
 підйому-опускання плужної рами, підйому транспортера та  
 висування ходового колеса; 8 – стрічковий транспортер;  
 10 – ходові колеса; 11 – пневмообладнання

Рама транспортера 8 складається із трьох секцій: нижньої, середньої і верхньої. За рахунок шарнірного з'єднання цих секцій транспортер може займати транспортне і робоче положення (на рис. 6.7 транспортер у транспортному положенні показаний штрих-пунктирними лініями). Для надання стійкості від перекидання грейдер-елеватора в робочому положенні одна із його ходових опор висувається в бік розкладання транспортера за допомогою гідроциліндра 12.

Техніко-економічні показники застосування грейдер-елеваторів на спорудженні насипів земляного полотна з резерву вигідно відрізняються від застосування екскаваторів, бульдозерів,

скреперів та інших землерийних машин [37]. Це пояснюється тим, що останні є машинами циклічної дії, а грейдер-елеватор – машина безперервної дії. Грейдер-елеватори на різання ґрунту витрачають до 95 % робочого часу і лише 5 % – на маневри, тоді як у машин циклічної дії на розроблення ґрунту затрачується лише 30 % робочого часу, а інший – на переміщення ґрунту, холостий хід машини або робочого органа. Вартість зведення 1 м<sup>3</sup> насипу з резерву грейдер-елеваторним комплектом в 1,5 рази нижча, а продуктивність роботи у 2 рази вища в порівнянні з комплектами машин, у яких ведучими є машини циклічної дії. Проте слід мати на увазі, що ефективне застосування грейдер-елеваторів можливе лише в рівнинній місцевості при ґрунтах I...III категорій.

Технологічний процес зведення насипу грейдер-елеваторами з резерву включає такі операції:

- розроблення ґрунту в резерві й укладання його в насип;
- пошарове розрівнювання ґрунту на насипу;
- ущільнення шару ґрунту.

Насип зводять поперемінно на двох суміжних захватках (рис. 6.8) з розривом між ними для переходу грейдер-елеватора з одного резерву до другого. Ґрунт розробляють пошарово на всю ширину резерву. Тоді як на одній із захваток ведеться відсипання ґрунту, на другій його розрівнюють і ущільнюють. Довжина захватки 400...2000 м. Товщина шару, що відсипається, залежить від типу і характеристики ґрунтоущільнювальної машини, що використовується.

Висота насипу, що зводиться з резерву, залежить від довжини транспортера і прийнятої схеми робіт. Причипним грейдер-елеватором зводять насипи висотою до 0,8 м з одnobічного резерву і до 1,5 м – з двобічного. Самохідним грейдер-елеватором зводять насипи висотою до 3 м.

Ґрунт при розробленні грейдер-елеваторами може укладатися як безпосередньо в насип, так і відсипатися в автосамоскиди, із подальшим його транспортуванням до місця укладання.

Робота грейдер-елеваторів у сипких пісках, глинистих ґрунтах підвищеної вологості і ґрунтах, що містять каміння і валуни розміром більше 200 мм, не рекомендується.

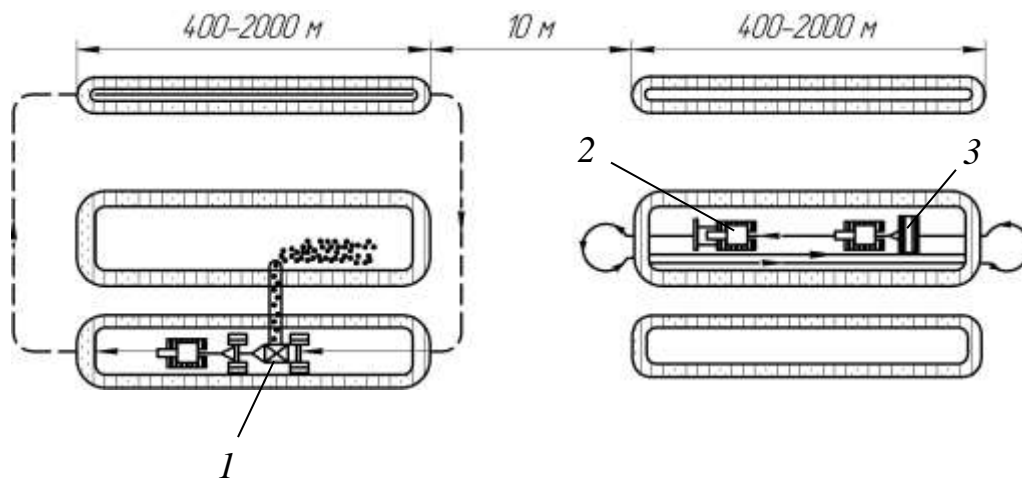


Рис. 6.8. Схема технологічного процесу зведення насипу грейдер-елеватором при розробленні ґрунту в резерві:  
 1 – грейдер-елеватор на розробленні ґрунту; 2 – бульдозер на плануванні ґрунту; 3 – ґрунтоущільнювальна машина

## 6.5. Продуктивність землерийно-транспортних машин

Експлуатаційна продуктивність бульдозерів при розробленні ґрунту  $\Pi_E^B$ , м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою [35, 36]

$$\Pi_E^B = \frac{3600 \cdot V_{\text{ПР}} \cdot k_3 \cdot k_q}{t_{\text{Ц}} \cdot k_p},$$

де  $V_{\text{ПР}}$  - об'єм призми волочіння, м<sup>3</sup>;

$k_3$  - коефіцієнт збереження ґрунту;

$k_q$  - коефіцієнт використання бульдозера за часом,  
 $k_q = 0,8 \dots 0,9$ ;

$t_{\text{Ц}}$  - тривалість робочого циклу, с;

$k_p$  - коефіцієнт розпушування ґрунту,  $k_p = 1,2 \dots 1,4$ .

Об'єм призми волочіння  $V_{\text{ПР}}$ , м<sup>3</sup>, визначається виходячи з геометричних параметрів відвала бульдозера за формулою

$$V_{\text{пр}} = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot \text{tg} \varphi},$$

де  $B$  - довжина відвала, м;  
 $H$  - висота відвала, м;  
 $\text{tg} \varphi$  - кут природного ухилу ґрунту.

Коефіцієнт збереження ґрунту  $k_3$  визначається як

$$k_3 = 1 - 0,005 \cdot L_{\text{ср}},$$

де  $L_{\text{ср}}$  - середня дальність транспортування ґрунту, м.

Тривалість робочого циклу бульдозера  $t_{\text{ц}}$ , с, визначається як

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_p}{g_p} + \frac{l_{\text{п}}}{g_{\text{п}}} + \frac{l_3}{g_3} + t_{\text{п}},$$

де  $l_p$  - довжина ділянки різання ґрунту, м;  
 $l_{\text{п}}$  - довжина ділянки переміщення ґрунту, м;  
 $l_3$  - відстань зворотного ходу бульдозера,  $l_3 = l_p + l_{\text{п}}$ , м;  
 $g_p$ ,  $g_{\text{п}}$  та  $g_3$  - швидкість бульдозера при різанні і переміщенні ґрунту та зворотному ході, м/с;  
 $t_{\text{п}}$  - час на перемикання передач за час циклу,  $t_{\text{п}} = 15 \dots 20$  с.

Довжина ділянок різання та переміщення ґрунту приймається виходячи із фактичних умов виконання робіт бульдозером. Швидкості руху бульдозера приймають згідно із його експлуатаційними характеристиками з урахуванням місцевих умов, швидшого виконання робіт і недопущення буксування ходових частин.

Експлуатаційна продуктивність навісних розпушувачів  $\Pi_E^P$ , м<sup>3</sup>/год, визначається як [36]

$$\Pi_E^P = \frac{3600 \cdot V \cdot k_{\text{ч}}}{t_{\text{ц}}},$$

де  $V$  - об'єм ґрунту, що розпушується за один цикл, м<sup>3</sup>;  
 $k_q$  - коефіцієнт використання машини за часом,  
 $k_q = 0,7 \dots 0,8$ ;  
 $t_{ц}$  - тривалість робочого циклу розпушувача, с.

Об'єм ґрунту, що розпушується за один цикл  $V$ , м<sup>3</sup>, може бути визначений як

$$V = B \cdot h_{CP} \cdot l,$$

де  $B$  - середня ширина смуги розпушування, яка залежить від числа, кроку і товщини зубів розпушувача, кута розвалу (15...60°) і коефіцієнта перекриття (0,75...0,8) смуг різання, м;  
 $h_{CP}$  - середня глибина розпушування в даних ґрунтових умовах, м;  
 $l$  - довжина шляху розпушування, м.

При човниковій схемі роботи розпушувача тривалість робочого циклу розпушувача  $t_{ц}$ , с, визначається за формулою

$$t_{ц} = \frac{l}{g_p} + \frac{l}{g_x} + t_c + t_o,$$

де  $g_p$  та  $g_x$  - швидкість руху машини при розпушуванні та на холостому (зворотному) ході, м/с;  
 $t_c$  - час на перемикання передач,  $t_c \approx 5$  с;  
 $t_o$  - час на опускання розпушувача,  $t_o \approx 2 \dots 5$  с.

При розпушуванні ділянки поздовжніми проходами із розворотами на її кінцях до тривалості робочого циклу розпушувача потрібно додати ще час, що витрачається трактором на розвороти  $t_p$ , а час холостого ходу  $\frac{l}{g_x}$  виключити із цього розрахунку.

Експлуатаційну продуктивність бульдозера при плануванні ґрунту  $\Pi_E^{Bn}$ , м<sup>3</sup>/год, можна визначити за формулою [31]

$$\Pi_E^{Bn} = \frac{3600 \cdot l \cdot h_1 \cdot (B - \epsilon) \cdot k_q}{n \cdot \left( \frac{l}{g} + t_{II} \right)},$$

де  $l$  - довжина ділянки, що планується, м;

$h_1$  - середня висота одного шару розпланованого ґрунту,

$h_1 = 0,3 \dots 0,4$  м;

$B$  - ширина відвала бульдозера, м;

$b_0$  - перекриття проходів,  $b_0 = 0,3 \dots 0,5$  м;

$k_q$  - коефіцієнт використання бульдозера за часом,  
 $k_q = 0,8 \dots 0,9$ ;

$n$  - кількість проходів по одному місцю,  $n = 1 \dots 3$ ;

$g$  - швидкість руху бульдозера, м/с;

$t_{II}$  - час на перемикання передач за час циклу,  $t_{II} = 15 \dots 20$  с.

Довжина ділянки, що планується  $l$ , м, визначається виходячи із конкретних умов виконання робіт.

Для визначення експлуатаційної продуктивності автогрейдера  $\Pi_E^A$ , який використовується для планування ґрунту, застосовується та ж формула, що і для бульдозера, але слід урахувати, що для грейдера перекриття проходів  $b_0 = 0$ , а час на перемикання передач  $t_{II}$  - це час на виконання одного розвороту і складає він  $20 \dots 40$  с.

Експлуатаційна продуктивність скрепера  $\Pi_E^C$ , м<sup>3</sup>/год, розраховується за формулою [29, 36]

$$\Pi_E^C = \frac{3600 \cdot g \cdot k_H \cdot k_q}{t_{II} \cdot k_P},$$

де  $g$  - об'єм ковша скрепера, м<sup>3</sup>;

$k_H$  - коефіцієнт наповнення ковша,  $k_H = 0,9 \dots 1,1$ ;

$k_q$  - коефіцієнт використання машини за часом,  $k_q = 0,8 \dots 0,85$ ;

$t_{\text{ц}}$  - тривалість робочого циклу скрепера, с;

$k_p$  - коефіцієнт розпушування ґрунту,  $k_p = 1,2 \dots 1,4$ .

Тривалість робочого циклу скрепера  $t_{\text{ц}}$ , с, приблизно можна обчислити за формулою

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{НАБ}} + t_{\text{ВХ}} + t_{\text{РОЗ}} + t_{\text{ПОВ}} + t_{\text{ХХ}},$$

де  $t_{\text{НАБ}}$  - час набору ґрунту, с;

$t_{\text{ВХ}}$  - час вантажного ходу, с;

$t_{\text{РОЗ}}$  - час розвантаження скрепера, с;

$t_{\text{ПОВ}}$  - час на повороти, с;

$t_{\text{ХХ}}$  - час холостого ходу, с.

Для проведення проектних розрахунків можна прийняти для скреперів такі параметри:  $t_{\text{НАБ}} = 1,2 \dots 2,2$  хв,  $t_{\text{РОЗ}} = 0,3 \dots 0,7$  хв,  $t_{\text{ПОВ}} = 0,2 \dots 0,25$  хв.

Час вантажного та холостого ходу скрепера  $t_{\text{ВХ}}$  та  $t_{\text{ХХ}}$ , с, визначаються з виразів

$$t_{\text{ВХ}} = \frac{L_{\text{СР}}}{g_{\text{ВХ}}} \quad \text{та} \quad t_{\text{ХХ}} = \frac{L_{\text{СР}}}{g_{\text{ХХ}}},$$

де  $L_{\text{СР}}$  - середня дальність транспортування ґрунту, м;

$g_{\text{ВХ}}$  та  $g_{\text{ХХ}}$  - середня швидкість скрепера у завантаженому та порожньому стані, м/с.

Експлуатаційна продуктивність грейдер-елеватора  $\Pi_E^{\text{ГЕ}}$ , м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою [33]

$$\Pi_E^{\text{ГЕ}} = \frac{3600 \cdot h \cdot b \cdot l \cdot k_B \cdot k_\phi \cdot k_q}{\left( \frac{l}{g} + t_{\text{ПОВ}} \right) \cdot k_p},$$



де  $h$  та  $b$  - товщина та ширина стружки, що зрізається в припущенні її прямокутного перерізу, м;

$l$  - довжина ділянки, що обробляється, м;

$k_B$  - коефіцієнт, що враховує втрати ґрунту між різальним органом та приймальною частиною відвального транспортера. Для машин із дисковим ножом  $k_B = 0,9 \dots 0,95$ , а для машин із системою ножів  $k_B = 0,95 \dots 0,98$ ;

$k_\phi$  - коефіцієнт, що враховує відхилення форми перерізу стружки від прямокутної. Для дискового ножа  $k_\phi \approx 0,85$ , для системи ножів  $k_\phi \approx 1$ ;

$k_\gamma$  - коефіцієнт використання грейдер-елеватора за часом,  $k_\gamma = 0,8 \dots 0,85$ ;

$g$  - середня швидкість руху машини, м/с;

$t_{\text{пов}}$  - час, що витрачається на повороти,  $t_{\text{пов}} = 35 \div 60$  с;

$k_p$  - коефіцієнт розпушування,  $k_p = 1,2 \div 1,4$ . Якщо роботи проводяться із попереднім розпушуванням ґрунту, то  $k_p$  не враховується.

### Контрольні питання

1. Які операції входять у робочий процес землерійно-транспортних машин?
2. Для чого в будівництві застосовуються бульдозери?
3. Опишіть конструкцію бульдозера.
4. За якими ознаками класифікуються бульдозери?
5. У чому різниця в конструкції та умовах застосування бульдозерів із поворотним і неповоротним відвалом?
6. Опишіть робочий цикл бульдозера із неповоротним у плані відвалом.
7. Опишіть технологічний процес роботи розпушувача.
8. Для чого в будівництві застосовуються скрепери?
9. У чому полягає технологічний процес роботи скрепера?
10. За якими ознаками класифікують скрепери?
11. Якими способами можна підвищити ефективність наповнення ковша скрепера ґрунтом під час копання?
12. Для чого в будівництві застосовуються автогрейдери?

13. Опишіть будову автогрейдера.
14. У чому полягає технологічний процес роботи автогрейдера?
15. Для яких робіт у будівництві застосовуються грейдер-елеватори?
16. За якими ознаками класифікуються грейдер-елеватори?
17. Опишіть будову і роботу грейдер-елеваторів.
18. У чому полягає технологічний процес зведення насипів грейдер-елеватором ґрунтом із резерву?
19. Від яких показників залежить продуктивність скреперів, грейдер-елеваторів, автогрейдерів?
20. Як визначається продуктивність бульдозерів, які застосовуються для розроблення ґрунту, планування ґрунту і на розпушуванні ґрунту?

## 7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БУРОВИХ РОБІТ

Бурові роботи виконуються на всіх стадіях будівництва [1]:

- при інженерно-геологічних вишукуваннях;
- при розробленні кар'єрів і котлованів у скельних породах;
- при спорудженні тунелів і підземних ГЕС;
- при влаштуванні водонепроникних завіс;
- при закріпленні ґрунтів в основі споруд;
- при влаштуванні водопостачальних та водознижувальних пристроїв;
- при встановленні стовпів, дорожніх знаків, надоб'їв тощо.

Буріння – це процес руйнування ґрунту з утворенням у ґрунтовому масиві циліндричних порожнин та винесенням з них продуктів руйнування на поверхню.

Трудомісткість бурових робіт дуже велика. Так, при розробленні гірських порід відкритим способом вона досягає 20 % загальних трудових витрат, при підземному способі – в середньому 40 %, а при руйнуванні дуже міцних порід – 70 %.

При виконанні бурових робіт у масиві розроблюваної породи попередньо бурять циліндричні канали – шпури, які мають діаметр до 75 мм і довжину не більше 5 м, а отвори більших розмірів називають свердловинами. Верхня частина шпурів і свердловин у поверхні землі називається гирлом, а нижня – забоем.

Розрізняють механічні та фізичні способи буріння. У більшості бурових машин і устаткування реалізовані механічні способи буріння з обертально-поступальним, ударно-обертальним і ударним рухами робочого інструменту. Як робочі органи для механічного буріння застосовують лопатеві, шнекові та ківшеві бури, бури-розширювачі, тришарошкові та ударні долота.

До фізичних способів буріння належать термічний, ультразвуковий, електрогідравлічний, високочастотний і гідравлічний. З них практичне застосування отримав лише термічний спосіб, реалізований у верстатах термічного буріння. Решта способів буріння перебувають у стадії теоретичних та експериментальних розробок.

Бурові роботи в будівництві реалізуються за допомогою бурових машин (верстатів) і ручних машин. Вони розрізняються за способом впливу їх робочого органа (бура) на ґрунт [2, 9, 38].

**Обертальне буріння** (коли робочий орган тільки обертається) можна вести двома способами:

- руйнувати всю породу в отворі, що пробурюється;
- висвердлювати кільцеву щілину, всередині якої залишається стовпчик породи (кern).

Другий спосіб менш енергоємний, оскільки не витрачається енергія на руйнування породи, що залишається всередині інструменту. При обертальному бурінні потрібне велике зусилля подачі для занурення інструменту. Це зусилля значною мірою визначає глибину занурення за один оборот, а отже, і продуктивність машини в цілому.

Зі збільшенням міцності гірської породи значно зростає зусилля, необхідне для занурення інструменту, що є однією з базових причин, які обмежують можливість застосування способу обертального буріння гірських порід.

**Ударне буріння.** При цьому способі інструмент занурюється в гірську породу в результаті скидання його з певної висоти або в результаті ударів по його хвостовій частині. Після кожного скидання або удару інструмент піднімають, повертають на деякий кут і таким чином обробляють усю торцеву поверхню забою. Робочий інструмент перебуває в контакті з породою тільки частину часу. Під час опускання інструменту до контакту з породою руйнування її не відбувається. Час на підйом інструменту, його поворот і опускання становить понад 40 % від загального часу роботи, у зв'язку з цим продуктивність ударного буріння відносно невисока.

Перевагою ударного буріння є те, що створюються великі сили удару, а отже, і великі питомі навантаження на лезо коронки. Крихкі породи руйнуються легше під дією удару, ніж під дією статичних навантажень, у зв'язку з цим ударне буріння рекомендується застосовувати для буріння порід вище середньої міцності.

**Ударно-обертальне буріння.** При цьому способі одночасно з проникненням леза під дією удару воно повертається на деякий кут, зазвичай на 10...15°, завдяки чому збільшується поверхня

забою, що руйнується. Після удару і повороту інструменту на деякий кут він піднімається і цикл повторюється. Хоча при цьому способі буріння інструмент перебуває в контакті з породою тільки частину часу, проте продуктивність його на 50...60 % вища, ніж при ударному бурінні.

Ударно-обертальне буріння здійснюється за допомогою безперервного обертання інструменту і періодичних ударів по ньому. При цьому способі використовуються одночасно позитивні особливості ударного буріння, тобто можливість створення великого осьового ударного зусилля на різальному лезі, і обертального буріння, тобто безперервне відділення породи від масиву. Продуктивність при цьому способі у 2...3 рази вища, ніж при ударному бурінні, і в 1,4...1,8 разів вища, ніж при обертальному.

## **7.1. Бурово-кранові машини**

Самохідні бурово-кранові машини широко застосовуються в промисловому і цивільному будівництві при влаштуванні паливних основ будівель і споруд, опор мостів, трубопроводів, ліній електропостачання та зв'язку, колодязів, огорож, а також при облаштуванні доріг, садінні дерев та чагарнику. Вони являють собою спільно діюче бурове і спеціальне кранове обладнання, змонтоване на шасі серійних автомобілів і тракторів, привод якого здійснюється від двигуна базової машини або самостійної силової установки. Буровим обладнанням проходять способом механічного обертального буріння вертикальні і похилі свердловини в талих і сезонно промерзаючих ґрунтах, а спеціальним крановим – установлюють у пробурені свердловини палі, стовпи, залізобетонні опори, блоки колодязьових облицювань та інші елементи.

Бурово-кранові машини класифікують за такими основними ознаками [38]:

за типом базової машини:

- автомобільні;
- тракторні;
- за принципом дії бурового обладнання:
  - циклічної дії;
  - безперервної дії;

за типом привода бурового і кранового устаткування:

- з механічним приводом;
- гідравлічним приводом;
- змішаним (гідромеханічним) приводом;

за видом виконання бурово-кранового обладнання:

- поєднане (бурове і кранове обладнання змонтоване на одній щоглі);
- роздільне (бурове обладнання змонтоване на щоглі, кранове – на стрілі);

за можливістю повороту робочого обладнання в плані:

- неповоротні;
- поворотні;

за розташуванням робочого обладнання на базовому шасі:

- із заднім і бічним розташуванням у неповоротних машин;
- на поворотній платформі – у поворотних.

Головним параметром бурово-кранових машин є максимальна глибина свердловини, що розбурюється (у метрах). До основних параметрів належать: діаметр буріння (свердловини), кут буріння (кут нахилу осі свердловини до горизонту), вантажопідйомність кранового обладнання.

Як змінний буровий інструмент бурово-кранових машин використовуються лопатеві і шнекові бури, що закріплюються на кінці бурової штанги, якій надається крутний момент і зусилля подачі [38].

Лопатевий бур (рис. 7.1, а) складається з корпусу 1 з двома копаючими лопатями у вигляді двозахідного гвинта, забурника 4 і заслінки 2. Лопаті оснащені змінними різцями 3, що розпушують ґрунт. Забурник, розташований на кінці бурової головки, надає буру напрямок і утримує його по осі буріння. Заслінки, які шарнірно прикріплюються до лопатей, перешкоджають просипанню ґрунту при вийманні його із свердловини. Бур кріпиться до нижнього кінця бурової штанги за допомогою пальця. Шнековий (гвинтовий) бур (рис. 7.1, б) являє собою трубчастий остов з однією (у однозахідних шнеків) або двома (у двозахідних шнеків) гвинтовими транспортуючими ґрунт спіралями у вигляді суцільної стрічки 6. Шнек має хвостовик 5 для кріплення на кінці бурової штанги. До шнека за допомогою пальця 8 кріпиться змінна бурова головка 7 з різцями

3 і забурник 4. У обох типів бурів при розробленні немерзлих ґрунтів використовують різці і забурники, виготовлені зі зносостійких легованих сталей.

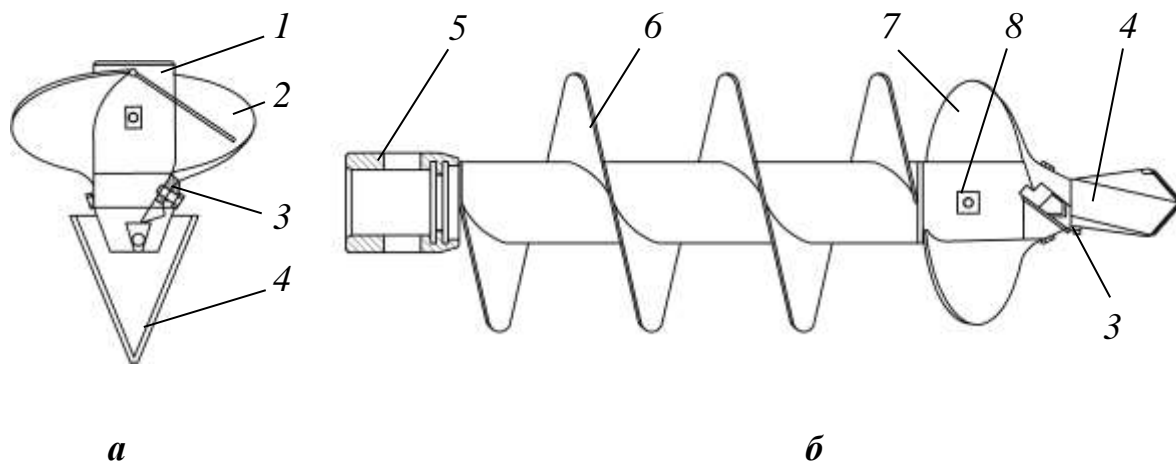


Рис. 7.1. Бури бурово-кранових машин:

а – лопатевий; б – шнековий; 1 – корпус; 2 – заслінка; 3 – різці; 4 – забурник; 5 – хвостовик; 6 – ґрунтотранспортуюча спіраль; 7 – бурова головка; 8 – палець

При бурінні свердловин у мерзлих ґрунтах застосовують різці та забурники, армовані твердосплавними пластинками. Буріння свердловин здійснюється при обертанні бурового інструменту з одночасним його рухом униз. У процесі буріння свердловина необхідної глибини утворюється за кілька повторюваних циклів, кожен з яких включає послідовно виконувани операції буріння, підйому бурового інструменту на поверхню, його розвантаження та повернення в забій.

Для буріння свердловин різних діаметрів кожна бурово-кранова машина комплектується набором змінного бурового інструменту.

**Бурово-кранова машина БМ-302б** (рис. 7.2) [9, 38] на базі автомобіля ГАЗ-66 призначена для буріння в талих і сезонного промерзання ґрунтах I...IV категорій свердловин діаметром 0,36...0,8 м на глибину до 3 м.

Машина складається з базового автомобіля 1, спеціальної рами, закріпленої на рамі автомобіля, бурово-кранового устаткування, гідравлічного механізму установа бурової

щогли, виносних опор з гідродомкратами 8, механічної трансмісії, гідросистеми та електрообладнання. Бурово-кранове обладнання шарнірно закріплено на кронштейнах спеціальної рами і може повертатися в поздовжньо-вертикальній площині машини гідроциліндром 2 при установленні обладнання в транспортне і робоче положення. У транспортному положенні бурове обладнання укладається на опорний стояк. Бурово-кранове обладнання включає бурову щоглу 3 з оголовком, штангу з буровим інструментом у вигляді лопатевого бура 6, із забурником 7 і різцями, гідравлічний механізм подачі бурового інструменту на забій і вилучення його зі свердловини, обертач штанги та однобарабанну черв'ячну реверсивну лебідку для установлення опор у пробурені свердловини. Подача і вилучення штанги з буровим інструментом здійснюється гідроциліндром подвійної дії, змонтованим усередині бурової щогли. Штанга переміщується по поршню зі штоком, закріпленим у верхній частині бурової щогли. Обертач 5 – гепоїдний конічний редуктор, приводиться в дію від коробки відбору потужності 11 автомобіля через роздавальну коробку 10, керований гідроциліндром фрикціон і карданний вал 9. Привод барабана реверсивної черв'ячної лебідки здійснюється від роздавальної коробки. На барабан лебідки запасований канат вантажного поліспасти з гаковою обоймою 4. Роздавальна коробка забезпечує три частоти обертання бура (1,75; 2,43 і 3,03 с<sup>-1</sup>) залежно від міцності ґрунту, що розробляється, а також реверс бурового інструменту і барабана лебідки.

При роботі машина спирається на дві виносні опори з гідродомкратами, які розвантажують задній міст базового автомобіля. Гідроциліндри механізмів установлення щогли і подачі бурового інструменту, управління фрикційною муфтою і виносними опорами обслуговуються шестеренним насосом, що приводиться в дію від роздавальної коробки. Управління бурово-крановим устаткуванням здійснюється з пульта, розташованого в кузові біля робочого місця оператора.



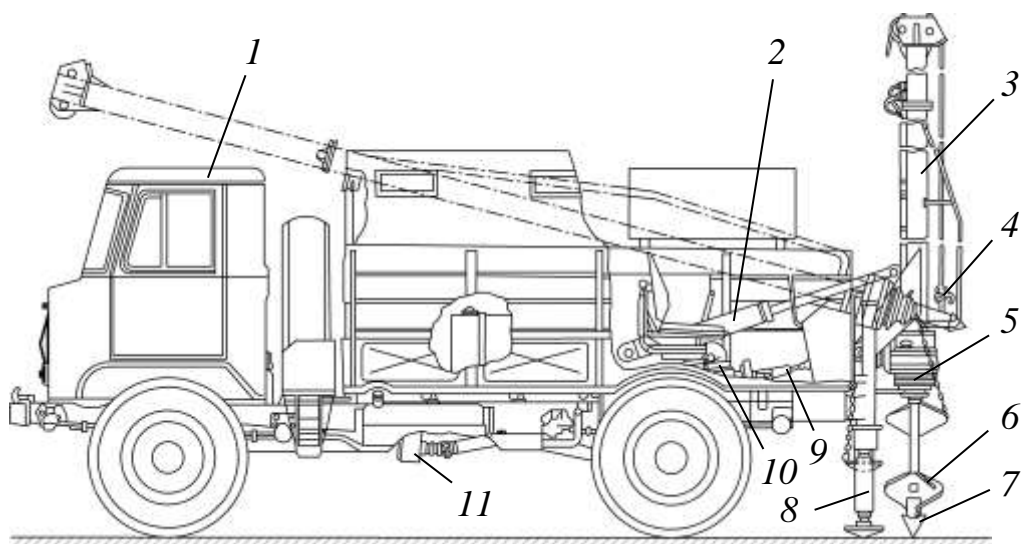


Рис. 7.2. Бурово-кранова машина БМ-3026:

1 – базовий автомобіль; 2 – гідроциліндр повороту робочого обладнання; 3 – щогла; 4 – гакова обойма; 5 – обертач; 6 – лопатевий бур; 7 – забурник; 8 – гідродомкрат; 9 – карданний вал; 10 – роздавальна коробка; 11 – коробка відбору потужності

**Бурово-кранова машина БКМ-1501** [2, 38] з поворотним у плані робочим обладнанням змонтована на шасі автомобіля КраЗ-250 і призначена для буріння свердловин діаметром 0,63 м на глибину до 15 м у талих і мерзлих ґрунтах. На рамі базової машини 3 (рис. 7.3) змонтовані насосна станція 4, виносні гідрокеровані опори 13 і опорний стояк 2 щогли. На поворотній платформі 8 з роликів опорно-поворотним пристроєм 14 розміщені бурово-кранове обладнання, лебідка 5 спуско-підйомного механізму, гідравлічний механізм 6 підйому-опускання щогли, механізм 7 повороту платформи, покажчик 12 центра свердловини і кабіна 10 машиніста.

Поворотне в плані робоче обладнання забезпечує швидке наведення на точку буріння і можливість буріння декількох свердловин з однієї позиції машини, що істотно підвищує її продуктивність. Бурове обладнання машини включає шарнірно закріплену на поворотній платформі щоглу 1, на якій змонтовані обертач 9, телескопічна штанга зі змінним буровим інструментом – шнековим буром 11 і гідравлічний механізм подачі бурового інструменту на забій і вилучення його зі свердловини. Підйом щогли у вертикальне (робоче) та опускання її в горизонтальне (транспортне) положення щодо осі повороту виконується двома гідроциліндрами 6.

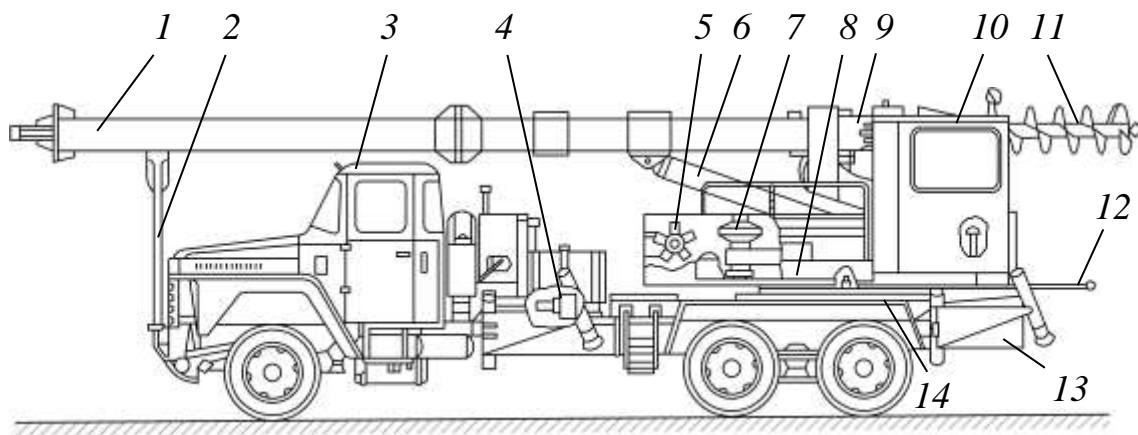


Рис. 7.3. Бурово-кранова машина БКМ-1501:

- 1 – щогла; 2 – опорний стояк; 3 – базова машина; 4 – насосна станція; 5 – лебідка спуско-підйомного механізму; 6 – гідропривід підйому-опускання щогли; 7 – механізм повороту платформи; 8 – поворотна платформа; 9 – обертач; 10 – кабіна машиніста; 11 – бур; 12 – покажчик центра свердловини; 13 – виносні опори; 14 – опорно-поворотний пристрій

Телескопічна штанга 8 (рис. 7.4) [1, 38], на нижньому кінці якої кріпиться змінний шнековий бур 9, пропущена через обертач і шарнірно з'єднана з вертлюгом 4. Вона служить для спрямованого переміщення штанги. Вертлюг підвішений на канаті, сходить із барабана 3 лебідки. Обертач здійснює обертання штанги від двох гідромоторів 10 через двошвидкісний одноступінчастий редуктор 7.

Примусова подача бурового інструменту в забій проводиться гідравлічним механізмом затиску і подачі штанги, основним вузлом якого є патрон 6, підвішений до штоків двох гідроциліндрів 5. У процесі буріння патрон затискає штангу, а гідроциліндри подають її в забій. Швидкості подачі й обертання бура змінюються за допомогою гідравлічного привода безступінчасто в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту, що розробляється.

Підйом і опускання штанги з буровим інструментом при бурінні свердловин і вилученні ґрунту виконується однобарабанною лебідкою, привод барабана 3 якої здійснюється від високомоментного гідромотора 1 через одноступінчастий планетарний редуктор 11. Лебідка оснащена стрічковим гальмом 2.

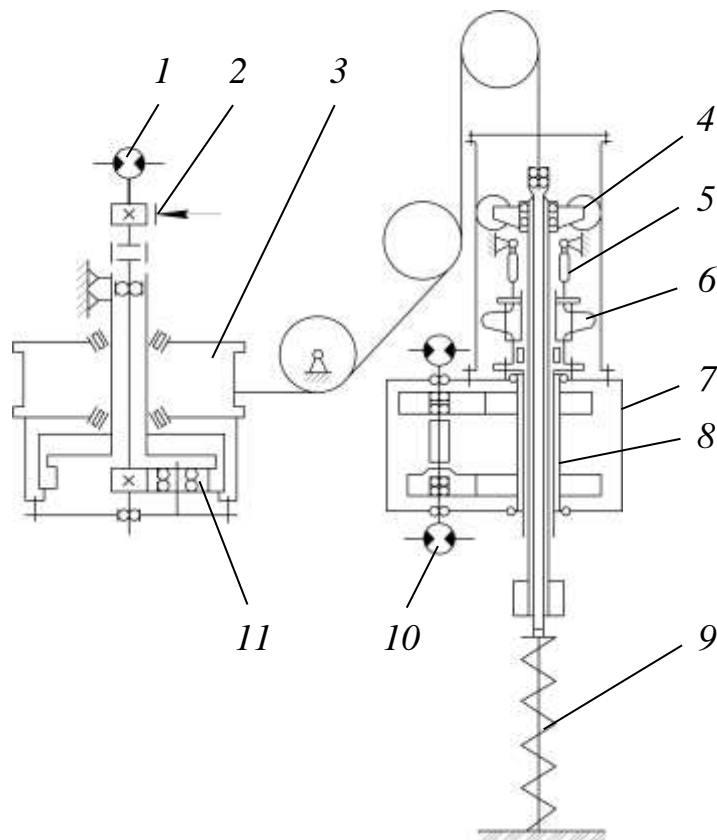


Рис. 7.4. Кінематична схема бурово-кранового обладнання машини БКМ-1501:

1 – гідромотор; 2 – гальмо; 3 – барабан; 4 – вертлюг;  
 5 – гідроциліндри; 6 – патрон; 7 – редуктор; 8 – телескопічна штанга; 9 – бур; 10 – гідромотори; 11 – планетарний редуктор

Поворот платформи з бурово-крановим обладнанням у плані забезпечується механізмом повороту, що включає високомоментний гідромотор, стрічкове гальмо та одноступінчастий зубчастий редуктор, на вихідному валу якого закріплена поворотна шестірня, що входить у зачеплення із зубчастим вінцем опорно-поворотного круга.

При бурінні свердловин машина спирається на виносні опори, кожна з яких оснащена опорним гідродомкратом і гідроциліндром повороту опори.

Гідромотори лебідки, обертача і механізму повороту, гідроциліндри підйому-опускання щогли, механізму подачі бурового інструменту, виносних опор і перемикання передач обертача обслуговуються трьома гідронасосами насосної станції, привод яких здійснюється від роздавальної коробки базової

машини через карданний вал і одноступінчастий редуктор. Вмикання привода насосної станції здійснюється з кабіни автомобіля, а управління процесом буріння та установки машини – з кабіни машиніста.

**Бурово-кранові машини БМ-205Б і БМ-305А** на базі тракторів використовуються для буріння в талих і сезонно промерзаючих ґрунтах I...IV категорій вертикальних і похилих свердловин та встановлення пальових фундаментів будівель і споруд, опор трубопроводів, ліній електропостачання та зв'язку, стовпів огорож та дорожніх знаків, а також при садінні дерев. Вони мають уніфіковане бурово-кранове обладнання і розрізняються між собою в основному базовим трактором, типом бурового інструменту, діаметром і глибиною буріння. Бурово-кранова машина БМ-205Б змонтована на пневмоколісному тракторі МТЗ-82, машина БМ-305А – на гусеничному тракторі ДТ-75МВ-Р-С2. Як змінний буровий інструмент у машини БМ-205Б використовуються лопатеві бури, у машини БМ-305А – короткошнекові бури.

Машина БМ-205Б виконує буріння вертикальних і похилих свердловин діаметром 0,36; 0,5; 0,63 м на глибину до 2 м, машина БМ-305А – діаметром 0,36; 0,5 і 0,63 м на глибину до 3 м. Обидві машини мають бульдозерне обладнання для виконання нескладних планувальних робіт, прибирання розбуреного ґрунту, засипання ям і траншей.

**Бурово-кранова машина БМ-305А** складається (рис. 7.5) [38] з базового трактора 2, бульдозерного обладнання 1, рами 11, опорного стояка 4, бурово-кранового устаткування, гідравлічного механізму установки бурової щогли, виносних опор 12 з гідродомкратами, трансмісії 7, гідросистеми та електрообладнання. Бурово-кранове обладнання шарнірно кріпиться до рами 11, приєднаної до рами базового трактора, і може повертатися в поздовжній вертикальній площині машини при установленні в робоче і транспортне положення двома гідроциліндрами 6. У транспортному положенні бурове обладнання укладається на опорний стояк 4. Бурово-кранове обладнання здійснює подачу на забій і вилучення зі свердловини бурового інструменту та установлення опор. Воно включає бурову щоглу 5 з неповоротним гусачком 3 кранового пристрою,

бурову штангу, на нижньому кінці якої кріпиться змінний короткошнековий бур 9 із забурником 10 і різцями, гідравлічний механізм подачі бура, розташований усередині бурової щогли, обертач 8 штанги з буровим інструментом, черв'ячну реверсивну лебідку для установа опору у пробурені свердловини.

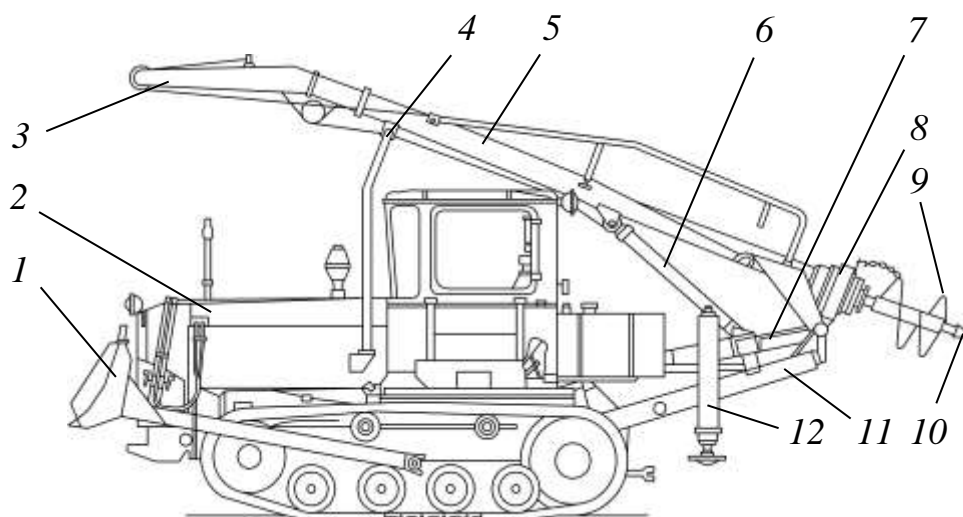


Рис. 7.5. Бурово-кранова машина БМ-305А:

- 1 – бульдозерне обладнання; 2 – базовий трактор; 3 – гусачок;
- 4 – опорний стояк; 5 – бурова щогла; 6 – гідроциліндри повороту бурово-кранового обладнання; 7 – трансмісія; 8 – обертач;
- 9 – бур; 10 – забурник; 11 – рама; 12 – виносні опори

На барабан лебідки навивається канат вантажного поліспасти з гаковою підвіскою. Обертач штанги являє собою одноступінчастий конічний редуктор і приводиться в дію від коробки передач трактора за допомогою механічної трансмісії 7, до складу якої входять сполучна муфта, карданні вали і роздавальна коробка з фрикціоном для вмикання і вимикання привода бурового інструменту. Від роздавальної коробки здійснюється привод виконаної з нею заодно кранової лебідки. Роздавальна коробка забезпечує три частоти обертання бурового інструменту (1,7; 2,35 і 2,95 с<sup>-1</sup>) у залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту, що розробляється, а також реверс бура і барабана лебідки. При бурінні свердловин та встановленні опор машина додатково спирається на дві виносні опори 12 з гідродомкратами, встановлені на рамі 11. Неповоротний бульдозерний відвал управляється одним

гідроциліндром. Гідроциліндри механізмів установки щогли і подачі бурового інструменту, бульдозерного устаткування, виносних опор та управління фрикціоном обслуговуються двома гідронасосами гідросистеми базового трактора. Управління бурово-крановим обладнанням здійснюється з кабіни трактора.

## **7.2. Машини для улаштування буронабивних паль**

На практиці все ширше застосовуються основи і фундаменти з буронабивних паль, при влаштуванні яких виключається деформація елементів несучих конструкцій будівель і споруд, розташованих поблизу від місця виконання робіт, і шум, що виникає при роботі молотів. Фундаменти з набивних паль мають більшу несучу здатність, ніж фундаменти із забивних паль. Їх широко застосовують у фундаментах опор мостів і несучих конструкцій каркасних будинків і споруд [1, 9, 16].

Технологічний цикл виготовлення буронабивних паль включає операції буріння стовбура свердловини під майбутню палю, виготовлення та встановлення каркасу палі, бетонування стовбура свердловини. Захист стінок свердловин від можливого обвалення при проходці свердловин у нестійких ґрунтах здійснюють звичайно за допомогою обсадних, що не вилучаються, або інвентарних, що вилучаються, труб, а також надлишковим тиском глинистого розчину або води. Найбільш трудомісткою і тривалою (55...60 % загального часу циклу) технологічною операцією є буріння стовбура свердловини, яке здійснюється за допомогою спеціальних (бурових) машин або навісного бурового обладнання, змонтованого на базі одноківшевих екскаваторів з гідравлічним і механічним приводом.

Для буріння свердловин діаметром 0,36...1,0 м без застосування обсадних труб під палюві основи і фундаменти будівель та споруд застосовують навісне бурове обладнання на серійних гідравлічних екскаваторах 4-ї і 5-ї розмірних груп, основним буровим інструментом якого служать змінні шнекові бури .

**Навісне бурове обладнання до екскаватора ЕО-4121Б** [16] призначене для буріння вертикальних і крутопохилих свердловин діаметром 0,36...0,63 м на глибину до 15 м під пальові фундаменти в немерзлих, сезонномерзлих і вічномерзлих ґрунтах, що містять до 45 % гравійно-галечникових включень з фракціями до 50 мм у поперечнику. Навісне бурове обладнання уніфіковано з буровим обладнанням бурово-кранової машини БКМ-1501 і монтується на кронштейні навішення у вигляді зварної рамної конструкції, прикріпленої до поворотної платформи екскаватора за допомогою двох цапф. До складу бурового обладнання входять двосекційна бурова щогла, гідроциліндри зміни кута нахилу щогли, механізми обертання і робочої подачі бура, спуско-підйомний механізм, телескопічна бурова штанга, змінний буровий інструмент і гідрообладнання. Навісне обладнання комплектується трьома короткошнековими бурами діаметром 0,36; 0,5 і 0,63 м, змінні різальні елементи яких (різці та забурники) армуються тврдосплавними пластинами. Для привода всіх механізмів бурового обладнання використовується насосна станція базового екскаватора. Управління навісним буровим обладнанням ведеться з кабіни екскаватора.

Для буріння свердловин під захистом обсадних труб при спорудженні буронабивних паль використовують бурове навісне обладнання ЕО-5123.50, яке навішується на екскаватор ЕО-5117, і вони разом утворюють **бурову машину БМ-3001** (рис. 7.6) [1, 16]. Навісне обладнання ЕО-5123.50 призначене для буріння свердловин діаметром до 1,3 м на глибину до 30 м з розширеною порожниною на кінці діаметром до 3,5 м під буронабивні палі, що зводяться як фундаменти промислових, цивільних і транспортних споруд, у тому числі під опори мостів. Буріння свердловин можна вести в мерзлих ґрунтах I...IV груп, що містять до 30 % гравійно-галечникових включень розміром до 50 мм і в сезонномерзлих ґрунтах міцністю до 300 ударів за щільноміром (ударником) ДорНДІ. Спосіб розроблення свердловин – обертальний або циклічний. Обертальне буріння свердловин ведеться ківшевыми і шнековими бурами діаметром 0,8; 1 і 1,3 м, циклічне – ударним або напірним грейфером.

Привод бурового обладнання – гідравлічний.

Бурове обладнання, навішане на екскаватор 13, включає гратчасту щоглу 6, телескопічну штангу 7, лебідку 1, обертач 10, комплект бурового інструменту, обсадне обладнання 14, гідроциліндри підйому-опускання щогли і переміщення обертача. У комплект бурового інструменту входять основний ківшевий 11 і шнековий бури, грейфер, ударне бурильне долото, бурильний розширювач, вставка і обичайки, комплект обсадних труб. Щогла 6 з оголовком шарнірно кріпиться у вушках поворотної платформи і переводиться з транспортного положення в робоче і назад за допомогою гідроциліндрів 12. Положення оголовка з відвідними блоками 5 регулюється канатом 2. На щоглі встановлені напрямні, по яких за допомогою довгоходового гідроциліндра 8 переміщається обертач бурового інструменту. У передній частині обертача є майданчик 9 з огороженням і сходами для обслуговування обертача і зручності монтажних робіт при зміні робочих органів.

Телескопічна штанга складається з трьох висувних секцій і одночасно передає робочому органу крутний момент від обертача і напірне зусилля. Штанга підвішена на канаті лебідки, барабан якої приводиться в обертання від двох гідромоторів через редуктор. Управління барабаном лебідки здійснюється за допомогою стрічкової фрикційної муфти і стрічкового гальма з гідравлічним приводом. Обертання штанзі з робочими органами надається від двох гідромоторів через одноступінчасті планетарні редуктори і відкриту зубчасту передачу, зубчасте колесо якої пов'язане з корпусом обертача через опорно-поворотний пристрій і з'єднується зі штангою за допомогою ярма. Обертач забезпечує також вдавлювання обсадних труб і штанги з робочим органом за допомогою довгоходового гідроциліндра.

При установленні грейферного обладнання бурову штангу з ярмом демонтують, а обертач використовують як напрямний стакан, що запобігає розгойдуванню грейфера при повороті на розвантаження.



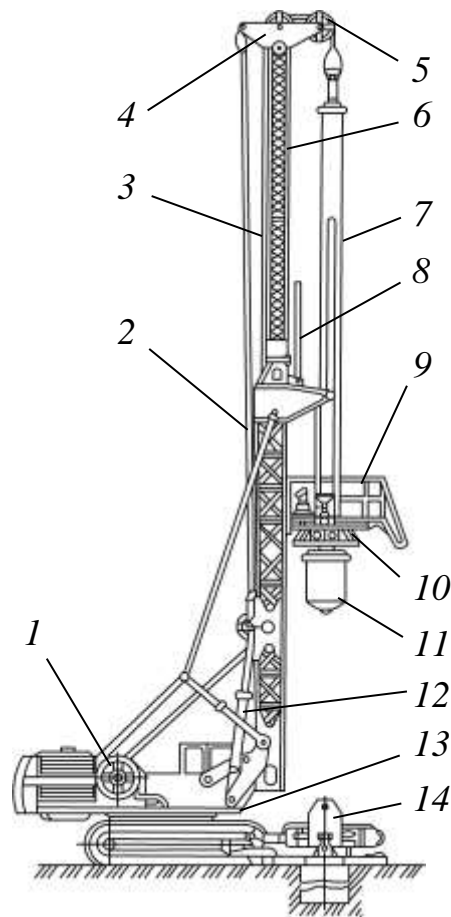


Рис. 7.6. Бурова машина важкого типу БМ-3001 на базі одноківшевого екскаватора:

1 – лебідка; 2 та 3 – канати; 4 – оголовок; 5 – відвідні блоки;  
6 – щогла; 7 – штанга; 8 та 12 – гідроциліндри; 9 – майданчик;  
10 – обертач; 11 – бур; 13 – екскаватор; 14 – обсадне обладнання

Розширювач забезпечує можливість розширення нижньої порожнини свердловини до діаметрів 2,65 і 3,5 м.

При проходці свердловин у вологонасичених ґрунтах зі значним вмістом гальки і валунів замість ударного грейфера використовують напірний штанговий грейфер, установлюваний на штангу замість бура.

Обсадне обладнання призначене для надання обсадним трубам розхитувальних рухів при їх зануренні, а також вилученні труб з ґрунту. Воно складається з основи, складеного хомута з гідроциліндром затиску, двох гідроциліндрів вертикального руху і гідроциліндра механізму хитання труб з водилом, що шарнірно з'єднане з хомутом. Для захоплення обсадних труб і

встановлення їх в обсадне обладнання служать змінні (залежно від діаметра труби) обичайки, що закріплюються на обертачі. Правильне (без перекосів) установлення обсадної труби в обсадному обладнанні здійснюється вкладишами відповідного діаметра. Управління буровим обладнанням ведеться з кабіни машиніста екскаватора.

### **7.3. Машини для безтраншейного прокладання комунікацій**

Прокладання підземних комунікацій різного призначення (газо- і водопроводу, каналізації, тепломережі, кабелів електропостачання і зв'язку тощо) в умовах міського будівництва часто доводиться виконувати під діючими автомобільними дорогами і залізницями, трамвайними коліями, міськими вулицями і площами, будівлями і спорудами з використанням безтраншейних (закритих) способів прокладання.

До найбільш поширених безтраншейних способів прокладання комунікацій належать: горизонтальне механічне буріння, прокол і продавливання, щитова проходка. При безтраншейному прокладанні зберігаються цілісність і нормальна робота доріг і вулиць, наземних і підземних споруд, що перетинаються, скорочуються об'єми земляних робіт (на 60...80 %), довжина трас комунікацій, терміни і вартість їх будівництва, яке можна вести цілорічно. Вибір оптимального способу безтраншейного прокладання визначається геометричними розмірами, призначенням і глибиною закладання комунікацій, розташуванням, протяжністю та ґрунтовими умовами її траси, характером споруд, які перетинаються, і діючих комунікацій.

**Способом горизонтального буріння** прокладають під автомобільними дорогами і залізницями трубопроводи і захисні футляри для розміщення в них робочих трубопроводів, кабелів та інших комунікацій. Буріння горизонтальних свердловин і прокладання в них трубопроводів проводять за допомогою спеціальних механізованих установок циклічної та безперервної дії. У міському будівництві широко застосовують уніфіковані установки горизонтального буріння УГБ (ГБ), які здійснюють



Установка утримується від перекидання і повороту супровідним краном-трубоукладачем 9, який пересувається уздовж траншеї зі швидкістю, рівною швидкості подачі машини в забій. Двигун з механізмами привода тягової лебідки і гвинтового конвеєра монтується на загальній рамі 6, установленій на задньому кінці труби-кожуха, що прокладається за допомогою змінних стяжних хомутів 11. Подача установки при бурінні свердловини здійснюється тяговою лебідкою з тяговим зусиллям до 80 кН через канатний поліспаст 4 змінної кратності (2...10). Рухома обойма 3 тягового поліспаста вмонтована в передню частину рами, а нерухома 5, орієнтована по осі траншеї, шарнірно кріпиться до якоря 2, забитого в ґрунт насипу.

Навантаження на тяговий поліспаст (зусилля подачі) визначається діаметром і довжиною труби-кожуха, що прокладається, її прямолінійністю, а також фізико-механічними властивостями ґрунту, що розробляється. Найбільші опори подачі установки в забій виникають при будівництві переходів у піщаних ґрунтах, що легко зазнають обвалення, при ліквідації зазора між трубою-кожухом і свердловиною. У приводі тягової лебідки є коробка передач, що забезпечує кілька (до 6) швидкостей обертання барабана і його реверс. Швидкість подачі вибирається відповідно до конкретних умов проходки і становить у середньому 2...5,5 м/год при будівництві переходів у середніх ґрунтах і 1,8...3,5 м/год – у важких.

Суше транспортування розробленого ґрунту із забою в траншею здійснюється гвинтовим конвеєром, що складається з труби-кожуха, всередині якої поміщений шнек, який не має проміжних опор. Довжина конвеєра відповідає протяжності переходу. До головної секції шнека кріпиться змінна фрезерна бурова головка, оснащена різцями з твердосплавними пластинками. Бурова головка здійснює буріння свердловини дещо більшого (на 30...50 мм) діаметра в порівнянні із зовнішнім діаметром труби-кожуха, яка прокладається, що дає змогу значно зменшити лобовий опір подачі установки в забій.

Оптимальна частота обертання шнека  $0,18...0,3 \text{ с}^{-1}$  при розробленні середніх ґрунтів і  $0,1...0,15 \text{ с}^{-1}$  – важких. В установках з гідромеханічною трансмісією швидкості подачі в забій і обертання бурової головки зі шнеком регулюються

безступінчасто залежно від конкретних умов проходки, що дає змогу автоматизувати роботу установок і підвищити їх продуктивність у 1,5...2 рази. Відповідно до розмірів труби-кожуха, що прокладається, кожна установка комплектується набором гвинтового конвеєра і фрезерними головками.

При прокладанні труб **способом проколу** [9] утворення свердловини здійснюється за рахунок радикального витіснення й ущільнення ґрунту (без його розроблення) трубою, що прокладається, пневмопробійником або розкатувачем ґрунту. Розрізняють прокол механічний (статичний) і вібропрокол. При механічному проколі трубі, що вдавлюється в ґрунт, надається поступальний рух від пристрою, що продавлює, або ж її протягують через готову свердловину, отриману за допомогою пневмопробійника або розкатувача ґрунту.

При вібропроколі застосоване вібрування наконечника труби, що прокладається (рідше самої труби) при одночасному вдавлюванні їх у ґрунт.

Механічний прокол застосовують для прокладання трубопроводів різного призначення діаметром до 426 мм у глинистих і суглинних ґрунтах, при максимальній протяжності проходок до 40...60 м. Як пристрої, що продавлюють, при механічному проколі зазвичай використовують насосно-домкратні установки. Натискні зусилля від насосно-домкратної установки передаються трубі, що прокладається, через її торець. Для зменшення лобового опору на кінці ведучої ланки трубопроводу встановлюють конічний наконечник, діаметр основи якого перевищує діаметр трубопроводу на 20...30 мм. Просуваючись у ґрунті, наконечник розсовує та ущільнює його, утворюючи свердловину.

**Вібропрокол** застосовують під час прокладання трубопроводів у піщаних, супіщаних і водонасичених ґрунтах, у яких не можна отримати стійку свердловину і тому механічний прокол дуже утруднений або практично неможливий через великі опори руху труби, затиснутої ґрунтом. Сутність вібропроколу полягає в тому, що трубі, яка прокладається (або її наконечнику) одночасно із зусиллям подачі надаються поздовжньо спрямовані вздовж її осі коливання, що різко зменшують (в 8...10 разів) тертя між ґрунтом і трубою, яка в ньому прокладається. Як збудники

поздовжньо спрямованих коливань використовуються вібратори спрямованої дії та вібромолоти, які, крім вібрації, надають трубі, що прокладається, ударних імпульсів. Віброзбудник (рис. 7.8, б) має парне число дебалансів 12, при обертанні яких у різні боки виникають змушуючі сили. Вертикальні складові  $F_B$  (рис. 7.8, в) цих сил взаємно знищуються, а горизонтальні  $F_G$ , спрямовані вздовж осі труби, додаються. Сумарна змушуюча сила вібратора визначається числом дебалансів, їх масою і частотою обертання, рівною частоті коливань вібратора. Основною частиною вібромолота є вібратор спрямованої дії, оснащений ударником 11 (рис. 7.8, б) і з'єднаний з ковадлом 13 пружинною підвіскою 14. Ударні імпульси виникають при зіткненні ударника з ковадлом, причому сила удару в кілька разів перевищує змушуючу силу вібратора.

На рис. 7.8, а, показана віброударна вдавлювальна установка для прокладання труб (кожухів) діаметром 273...426 мм. У комплект установки входять вібромолот 6 з приводним електродвигуном 7, анкерна рама 3 з секційними напрямними 4 для переміщення вібромолота, тягова реверсивна лебідка 2 з привантажним поліспастом 9, що розвиває вдавлювальне зусилля до 300 кН. Прокладувана труба 8 з конусним інвентарним наконечником 1 установлюється вільним кінцем у наголовники 10 вібромолота. Секції труб довжиною до 8 м послідовно занурюються в ґрунт під дією віброударних імпульсів і вдавлювального зусилля поліспасти. Прокладена труба з'єднується з черговою електрозварюванням. У процесі роботи установки можна за допомогою привантажного поліспасти регулювати натяг пружинної підвіски 5 вібромолота залежно від опору ґрунту зануренню труби, що прокладається, для забезпечення оптимального поєднання вдавлювального зусилля з найбільш ефективним ударним режимом.

Вібропроколом прокладають труби діаметром до 426 мм на довжину до 25...50 м. Швидкість проходки залежить від ґрунтових умов і діаметра труби, що прокладається, і становить у середньому 20...60 м/год.

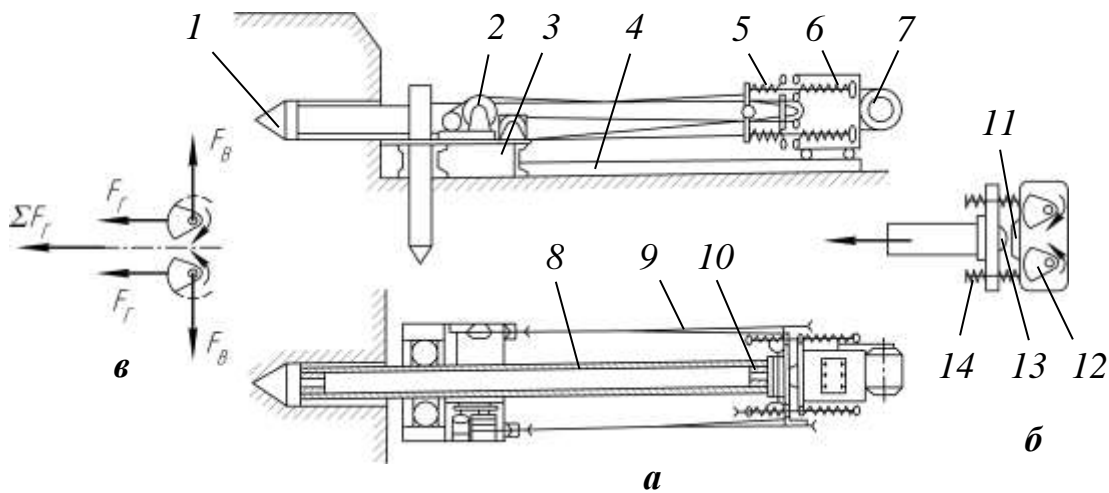


Рис. 7.8. Установка для вібропроколу:

- а – загальний вигляд; б – віброзбудник; в – силова схема дії віброзбудника; 1 – наконечник; 2 – лебідка; 3 – рама; 4 – напрямні; 5 – підвіска; 6 – вібромолот; 7 – електродвигун; 8 – труба; 9 – поліспаст; 10 – наголовник; 11 – ударник; 12 – дебаланси; 13 – ковадло; 14 – підвіска

**Продавлюванням** прокладають у ґрунтах I...III категорії сталеві трубопроводи діаметром 529...1720 мм, а також збірні залізобетонні колектори та тунелі різного призначення на довжину до 60...80 м [9]. При продавлюванні трубопровід (футляр) вдавлюють у масив ґрунту відкритим кінцем, оснащеним кільцевим ножом, а ґрунт, що надходить усередину головної ланки, розробляють і видаляють ручним або механізованим способом через трубопровід, що прокладається. Як продавлювальні пристрої застосовують насосно-домкратні установки, що включають парне число однотипних домкратів вантажопідйомністю 170... 500 т кожен з ходом штоків 1150...1600 мм. Зусилля від домкратів передаються трубі, що прокладається, через задній її торець за допомогою сталеві натискної рами (траверси) або сталевого натискного кільця, які рівномірно розподіляють тиск по периметру торця трубопроводу. Для передачі зусиль від домкратів на торець ланки труби після продавлювання трубопроводу в ґрунт на довжину ходу штоків домкратів застосовують натискні патрубкі. Довжина натискних патрубків повинна бути рівна або кратна довжині ходу штоків домкратів.

Розроблення ґрунту, що входить у відкритий кінець труби, виконують вручну (при великих її діаметрах) із застосуванням ручних машин ударної дії та шанцевого інструменту або за допомогою механічних робочих органів ківшевого, совкового і фрезерного типу, віброударних желонок і грейферів. Ручне розроблення ґрунту характеризується високими трудомісткістю, вартістю та малою продуктивністю. Видалення ґрунту з труб діаметром 500...800 мм здійснюється переважно гідравлічним способом. Для видалення ґрунту з трубопроводів більшого діаметра використовують вагонетки, бадді, човники, переміщувані за допомогою канатів і лебідок, самохідні електрокари та візки зі знімними чи саморозвантажувальними кузовами, стрічкові і скребкові конвеєри змінної довжини тощо.

Транспортні засоби завантажують вручну (при діаметрі труб 1000...1200 мм) або малогабаритними породонавантажувальними машинами. Щільні ґрунти перед вантаженням розрізають на брикети з допомогою різальних решіток, розміщених відразу ж за ножовим кільцем, розробляють вручну або малогабаритними автоматичними гідроекскаваторами. Незв'язні водонасичені ґрунти надходять на транспортувальні пристрої самостійно (без застосування ручної праці і машин) через люки сталевих діафрагм, що відокремлюють ножову секцію від інших секцій трубопроводу. Кількість ґрунту, що надходить, регулюється спеціальними затворами.

Продуктивність установок для проходок способом продавлювання залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, діаметра і протяжності трубопроводу, потужності домкратів, швидкості ходу їх штоків, а також від способу розроблення і видалення ґрунту і становить у середньому 0,5...1,5 м/год.

Установка для прокладання сталевих трубопроводів (футлярів) діаметром 1220 і 1420 мм на довжину до 60 м способом продавлювання з механізованим розробленням ґрунту (рис. 7.9) складається з чотирьох основних частин: насосно-домкратного агрегату для продавлювання трубопроводу, робочого органа для розроблення і видалення ґрунту, пристрою для передачі натискних зусиль домкратів і ножової секції 1 зі знімними ножами. Гідравлічні домкрати 13 і насосна станція 11



змонтовані на основній рамі 14. Натискні зусилля домкратів передаються на торець ланки трубопроводу, що прокладається 5, через натискну траверсу 9, шарнірно з'єднану зі штоками домкратів. При втягуванні (зворотному ході) штоки траверса повертається разом з ними у вихідне положення. Для передачі натискних зусиль трубі після її продавлювання на довжину ходу штока домкратів служить друга траверса 7, що пересувається по напрямній рамі 15, і натискні патрубки 8, довжина яких (1500 і 3000 мм) кратна ходу штоків домкратів. Реактивні зусилля домкратів сприймає опорний башмак 12.

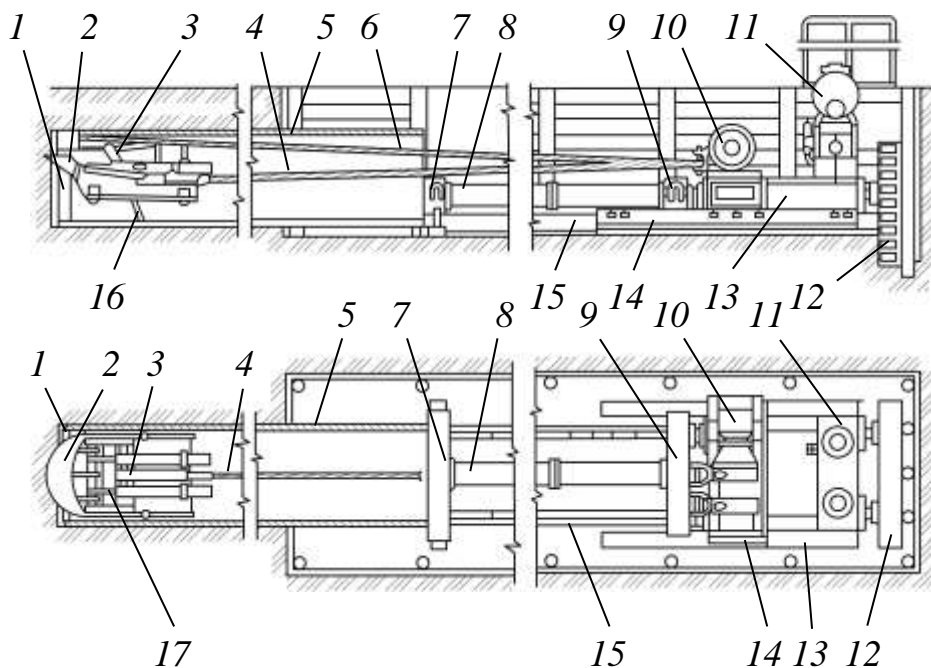


Рис. 7.9. Установка для прокладання трубопроводів продавлюванням з механізованим розробленням ґрунту  
 1 – ножова секція; 2 – ківш; 3 – важелі; 4 – тяговий канат;  
 5 – труба, що прокладається; 6 – робочий канат;  
 7 та 9 – траверси; 8 – натискний патрубок; 10 – лебідка;  
 11 – насосна станція; 12 – опорний башмак; 13 – гідравлічні домкрати;  
 14 – основна рама; 15 – напрямна рама; 16 – скребок-клапан; 17 – ланцюгова передача

Продавлювання виконують у такій послідовності. Спочатку головну ланку вдавлюють у ґрунт на довжину ходу штоків домкратів, а потім повертають штоки з траверсою 9 у вихідне

положення. У проміжок між траверсами 7 і 9 укладають на напрямну раму 15 натискні патрубкі 8 (довжина патрубка дорівнює ходу штоків домкратів) і повторюють цикл вдавнення. Після другого циклу раніше встановлені патрубкі замінюють іншими, довжина яких відповідає вже подвійному ходу штоків домкратів і т.д. Процес зміни натискних патрубків повторюється до тих пір, поки вся ланка не буде втиснута в ґрунт. Натискні патрубкі видаляють, і в простір, що звільнився перед домкратами, встановлюють на напрямні чергову ланку трубопроводу і зварюють її з попередньою. Змінний робочий орган складається з ковша 2 із суцільною різальною кромкою, що працює за принципом зворотної лопати екскаватора, механізму привода ковша і скребка-клапана 16 для видалення ґрунту з трубопроводу. Переміщення і дія робочого органа здійснюється двобарабанною лебідкою 10 з електроприводом за допомогою робочого 6 і тягового 4 канатів. При натягненні каната 6 пов'язаний з ним системою важелів 3 і ланцюговою передачею 17 ківш рухається зверху вниз і розробляє ґрунт, який зсипається в нижню частину труби, що прокладається. Видалення ґрунту здійснюється скребком-клапаном 16, який повертається відносно осі кріплення і пов'язаний з механізмом привода ковша. Скребок-клапан може відхилитися вгору і вбік устя свердловини при евакуації ґрунту. Установка комплектується двома змінними робочими органами для прокладання трубопроводів 1220 і 1420 мм і дає змогу забезпечити при роботі в піщаних, суглинних і глинистих ґрунтах швидкість прокладання до 8,4 м/змін.

### **Контрольні питання**

1. Коли в будівництві застосовуються бурові роботи?
2. Які виділяють способи буріння за технологією впливу на ґрунт? У чому полягають особливості їх застосування?
3. Які різновиди має механічне буріння за видом руху робочого органа?
4. Що таке бурово-кранові машини і як вони класифікуються?

5. Опишіть конструкцію і технологію роботи бурово-кранової машини на базі автомобіля КрАЗ-250.
6. Як влаштована бурово-кранова машина БМ-305?
7. У чому полягає особливість конструкції і роботи бурової машини на базі одноківшевого екскаватора?
8. Де застосовуються і як розрізняються машини для безтраншейного прокладання комунікацій?
9. Як влаштовані і працюють машини для прокладання комунікацій способом горизонтального буріння?
10. У чому полягає особливість прокладання підземних комунікацій способом проколу?
11. У чому полягає особливість конструкції і роботи машини для прокладання підземних комунікацій способом вібропроколу?
12. Як влаштовані і працюють машини для прокладання комунікацій способом продавлювання?

## 8. МАШИНИ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ

Після відсипання ґрунту в насип унаслідок його природного осідання, а також від впливу зовнішніх навантажень, переданих насипу наземними спорудами, транспортними засобами, що рухаються по ньому, тощо, з плином часу ґрунт частково змінює свою щільність, викликаючи осідання земляної споруди. Для отримання проектних розмірів земляної споруди в процесі будівництва після відсипання ґрунту його ущільнюють укочуванням, трамбуванням, вібрацією, віброукочуванням або вібротрамбуванням.

Від якості ущільнення ґрунтів значною мірою залежить міцність, стійкість, водонепроникність земляних споруд, і як результат довговічність споруд, які на них зводяться (будівель, автодоріг, залізниць тощо).

Ущільнення ґрунту – це процес його незворотного деформування шляхом зовнішнього силового впливу, у тому числі за рахунок гравітаційних сил, у результаті якого певна маса ґрунту зменшується в об'ємі шляхом видалення з його пор вільної води і повітря, а його густина підвищується. При цьому вода і повітря частково виходять на поверхню і частково переміщуються в ґрунті з більш напружених зон у менш напружені, у зв'язку з чим необхідна густина досягається багаторазовим повторним навантаженням. Найбільший ступінь ущільнення досягається на перших циклах навантаження і зменшується до кінця цього процесу.

Розпушення ґрунту перед його ущільненням сприяє виходу повітря і вільної води на поверхню без міграції цих компонентів у ґрунтовому масиві, завдяки чому необхідна щільність ґрунту може бути досягнута меншим числом повторних навантажень. Тому більшість способів ущільнення ґрунту є двоетапними, тобто включають розпушення шару, що ущільнюється, і власне його ущільнення.

Ступінь ущільнення ґрунтів оцінюють коефіцієнтом ущільнення, який дорівнює відношенню фактичної (або необхідної) щільності до її максимального стандартного значення, що визначається на спеціальному приладі. Залежно від відповідальності земляної споруди коефіцієнт ущільнення призначають з меж від 0,9 до 1.

Усі процеси, пов'язані із ущільненням ґрунтів, у будівництві повністю механізовані. Існує багато різновидів ґрунтоущільнювальних машин, які класифікуються на певні групи за різними ознаками. За принципом дії на ґрунт розрізняють ґрунтоущільнювальні машини [2, 16, 26 та ін.]:

- статичної дії – пошарово ущільнюють ґрунт укочуванням під дією власної ваги. Такі машини отримали назву – «коток»;

- динамічної дії – здійснюють пошарове ущільнення ґрунтів за рахунок вантажу, що падає (трамбування), або за рахунок змушуючого зусилля (вібрація);

- комбінованої дії – застосовують методи віброукочування, вібротрамбування і поєднання укочування із трамбуванням.

За типом робочого органа розрізняють ґрунтоущільнювальні машини із гладкими, кулачковими та ґрадчастими металевими вальцями, пневмокотки, комбіновані котки та плити.

За способом агрегування із силовою установкою розрізняють:

- самохідні машини;
- причіпні і напівпричіпні, переміщувані за тягачем;
- машини з навісними робочими органами;
- обладнання, що переміщується за рахунок імпульсних реактивних сил у результаті похилого силового впливу на ґрунт (віброплити).

### **8.1. Ущільнювачі статичної дії**

Ущільнення ґрунту укочуванням відбувається під статичним впливом ваги робочого органа котка – важкого вальця (барабана) або пневматичних коліс, які перекочуються з невеликою швидкістю по поверхні ґрунту, що ущільнюється. При цьому за кожен прохід котка ущільнюваний ґрунт набуває деякої залишкової деформації, величина якої в основному залежить від ваги котка і товщини шару ґрунту, що ущільнюється. При наступних проходах котка густина ґрунту збільшується, а його залишкова деформація зменшується. До кінця укочування залишкова деформація ґрунту практично стає рівною нулю, а досягнута при цьому густина ґрунту є для котка даної ваги максимальною, і подальше її збільшення може бути досягнуто лише котком більшої ваги.

Великий вплив на продуктивність котків чинить швидкість їх пересування. Найбільший технічний і економічний ефект досягається при застосуванні раціонального швидкісного режиму укочування. Перший і два останніх проходи слід здійснювати на малій швидкості (1,5...2,5 км/год), а всі проміжні – на великій.

Ущільнювачі статичної дії мають як робочі органи металеві вальці (гладкі або кулачкові) та пневматичні шини. Вони можуть бути самохідними, причіпними і напівпричіпними.

Причіпні котки з металевими вальцями переміщують по ущільнюваній поверхні за тягачем, зазвичай трактором, з розворотами на кінцях захваток для зворотного руху або човниковим способом, для чого тягач перечіпляють на протилежний бік котка.

**Причіпні котки з гладкими металевими вальцями** (рис. 8.1, а) [1] застосовують для ущільнення ґрунту шарами 0,15...0,2 м без розпушування його поверхні або з незначним розпушуванням на глибину 1...3 см (у незв'язних ґрунтах). Їх застосовують переважно для прикочування в 1...2 проходи поверхонь, ущільнених іншими котками. Складаються ці котки з пустотілого вальця 5 (рис. 8.1) циліндричної форми, який охоплює рама 3 з дишлом 2 і зчіпним пристроєм 1. Валець з'єднаний з рамою через підшипники 4 на торцевих шипах. Для збільшення маси котка, а отже, і підвищення тиску на поверхню укочування валець завантажують піском (баластом) через люк 7. Від налиплого на робочу поверхню ґрунту гладкі вальці очищають скребком 6, закріпленим на рамі.

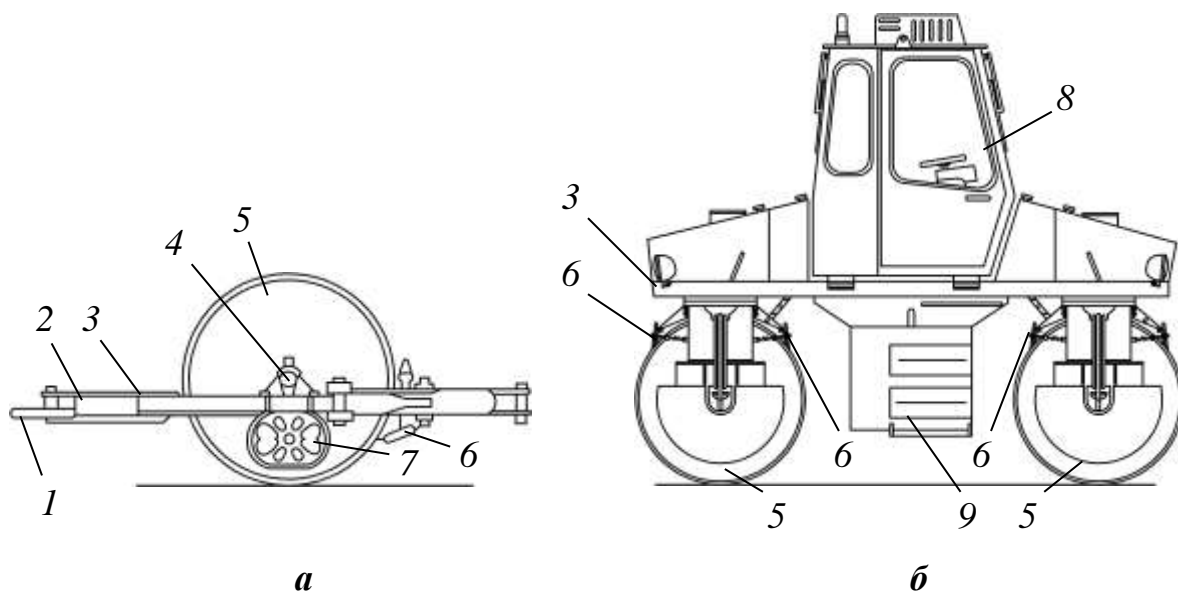


Рис. 8.1. Котки статичної дії з гладким металевим вальцем:  
 а – причіпний; б – самохідний; 1 – зчіпний пристрій; 2 – дишло;  
 3 – рама; 4 – опорний підшипник; 5 – валець; 6 – скребок;  
 7 – люк; 8 – кабіна управління; 9 – силова установка

**Самохідні котки з гладкими металевими вальцями** (рис. 8.1, б) призначені для пошарового ущільнення ґрунтів, гравійно-щебневих і стабілізованих матеріалів, а також для ущільнення основ і покриттів з асфальтобетонних сумішей. Вони мають власну силову установку 9, яка забезпечує їх пересування, а управління роботою машини здійснюється із кабіни 8.

Конструкція робочого органа причіпних і самохідних котків із гладкими вальцями аналогічна. У залежності від модифікації у самохідних котків приводними можуть бути один або два вальці 5. Є конструкції самохідних котків, які мають три ущільнювальні вальці. У котків ДУ-63-1ДМ, який показаний на рисунку, та у інших аналогічних котків обидва вальці виконуються поворотними. Рама котка включає в себе дві шворневі опори, що служать для встановлення і повороту вальців, дві ємності під змочувальну рідину, а також ємності під робочу рідину гідросистеми і під паливо. Силовий агрегат складається з двигуна і насосної станції з гідрообладнанням.

**Причіпні котки з кулачковими металевими вальцями** (рис. 8.2) [16, 39] мають будову, аналогічну гладковальцевим коткам, з тією відмінністю, що на поверхні вальця 5 у шаховому

порядку встановлені кулачки 4. З внутрішнього боку до поперечних балок рами 3 приварені скребки 6 для очищення вальця від налиплого між кулачками ґрунту.

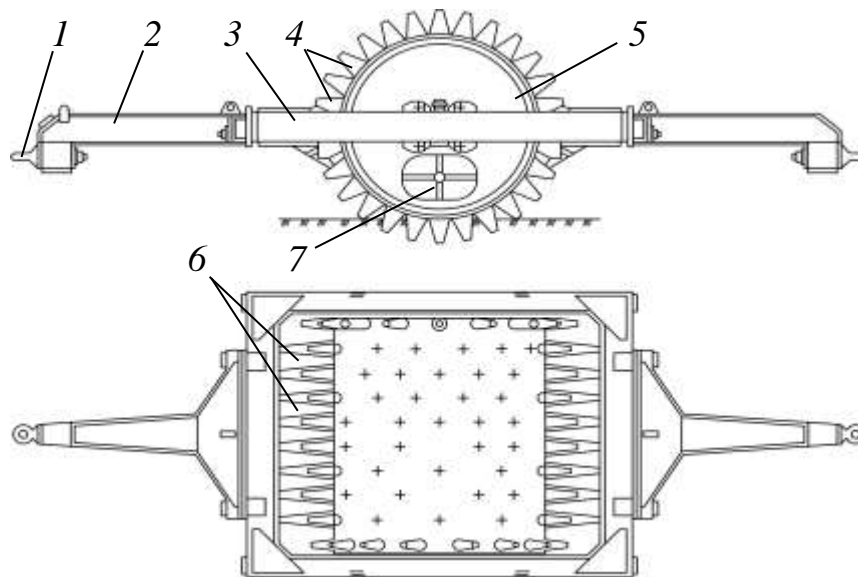


Рис. 8.2. Причіпний коток статичної дії

з кулачковим металевим вальцем:

- 1 – зчіпний пристрій; 2 – дишло; 3 – рама; 4 – кулачки;  
5 – валець; 6 – скребки; 7 – люк для баласту

Котки із кулачковими вальцями ущільнюють ґрунт проникаючи в нього кулачками, а на перших проходах також поверхнею вальця. По мірі ущільнення ґрунту кулачками на глибині при кожному новому проході їх проникання в ґрунт зменшується, унаслідок чого валець втрачає контакт з ущільнюваною поверхнею. Через високий контактний тиск у кінці ущільнення кулачки будуть не значно проникати в ґрунт, унаслідок чого на його поверхні залишиться розпушений шар, який при необхідності накочують гладкими вальцями.

На відміну від роботи гладких котків, коли від проходу до проходу ущільнений шар нарощується від поверхні вглиб, кулачки починають ущільнення на глибині, нарощуючи його в напрямку до поверхні. Кулачкові котки застосовують тільки для ущільнення пухких зв'язних, перезвожених та обводнених ґрунтів. При ущільненні ними незв'язних і малозв'язних ґрунтів відбувається викидання ґрунту кулачками вгору і в боки, унаслідок чого практично неможливо досягти необхідної густини.



Аналогічне призначення та схожу конструкцію робочих органів мають **напівпричіпні та самохідні котки із кулачковими вальцями** (рис. 8.3) [16, 29, 40]. Напівпричіпні котки (рис 8.3, а) агрегатуються із універсальним одновісним тягачем 1, з яким вони зчіпляються за допомогою пристрою 2. Сам коток складається із кулачкового вальця 6, рами 5 та дишла 4. Зміна напрямку руху котка здійснюється за допомогою гідроциліндрів 3. Для забезпечення необхідної ущільнювальної маси коток довантажується баластом через люк 7. Самохідний кулачковий коток (рис 8.3, б) – це звичайний дорожній коток на базі двовісного двовальцьового колісного тягача 8, у якого вальці з цільною металевою обичайкою замінені вальцями з кулачковою обичайкою 6. Передня напіврама 9 котка з'єднується з основною рамою тягача шарнірно 10 і може повертатися за допомогою гідроциліндрів 3, що забезпечує зручне управління котком.

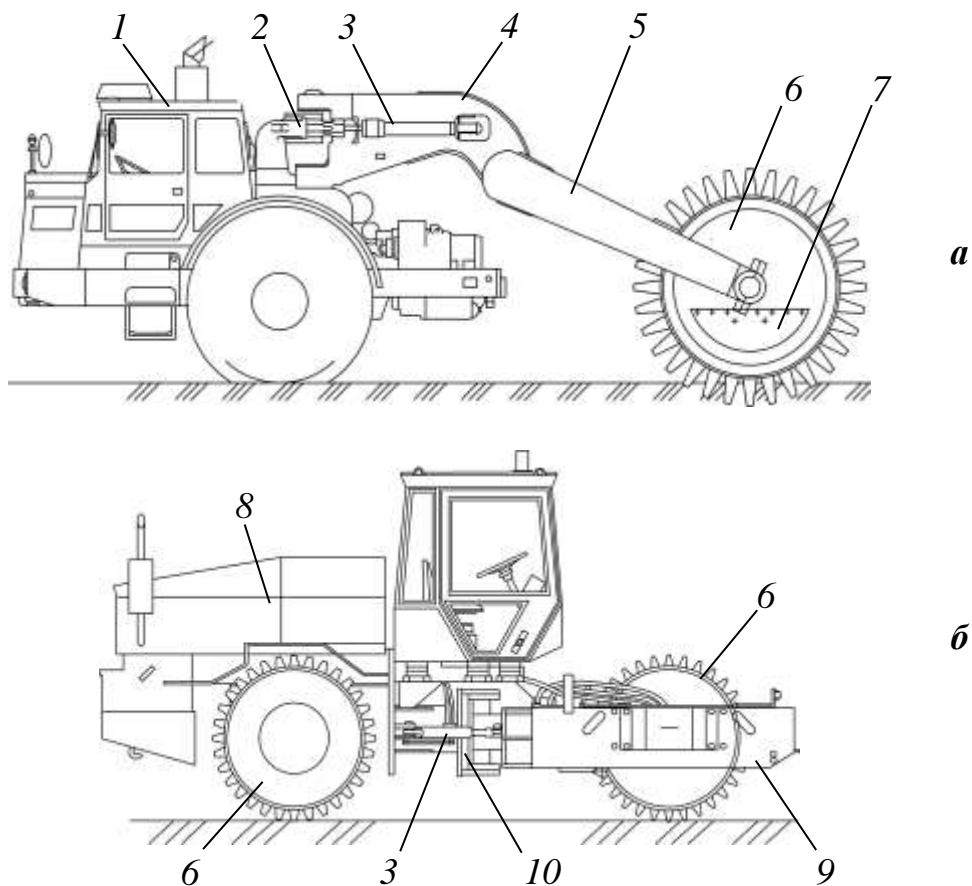


Рис. 8.3. Котки статичної дії з кулачковими металевими вальцями: а – напівпричіпний; б – самохідний; 1 – одновісний тягач; 2 – зчіпний пристрій; 3 – гідроциліндр повороту; 4 – дишло; 5 – рама; 6 – кулачковий валець; 7 – люк для баласту; 8 – силовий модуль; 9 – напіврама; 10 – шарнірне з'єднання

**Гратчасті котки** (рис. 8.4) [1] мають валець, обичайка якого виготовлена з прутків у вигляді ґрат з квадратними комірками, і працюють як кулачкові котки. Проникаючи в ґрунт прутками, ґратчасті котки ущільнюють його, починаючи з глибинних шарів. Їх застосовують для ущільнення грудкуватих і перезволожених зв'язних ґрунтів, включаючи розпушені мерзлі і скельні крупноуламкові ґрунти. У порівнянні з кулачковими котками такої ж ваги ґратчасті котки ущільнюють ґрунт на дещо більшу глибину.

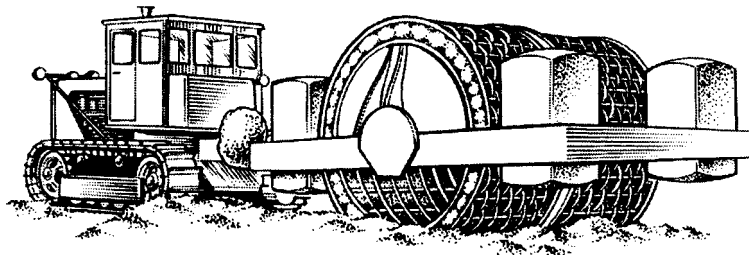


Рис. 8.4. Причіпний ґратчастий коток

Гратчасті котки, в порівнянні з кулачковими мають на 20...30 % меншу металоємність. Виготовляють їх як самохідними, так і причіпними. Для підвищення ефективності ущільнення ґрунту ґратчасті котки зазвичай навантажують баластом.

**Пневмоколісні котки** застосовують для ущільнення як ґрунтів, так і гравійних і щебених основ, а також чорних сумішей асфальтобетону. Перевагою цих котків перед котками з металевими вальцями є те, що при укочуванні кам'яних матеріалів вони не подрібнюють їх. Необхідний ступінь ущільнення досягається за 5...10 проходів при робочих швидкостях пересування 11...15 км/год. Для ущільнення ґрунтів більш ефективні шини великого діаметра з більшим допустимим навантаженням на кожну шину. Котки з автомобільними шинами використовують в основному для ущільнення малозв'язних і середньозв'язних ґрунтів, а з авіаційними шинами підвищеного тиску – для ущільнення важких суглинків і глин високої зв'язності.

**Причіпний пневмокоток** (рис. 8.5) [16] складається з рами 4 з дишлом 2 і зчіпним пристроєм 1 для з'єднання з тягачем (трактором або автомобілем), чотирьох – п'яти пневматичних коліс 5, з'єднаних з рамою однією віссю або через балансири, і одного або декількох (за числом коліс) баластних ящиків 6. При застосуванні в конструкції декількох баластних ящиків вони з'єднуються між собою передньою 3 і задньою 7 поперечними балками, а вісь кожного колеса кріпиться до днища відповідного баластного ящика так, що залежно від нерівностей поверхні, що укочується, з ґрунтом контактують усі колеса котка.

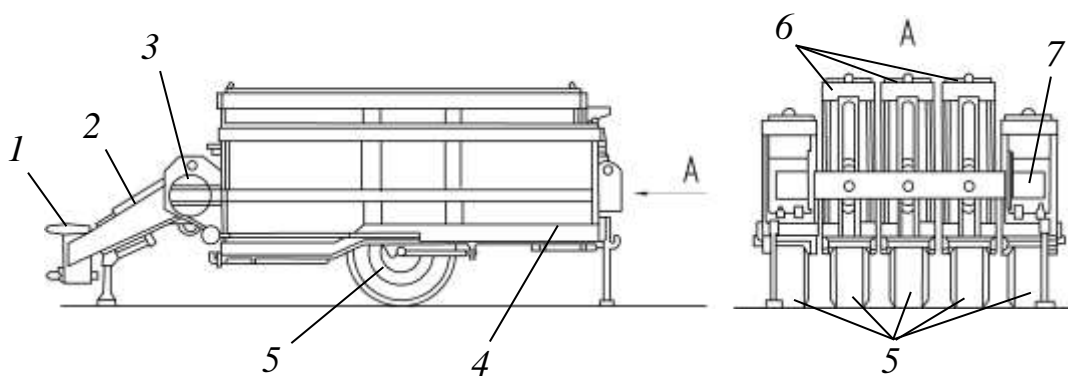


Рис. 8.5. Причіпний пневматичний коток:

- 1 – зчіпний пристрій; 2 – дишло; 3 – передня балка;
- 4 – рама; 5 – пневматичні колеса; 6 – баластні ящики;
- 7 – задня балка

**Напівпричіпні** (сідельні) котки агрегатують з колісними тракторами (рис. 8.6, а) [16, 29, 40] і одноосьовими тягачами (рис. 8.6, б). Робоче обладнання цих котків повністю уніфіковано з причіпними котками відповідного типорозміру і відрізняється від останніх тим, що спирається на сідельний пристрій тягача хребтовою балкою замість дишла. Промисловістю випускаються напівпричіпні котки трьох типорозмірів:

- легкі – масою  $15 \pm 3$  т;
- середні – масою  $30 \pm 6$  т;
- важкі – масою  $45 \pm 9$  т.

Вони відзначаються хорошою маневреністю і транспортабельністю, високою якістю ущільнення і високою продуктивністю.

Широко застосовуються самохідні пневматичні котки. На них встановлюють чотири задніх і три передніх колеса, розташовуючи їх у плані в шаховому порядку для перекриття суміжних смуг ущільнення. На котках, що працюють на укочуванні чорних асфальтобетонних покриттів, встановлюють шини з гладким протектором і пневматичні розпилювачі води для змочування й охолодження шин.

Самохідні пневмокотки застосовують для ущільнення ґрунтів і покриттів доріг. Їх поділяють за масою:

- на легкі – 10...15 т;
- середні – 20...30 т;
- важкі – 40...50 т.

Основним напрямком у розвитку прогресивних універсальних самохідних котків стало створення ряду комбінованих котків на базі уніфікованих модулів: силової установки з дизелем і насосною станцією, кабіни з органами управління та двох шарнірно зчленованих рам. Ходові пристрої складаються з ведучого моста з пневмоколесами й ущільнювального котка – з вальцями (гладкими, кулачковими або гратчастими).

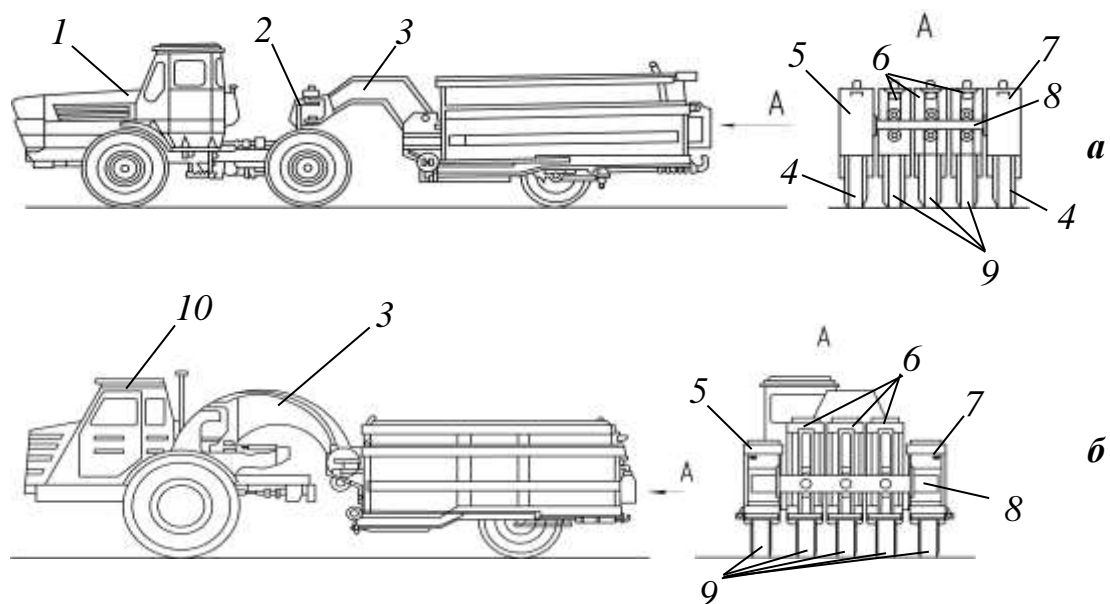


Рис. 8.6. Напівпричіпні пневматичні котки:

- 1 – двовісний тягач (трактор); 2 – сідельно-зчіпний пристрій;  
 3 – хребтова балка; 4 – гальмівні ущільнювальні колеса; 5 – лівий бункер; 6 – середні бункери; 7 – правий бункер; 8 – задня балка;  
 9 – ущільнювальні колеса; 10 – одновісний тягач

## 8.2. Грунтоущільнювальне обладнання вібраційної дії

Для ущільнення малозв'язних ґрунтів ефективно застосовувати вібраційні котки з гладкими, кулачковими або ґратчастими вальцями, всередині яких вмонтовано вібратор спрямованих коливань, що приводиться в рух від автономного двигуна, встановленого на рамі котка. Ефективність ущільнення досягається спільною дією на ґрунт гравітаційних і змушуючих сил, які генеруються вібратором, що дає змогу отримати необхідну щільність ґрунту при порівняно малій масі котка. Так, при ущільненні пісків шляхом вібраційного впливу маса котка може бути знижена приблизно в 5 разів, при супісках – у 2 рази, а при ущільненні середніх і важких суглинків лише на 10...30 %. Ефективність вібраційного впливу знижується зі збільшенням вмісту в ґрунті глинистих часток. Тому для ущільнення зв'язних і високозв'язних ґрунтів потрібно застосовувати досить важкі котки.

**Причіпні віброкотки** з гладкими кулачковими і ґратчастими вібровальцями (рис. 8.7) [16] призначені для ущільнення різних насипних ґрунтів. Котки з гладкими вальцями ефективно застосовувати для ущільнення незв'язних і малозв'язних ґрунтів, а кулачкові рекомендується використовувати при ущільненні важких зв'язних ґрунтів.

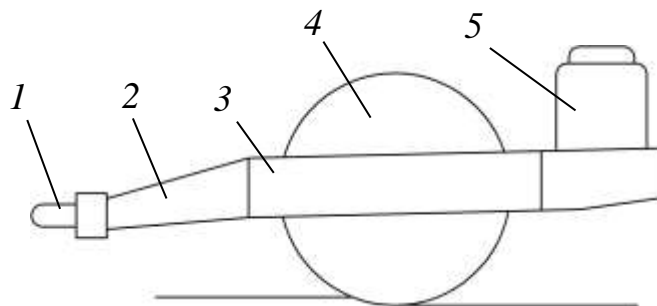


Рис. 8.7. Причіпний віброкоток:  
1 – зчіпний пристрій; 2 – дишло; 3 – рама;  
4 – вібровалець; 5 – двигун

Ґратчасті котки ефективно використовувати для ущільнення грудкуватих і змерзлих ґрунтів. Вібровалець установлений в охоплюючій його тяговій рамі з дишлом за допомогою гумових

амортизаторів. Збудник коливань вальця приводиться в рух від окремого двигуна внутрішнього згоряння, встановленого на рамі котка. Крутний момент від двигуна до вала віброзбудника передається через керовану муфту зчеплення і клинопасову передачу. Гумометалеві амортизатори служать для захисту двигуна і рами від дії вібрації. На рамі гладких і кулачкових віброкотків встановлюються скребки для очищення вальця або кулачків від ґрунту, що налипає. Вмикання і вимикання муфти двигуна здійснюється дистанційно з кабіни тягача.

**Самохідні віброкотки** (рис. 8.8) [29, 39, 40] призначені для ущільнення ґрунтів, а також ущільнення гравійно-щебених матеріалів дорожніх основ, у тому числі оброблених в'язучим матеріалом. Складаються такі котки, як правило, з одноосьового пневмоколісного тягача 1 із силовою установкою і кабіною 2, з яким шарнірно зчленований вібровалець 4 з охоплюючою рамою 3. Силовою установкою котка служить дизельний двигун з роздавальним редуктором і насосною станцією, що включає два насоси змінної продуктивності та насоси для підживлення гідросистеми і системи управління котком. Один з насосів змінної продуктивності живить гідромотори привода на хід тягача і вібровальця, а другий – гідромотор привода віброзбудника вальця 5. Застосування насосів змінної продуктивності дає змогу безступінчасто змінювати швидкості руху котка і виконувати плавне його реверсування.

Застосування насоса змінної продуктивності для привода гідромотора віброзбудника дає змогу змінювати параметри вібрації котка. Для ізоляції рами котка від дії вібрації встановлення вальця в рамі котка здійснено за допомогою гумових амортизаторів. На амортизаторах підвішена також і кабіна котка. Достатня оглядовість, наявність регульованого сидіння і кондиціонера створюють комфортні умови праці.

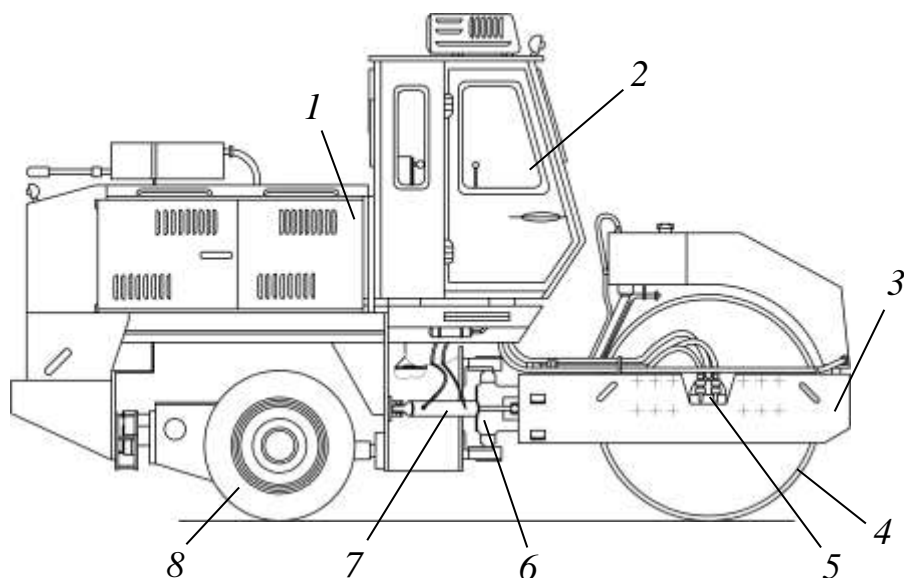


Рис. 8.8. Самохідний віброкоток:

- 1 – одноосьовий пневмоколісний тягач; 2 – кабіна;
- 3 – рама вібровальця; 4 – вібровалець; 5 – віброзбудник;
- 6 – шарнірне зчленування напіврам тягача і вібровальця;
- 7 – гідроциліндр управління поворотом котка;
- 8 – пневмоколеса тягача

**Віброплити** застосовують для ущільнення незв'язних і слабозв'язаних ґрунтів на обмежених поверхнях [26]. Ґрунт ущільнюють плитою-піддоном 1 (рис. 8.9, а, б), якому передаються коливання від дводобалансного вібратора 2.

Вібратор зазвичай установлюють на піддоні, а двигун 3, що приводить його в дію, або на тому ж піддоні, або на спеціальному підрамнику 4, який спирається на піддон через пружини 5 або гумові амортизатори. Першу схему називають одномасовою, а другу – двомасовою. Завдяки м'якій підвісці верхня частина двомасової віброплити не бере участі в коливаннях, але впливає на ґрунт своєю силою тяжіння. У результаті створюються сприятливі умови для роботи двигуна.

При одномасовій віброплиті вібратор установлюють на піддоні шарнірно з можливістю його відхилення вручну. При нахилі вібратора на кут від вертикалі (у випадку роботи на горизонтальній поверхні) виникає горизонтальна складова змушуючої сили. Якщо ця складова перевершить опір сил пересування, то плита почне переміщатися в напрямку відхилення вібратора від вертикалі.

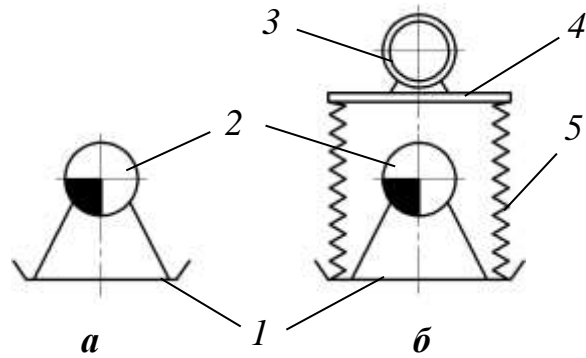


Рис. 8.9. Схеми віброплит:

а – одномасова; б – двомасова; 1 – плита-піддон; 2 – вібратор;  
3 – двигун; 4 – підрамник; 5 – пружини

Управляє віброплитою (рис. 8.10) оператор за допомогою рукояті, яка пов'язана з рамою через амортизатори. Напрямок самопересування віброплити змінюють поворотом рукояті. Сучасні віброплити продуктивністю 300...900 м<sup>3</sup>/год масою 150...1400 кг ущільнюють ґрунт на глибину 0,3...1 м.

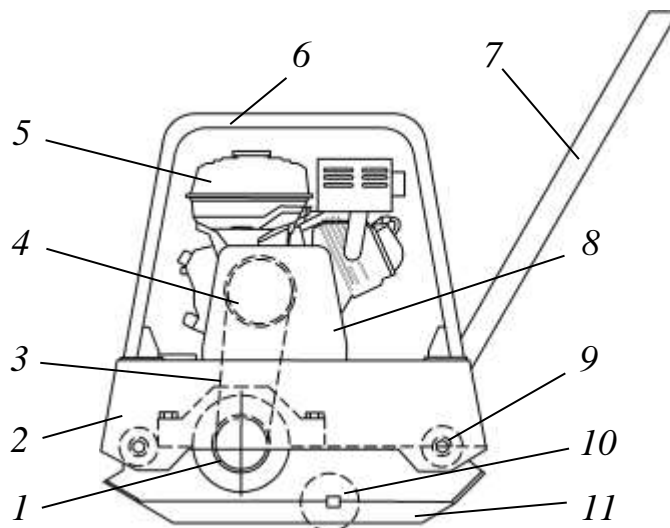


Рис. 8.10. Віброплита:

1 – вібратор; 2 – рама; 3 – пасова передача; 4 – муфта відцентрова; 5 – двигун; 6 – огороження двигуна;  
7 – рукоять; 8 – кожух пасової передачі; 9 – амортизатор;  
10 – колеса транспортувальні; 11 – робоча плита



Навісне **вібротрамбувальне** обладнання встановлюють на самохідні машини на базі гусеничного трактора (рис. 8.11) [1, 39]. Тут реалізується ударно-вібраційний спосіб ущільнення ґрунтів. Робоче обладнання складається з двох віброударних робочих органів, змонтованих на рамі 11, здатній переміщатися в поперечному напрямку на 0,5...0,7 м від сліду базового трактора для ущільнення ґрунтів поза смугою його руху, наприклад, у бровковій частині дорожнього насипу.

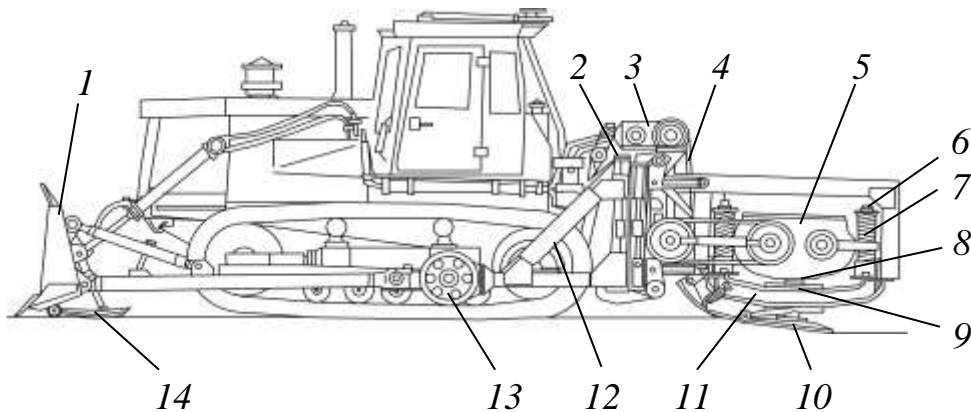


Рис. 8.11. Ударно-вібраційна машина:

- 1 – відвал; 2 – гідроциліндр підйому-опускання робочого обладнання; 3 – гідромотор-редуктор; 4 – клинопасова передача; 5 – вібромолот; 6 – напрямні; 7 – пружини; 8 – бойок; 9 – ковадло; 10 – трамбувальна плита; 11 – рама віброударного обладнання; 12 – рама навісного обладнання; 13 – амортизатор; 14 – плита планувальна

Вертикальні переміщення трамбувальної плити 10 генеруються вібромолотом 5, що приводиться гідромотором-редуктором 3 через двоступеневу клинопасову передачу 4. Вібромолот влаштований подібно вібратору спрямованих коливань і відрізняється від нього тим, що його корпус переміщається по вертикальних напрямних 6 з пружинами 7. У процесі цих переміщень, викликаних вимушеною силою обертових дебалансів, вібромолот ударяє бойком 8 у нижній частині свого корпусу по ковадлу 9, жорстко з'єднаному з трамбувальною плитою 10. Таким чином, трамбувальна плита сприймає ударні навантаження через ковадло, а вібраційні – через пружини 7 і напрямні 6, поєднуючи у впливі на ґрунт ефект трамбування і віброущільнення.

Робоче обладнання встановлюють на рамі 12, яку через амортизатори 13 шарнірно кріплять на лонжеронах гусеничних візків базового трактора. За допомогою гідроциліндра 2 робоче обладнання може бути встановлено в робоче положення або піднято для пересування машини в транспортному режимі. Ударно-вібраційну машину комплектують бульдозерним відвалом 1 і планувальною плитою 14 для розрівнювання ґрунту в смугі переміщеного сліду робочого органа.

Як змінне навісне робоче обладнання вібротрамбівки можуть бути встановлені також на стрілі крана або екскаватора (рис. 8.12). Вони призначені для проведення планувальних робіт, ущільнення різних матеріалів і підготовки майданчиків під будівельні роботи. Найбільш ефективно вони використовуються при ущільненні траншей, піщаних і гравійних поверхонь, талих ґрунтів, а також для підвищення щільності ґрунту при проведенні будівельних робіт. Для роботи вібротрамбівки необхідна наявність на екскаваторі додаткової гідравлічної лінії. Для полегшення монтажу вібротрамбівки на екскаватор їх додатково обладнують швидко роз'єднувачами. Підвішена до стріли екскаватора або крана вібротрамбівка вмикається при установленні її на ґрунт і відключається при її підйомі, тому динамічні навантаження не передаються на базову машину.

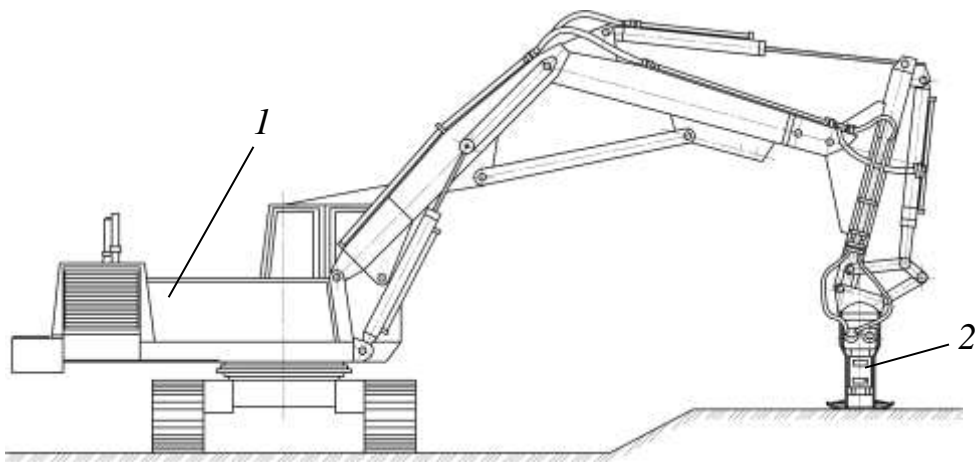


Рис. 8.12. Екскаватор із вібротрамбівкою:  
1 – базова машина; 2 – вібротрамбувальне обладнання

### 8.3. Трамбувальні машини

Трамбувальні робочі органи у вигляді чавунних або залізобетонних плит круглої або квадратної форми навішують на екскаватори або спеціально пристосовані для цього машини. У першому випадку як базова машина використовується одноківшевий екскаватор зі стрілою драглайна, до підйомного каната якого підвішують плиту масою 0,8...1,5 т з площею опорної поверхні близько 1 м<sup>2</sup>. Допоміжний канат з легким відтяжним вантажем запобігає закручуванню основного каната. Плиту піднімають на висоту 1,2...2 м, з якої її скидають відключенням від трансмісії барабана підйомної лебідки. Трьома – шістьма ударами плити об ґрунт досягають його ущільнення на глибину 0,8...1,5 м. Тривалість робочого циклу з урахуванням поворотних рухів екскаватора в плані становить приблизно 12...20 с, що визначає невисоку продуктивність цього способу.

**Самохідні трамбувальні машини** на базі гусеничного трактора (рис. 8.13) [1, 39] використовують для ущільнення ґрунтів на об'єктах з широким фронтом робіт. На машині встановлено дві чавунні плити масою 1,3 т кожна, що переміщаються по напрямних. Плити по черзі піднімаються і падають на ущільнювану поверхню при безперервному пересуванні базового трактора. У залежності від вмісту в ґрунті глинистих часток ущільнення ґрунту на глибину до 1,2 м досягається за 3...6 ударів плити по одному місцю при швидкості пересування трактора 160...320 м/год.

Електротрамбівки широко використовуються для механізації ущільнення ґрунту в обмежених місцях (у пазухах фундаментів, навколо колон та опор, при влаштуванні ґрунтових підсипань під підлоги будівель, засипанні траншей при прокладанні та ремонті підземних комунікацій тощо).

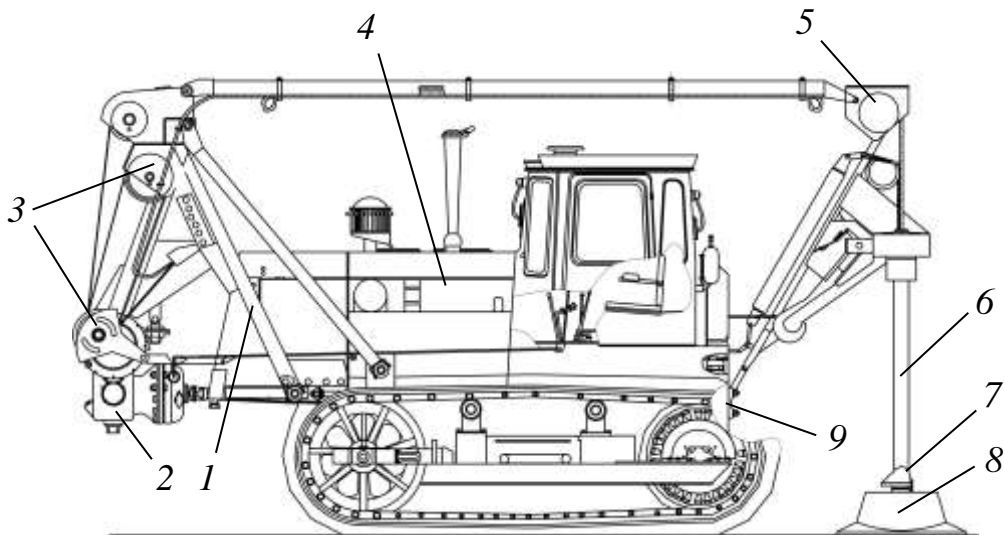


Рис. 8.13. Трамбувальна машина:

- 1 – передня підвіска; 2 – редуктор привода плит; 3 – кривошипно-поліспастичний механізм приво­ду плит; 4 – гусеничний трактор; 5 – задня підвіска; 6 – напрямні штанги; 7 – подовжувачі; 8 – трамбувальні плити; 9 – ходозменшувач

Як привод електротрамбівок застосовані вбудовані трифазні синхронні електродвигуни на 220 В. У цих трамбівках застосовані ударний механізм пружинного типу та динамічні гасителі вібрації корпусу. Електротрамбівки мають трамбувальний башмак, на якому закріплені два циліндри, що служать напрямними для робочих пружин. Пружини встановлені на штоках з попереднім натягненням. Штоки пружин жорстко з'єднані з повзунами кривошипно-шатунного механізму. На кривошипних валах установлені неврівноважені маси, що обертаються в різні боки, завдяки чому створюється результуюча відцентрових сил, що діє вздовж вертикальної осі трамбування і гасить коливання корпусу.

При обертанні електродвигуна кривошипно-шатунні механізми через ступінчасті штоки і пружини надають трамбувальному башмаку зворотно-поступального руху, і він у кінці кожного подвійного ходу вдаряє по ґрунту. Електробезпека обслуговуючого персоналу забезпечується вмиканням машини в мережу живлення послідовно через захисний вимикальний пристрій, що входить у комплект трамбівки.

## 8.4. Продуктивність ґрунтоущільнювальних машин

Експлуатаційна продуктивність ґрунтоущільнювальної машини безперервної дії  $\Pi_E^{г\у}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , визначається за формулою [35]

$$\Pi_E^{г\у} = \frac{3600 \cdot (B - \epsilon) \cdot \vartheta \cdot k_{\text{ч}} \cdot h}{n},$$

де  $B$  – ширина смуги ущільнення,  $\text{м}$ ;  
 $\epsilon$  – ширина перекриття суміжних смуг,  $\epsilon = 0,05 \dots 0,15 \text{ м}$ ;  
 $\vartheta$  – швидкість руху машини,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
 $k_{\text{ч}}$  – коефіцієнт використання машини за часом,  $k_{\text{ч}} = 0,8 \dots 0,9$ ;  
 $h$  – глибина активної зони ущільнення,  $\text{м}$ ;  
 $n$  – необхідна кількість проходів ущільнювача по одній смузі, яка залежить від характеристик ґрунту,  $n = 5 \dots 12$ .

### Контрольні питання

1. Що являє собою процес ущільнення ґрунтів?
2. Яке значення має якість ущільнення ґрунту для подальшого будівництва?
3. Як класифікуються ґрунтоущільнювальні машини за принципом дії на ґрунт?
4. Як класифікуються ґрунтоущільнювальні машини за способом агрегування із силовою установкою?
5. У чому полягають особливості конструкції і застосування котків статичної дії?
6. Які види ґрунтоущільнювального обладнання можуть мати котки статичної дії?
7. Як за галуззю застосування відрізняються котки статичної дії із різними видами робочого обладнання?
8. У чому полягає принцип роботи котків вібраційної дії?
9. Опишіть особливості конструкції і принцип дії віброплит.
10. Опишіть особливості конструкції і принцип дії ударно-вібраційної машини.
11. У чому полягають особливості конструкції і принципу застосування трамбувальних машин?
12. Від яких параметрів залежить продуктивність ґрунтоущільнювальних машин безперервної дії?

## 9. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПАЛЬОВИХ РОБІТ

При влаштуванні пальових фундаментів будівель і споруд різного призначення застосовують два види паль – забивні (готові) залізобетонні та металеві заводської готовності і буронабивні залізобетонні палі, улаштування яких здійснюється у вертикальних і крутопохилих свердловинах безпосередньо на місці проведення робіт, а машини для влаштування таких свердловин описані в розд. 7.2 цього посібника. При зведенні водозахисних огорож котлованів, колодязів і траншей використовують металевий і залізобетонний шпунт. Для занурення готових паль і шпунта застосовують палезанурювальні агрегати, копри і копрове обладнання із пальовими занурювачами ударної, вібраційної, віброударної, вдавлюючої і вібровдавлюючої дії і для загвинчування паль. Деякі види обладнання використовують також для вилучення з ґрунту раніше занурених елементів (палевисмикувачі) [1, 2, 16, 41 та ін.].

Технологічний цикл занурення готових паль включає операції захоплення й установаження паль у проектне положення, занурення паль палезанурювачами в ґрунт до проектною відмітки, переміщення палебійної установки до місця занурення чергової палі. Палезанурювачі різноманітні за конструкцією, видом споживаної енергії і принципом роботи.

За принципом роботи палезанурювачі діляться [9]:

- на машини ударної дії – молоти;
- машини вібраційної дії – віброзанурювачі;
- машини комбінованої дії – вібромолоти.

У свою чергу машини ударної дії за родом привода поділяються:

- на механічні молоти;
- пароповітряні молоти:
- простої дії;
- подвійної дії;
- дизельні молоти:
- штангові;
- трубчасті;
- гідравлічні молоти.

Вібромолоти поділяються на:

- високочастотні;
- низькочастотні.

## 9.1. Пальові молоти

Пальові молоти складаються з масивної ударної частини, що рухається зворотно-поступально відносно напрямної конструкції у вигляді циліндра (труби), поршня зі штоком, штанг тощо. Ударна частина молота завдає багаторазові удари по головці палі і занурює її в ґрунт. Напрямна частина молота оснащена пристроєм для закріплення і центрування молота на палі.

Робочий цикл молота включає два ходи – холостий (підйом ударної частини в крайнє верхнє положення) і робочий (прискорений рух ударної частини вниз і удар по палі). Основними параметрами пальових молотів є:

- маса ударної частини;
- найбільша енергія одного удару;
- найбільша висота підйому ударної частини;
- частота ударів на хвилину.

**Пароповітряні молоти** приводяться в дію енергією пари або стисненого до 0,5...0,7 МПа повітря [1, 9]. Розрізняють молоти простої односторонньої дії, у яких енергія привода використовується тільки для підйому ударної частини, яка здійснює потім робочий хід під дією власної ваги, і молоти двосторонньої дії, енергія привода яких надає ударній частині також додаткове прискорення при робочому ході, у результаті чого збільшується енергія удару і скорочується тривалість робочого циклу.

У молоті одиночної дії (рис. 9.1, а) поршень 3 через шток 2 з'єднаний з наголовником 1 палі, а ударною частиною є циліндр 4. Під дією стисненого повітря або пари, що подається в поршневу порожнину циліндра від компресора або паросилової установки, циліндр піднімається вгору, а після перекриття впускного трубопроводу і з'єднання поршневої порожнини з атмосферою (рис. 9.1, б) циліндр падає, б'ючи по наголовнику палі. Впусканням і випуском стисненого повітря (пари) управляють вручну, напівавтоматично або автоматично. Молоти з автоматичним управлінням працюють з частотою ударів 40...50 хв<sup>-1</sup>.

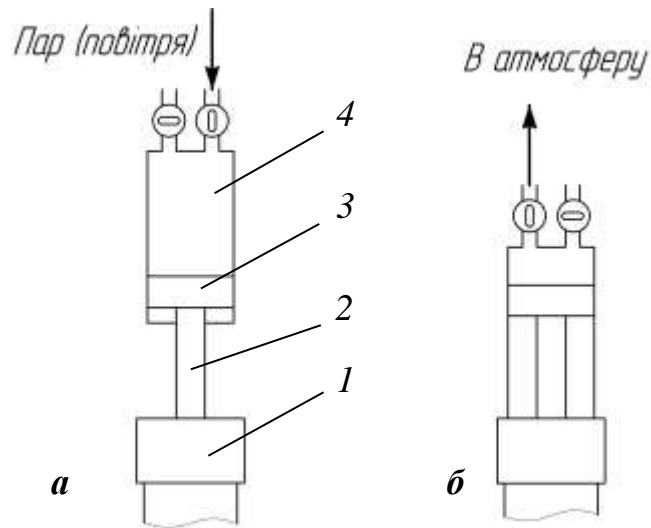


Рис. 9.1. Принцип роботи пароповітряного молота одиночної дії:  
1 – наголовник палі; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – циліндр

У молотах подвійної дії (рис. 9.2, а) ударною частиною є з'єднаний з поршнем 1 бойок 2, що рухається всередині циліндра 3. Стиснене повітря (пара) подається по черзі в нижню штокову і верхню поршневу (рис. 9.2, б) порожнини циліндра, забезпечуючи цим підйом поршня з бойком і його примусове падіння на ударну плиту – ковадло 4 з частотою  $3 \text{ с}^{-1}$ . У порівнянні з молотами одиночної дії описані молоти продуктивніші при меншому відношенні маси ударної частини до загальної маси молота, що не перевищує  $1/4$ , у той час як у молотів одиночної дії це відношення дорівнює в середньому  $2/3$ .

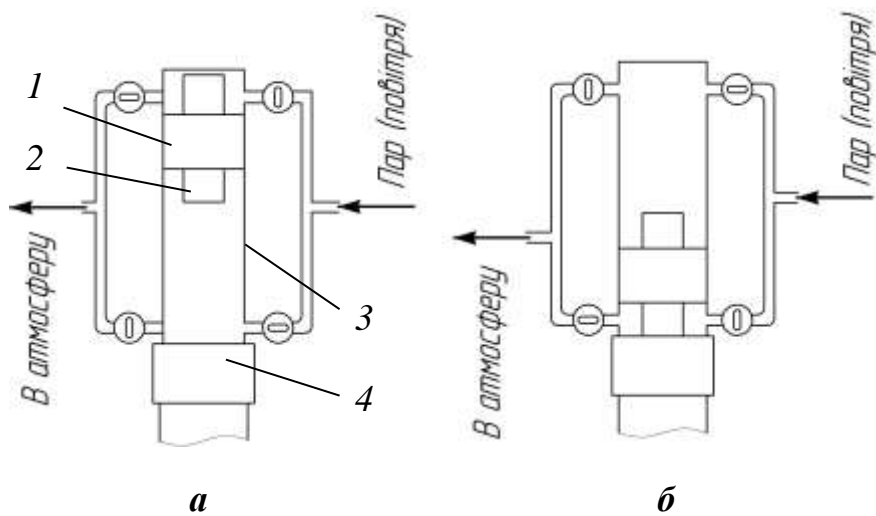


Рис 9.2. Принцип роботи пароповітряного молота подвійної дії:  
1 – поршень; 2 – бойок; 3 – циліндр; 4 – ковадло



Основними вузлами пароповітряного молота подвійної дії (рис. 9.3) [9, 16] є нерухомий закритий корпус, рухомий поршень зі штоком 6 і масивним бойком 3 (ударна частина) і автоматичний паророзподільний пристрій 5. Корпус молота складений з двох циліндрів: парового 1, у якому вміщено поршень 2, і напрямного 7 для бойка 3. Зверху корпус закритий кришкою з вушком для підйому й утримування молота, а знизу – ударною плитою (ковадлом) 8, що закріплюється на головці палі. Ковадло сприймає удари ударної частини і може переміщатися в незначних межах по вертикалі. Зворотньо-поступальний рух ударної частини молота здійснюється за рахунок попереминої подачі пари або стисненого повітря в надпоршневу або підпоршневу порожнини парового циліндра золотниковим розподільним пристроєм. Золотник 4 цього пристрою автоматично обертається навколо осі під дією пари (стисненого повітря), що надходить. Змінюючи тиск пари (стисненого повітря), що подається, можна регулювати енергію удару молота.

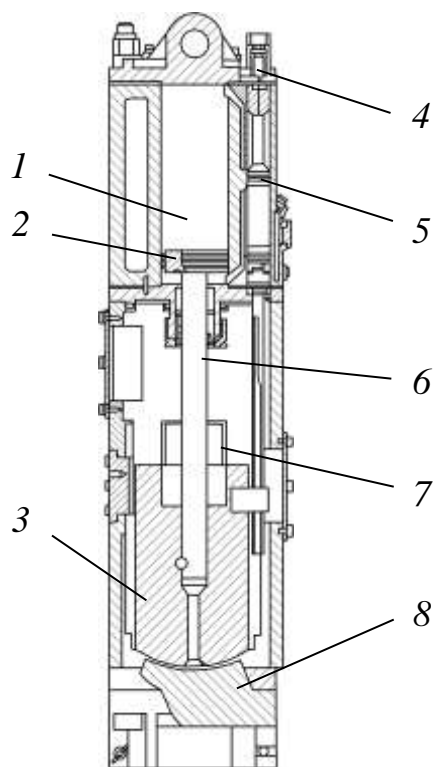


Рис. 9.3. Пароповітряний молот подвійної дії:  
 1 – паровий циліндр; 2 – поршень; 3 – бойок; 4 – золотник;  
 5 – паророзподільний пристрій; 6 – шток; 7 – напрямний  
 циліндр; 8 – ковадло

Пароповітряні молоти встановлюють на копрі або підвішують до гака стрілового самохідного крана. Їх можна використовувати для забивання як вертикальних, так і похилих паль, а також для виконання пальових робіт під водою. Основним недоліком пароповітряних молотів є їх залежність від компресорних установок або пароутворювачів.

**Гідравлічний молот** [9] працює за схемою пароповітряного молота подвійної дії з тією відмінністю, що замість повітря або пари в робочий циліндр подають рідину, для чого палебійний агрегат обладнують насосною установкою. Для надання ударній частині прискорення в момент удару до насоса під'єднують гідравлічний акумулятор, який заряджається під час зворотного ходу поршня. Гідравлічні молоти з масою ударної частини 210...7500 кг розвивають енергію удару від 3,5 до 120 кДж при частоті ударів 50...170 хв<sup>-1</sup>.

Для занурення паль на об'єктах міського будівництва широко застосовують енергетично автономні мобільні **дизель-молоти**, які являють собою прямодіючі двигуни внутрішнього згорання, що працюють за принципом двотактного дизеля. Вони отримали переважне поширення в будівництві завдяки енергетичній автономності, мобільності, простій і надійній конструкції і високій продуктивності.

За типом напрямних для ударної частини дизель-молоти діляться на трубчасті і штангові. У трубчастого дизель-молота напрямною ударної частини у вигляді масивного рухомого поршня служить нерухома труба, у штангового – напрямними ударної частини у вигляді масивного рухомого циліндра служать дві штанги. Розпилення дизельного палива в камері згорання у штангових молотів – форсункове, а у трубчастих – ударне. Дизель-молоти підвішуються до копрової стріли за допомогою захоплювачів і підйомно-скидального пристрою («кішки»), призначеного для підйому і пуску молота, прикріпленого до каната лебідки копрової установки.

Розрізняють легкі (маса ударної частини до 600 кг), середні (до 1800 кг) і важкі (понад 2500 кг) дизель-молоти.

**Штанговий дизель-молот** (рис. 9.4) [1, 9] складається з таких основних вузлів: поршневого блока з шарнірною опорою, ударної частини – рухомого робочого циліндра, двох напрямних

штанг з траверсою, механізму подачі палива і захоплювача – «кішки». Поршневий блок включає поршень 12 з компресійними кільцями, відлитий разом із основою 2. У центрі днища поршня встановлена розпилювальна форсунка 3, поєднана паливопроводом 13 з плунжерним паливним насосом 14 високого тиску (до 50 МПа), що живиться з паливного резервуара. Основа поршневого блока спирається на шарнірну опору, що складається зі сферичної п'яти 1 і наголовника 15. В основі закріплені нижні кінці напрямних штанг 4, верхні кінці яких з'єднані траверсою. По штангах переміщується масивний ударний циліндр 10 зі сферичною камерою згоряння в донній частині. На зовнішній поверхні циліндра укріплені штир (виступний стрижень) 11, що приводить у дію паливний насос 14 при падінні ударної частини вниз. Для запуску молота в роботу захоплювач–«кішку» 7, підвішений до каната 8 лебідки копра, опускають униз для забезпечення автоматичного зачеплення гака 6 за валик 5 ударного циліндра, після чого «кішку» і зчеплену з нею ударну частину піднімають лебідкою у верхнє крайнє положення. Далі поворотом вручну (через канат) важеля скидання 9 звільняють від «кішки» ударний циліндр і він під дією власної сили тяжіння ковзає по напрямних штангах униз. При насуванні циліндра на поршень 12 повітря, що міститься у внутрішній порожнині циліндра, стискається (в 25...28 разів) і температура його різко підвищується (до 600 °С). При натисканні штиря 11 циліндра на приводний важіль паливного насоса 14 дизельне паливо по паливопроводу 13 подається до форсунки 3 і розпилюється в камері згоряння, змішуючись з гарячим повітрям. При подальшому русі циліндра вниз гаряча суміш самозаймається, і в ту ж мить циліндр завдає удару по шарнірній опорі, наголовник 15 якої надітий на головку палі. Продукти згоряння суміші (гази), що розширюються, виштовхують ударну частину вгору і виходять в атмосферу. Піднімаючись, робочий циліндр швидко втрачає швидкість і під дією власної ваги починає знову падати вниз, і цикл повторюється. Дизель-молот працює автоматично до вимикання паливного насоса.

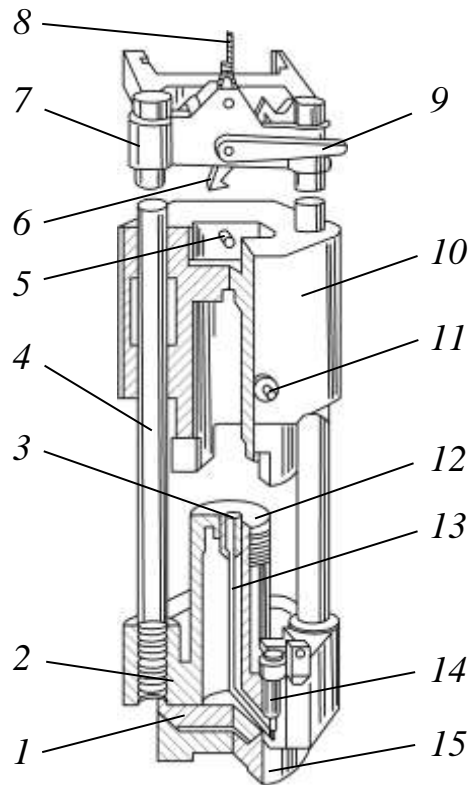


Рис. 9.4. Штанговий дизель-молот:

- 1 – п'ята; 2 – основа; 3 – форсунка; 4 – напрямні штанги;  
 5 – валик; 6 – гак; 7 – захоплювач; 8 – канат; 9 – важіль скидання;  
 10 – ударний циліндр; 11 – штир; 12 – поршень;  
 13 – паливопровід; 14 – паливний насос; 15 – наголовник

Штангові дизель-молоти мають малу енергію удару (25...35 % потенційної енергії ударної частини). Їх застосовують для забивання в слабкі і середньої щільності ґрунти легких залізобетонних і дерев'яних палей, сталевих труб і шпунта при спорудженні захисних шпунтових стінок траншей, котлованів і каналів. Штангові дизель-молоти випускаються з масою ударної частини 240 і 2500 кг, розвивають енергію удару відповідно 3,2 і 20 кДж при частоті ударів 50...55 на хвилину і ступені стиснення 16 і 25.

**Трубчасті дизель-молоти** призначені для забивання в ґрунт переважно залізобетонних палей масою 1,2...10 т і можуть працювати при температурі навколишнього повітря від +40 до -40 °С. При температурі нижче -25 °С молоти при запуску підігрівають.

Промисловість випускає п'ять моделей однотипних трубчастих дизель-молотів, що розрізняються між собою масою ударної частини, яка становить 1250, 1800, 2500, 3500 і 5000 кг.

Конструктивними і технологічними особливостями трубчастих дизель-молотів є застосування водяної системи охолодження, кільцевої камери згоряння типу «Тор» і примусового змащення.

Усі трубчасті дизель-молоти виконані за єдиною конструктивною схемою, максимально уніфіковані і складаються з таких основних вузлів (рис. 9.5) [9, 16]: ударної частини – поршня 4 з компресійними кільцями, змінного робочого циліндра 9 і напрямної труби 3, шабота 1, по якому завдає удар поршень, паливної та масляної систем, пускового пристрою – «кішки» 5 з підйомно-скидальним механізмом. У верхній частині напрямної труби є два вушка для кріплення каната при установленні молота на копер. Робочий циліндр герметично закритий знизу шаботом з компресійними кільцями, який передає енергію удару поршня на палю. До фланця шабота прикріплений пальовий наголовник. Між фланцями робочого циліндра і шабота встановлений кільцевий гумовий амортизатор, що запобігає жорсткому зіткненню корпусу циліндра і шабота при великих осадженнях палі. У неробочому стані робочий циліндр і шабот з'єднують планкою. Нижній торець поршня – сферичний і за формою відповідає виїмці в шаботі. При повному контакті сферичних поверхонь поршня і шабота (в момент удару) кільцева порожнина, утворена кільцевими виточками в їх сферах, являє собою камеру згоряння. Паливо у сферу шабота подається під тиском 0,3...0,5 МПа плунжерним насосом 8, яким управляє падаючий поршень, натискаючи на приводний важіль 7. До насоса паливо надходить по гнучких гумових шлангах з паливного бака 11. Порожнина робочого циліндра 9 зв'язана з атмосферою через чотири всмоктувально-вихлопних патрубки 2, спрямованих угору.

Змащення тертьових робочих поверхонь циліндра і поршня здійснюється примусово. Відведення тепла від стінок робочого циліндра при підвищених температурах навколишнього повітря здійснюється системою водяного охолодження циркуляційно-випарного типу, що складається з розташованого в зоні камери згоряння бака 10 для води із заливною та зливною горловинами.

У напрямній трубі з боку, зверненого до копра, є поздовжній паз, у якому переміщається підйомний важіль «кішки», що входить у зачеплення з поршнем при його підйомі при запуску молота.

Робота трубчастого дизель-молота здійснюється в такій послідовності. Перед пуском молота поршень 4 піднімається «кішкою» 5, підвішеною на канаті 6 лебідки копра в крайнє верхнє положення, після чого відбувається автоматичне розчеплення «кішки» і поршня (положення I). При вільному падінні вниз по напрямній трубі 3 поршень натискає на приводний важіль 7 паливного насоса 8, який подає дозу палива у сферичну виточку шабота 1 (положення II). При подальшому русі вниз поршень перекриває отвори всмоктувально-вихлопних патрубків 2 і починає стискати повітря в робочому циліндрі 9, значно підвищуючи його температуру. У кінці процесу стиснення головка поршня завдає удару по шаботу, чим забезпечується занурення палі в ґрунт і розпилення палива в кільцеву камеру згоряння, де воно самозаймається, перемішуючись з гарячим стисненим повітрям (положення III).

Частина енергії продуктів згоряння, що розширюються, – газів (максимальний тиск згоряння 7...8 МПа) передається на палю, виконуючи її додаткове (після механічного удару) занурення, а частина витрачається на підкидання поршня вгору на висоту до 3 м. Унаслідок впливу на палю послідовно двох ударів – механічного та газодинамічного – досягається висока ефективність трубчастих дизель-молотів. При русі поршня вгору (положення IV) газ, що розширюється, по мірі відкривання всмоктувально-вихлопних патрубків 2 викидаються в атмосферу. Через ті ж патрубки засмоктується свіже повітря при подальшому русі поршня вгору. Досягнувши крайнього верхнього положення, поршень починає вільно падати вниз, робочий цикл повторюється, і надалі молот працює автоматично до повного занурення палі.

Таким чином, протягом першого такту циклу роботи трубчастого дизель-молота відбувається продування циліндра, стиснення повітря, упорскування і розбризкування палива, а протягом другого – самозаймання гарячої суміші палива з повітрям і розширення продуктів згоряння, вихлоп відпрацьованих газів в атмосферу і засмоктування в циліндр свіжого повітря.

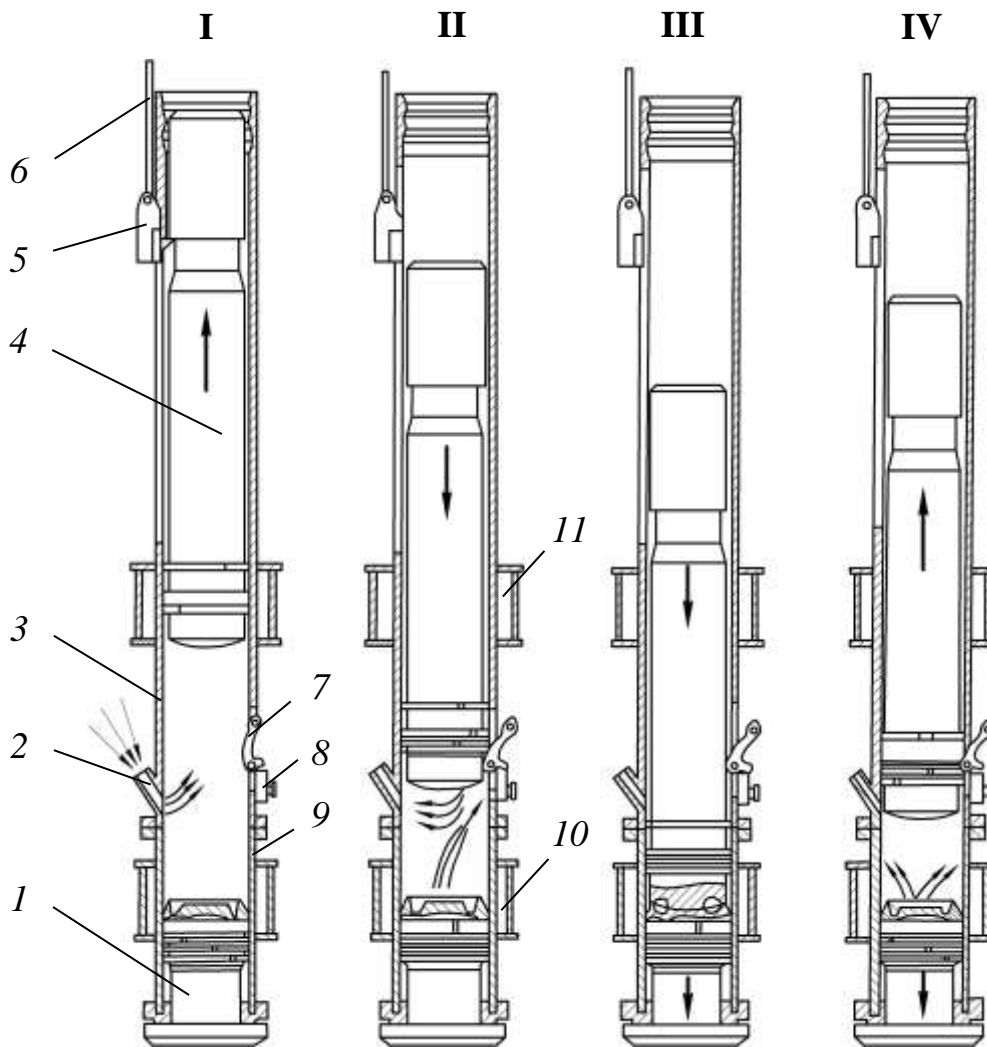


Рис. 9.5. Трубчастий дизель-молот:

1 – шабот; 2 – всмоктувально-вихлопний патрубок; 3 – напрямна труба; 4 – поршень; 5 – «кішка»; 6 – підйомний канат; 7 – приводний важіль; 8 – паливний насос; 9 – робочий циліндр; 10 – бак для води; 11 – паливний бак

Висота підскоку ударної частини дизель-молотів регулюється шляхом зміни кількості палива, яка упорскується насосом, що дає змогу змінювати величину енергії удару в залежності від типу палів і щільності ґрунту.

Трубчасті молоти більш ефективні, ніж штангові, оскільки при рівній масі ударної частини можуть забивати більш важкі (у 2...3 рази) палі за один і той же відрізок часу. Штангові дизель-молоти мають низькі енергетичні показники і невисоку довговічність (у 2 рази менша, ніж у трубчастих), тому їх застосування в будівництві досить обмежене.

Трубчасті дизель-молоти розвивають енергію удару 40...160 кДж при висоті підкидання ударної частини 3000 мм і ступеня стиснення 15. Число ударів у хвилину – 42.

Загальним недоліком дизель-молотів є велика витрата енергії на стиснення повітря (50...60 %) і тому порівняно невелика потужність, що витрачається на забивання палі. Маса ударної частини дизель-молота підбирають залежно від маси занурюваної палі і типу застосовуваного молота. Так, маса ударної частини штангового дизель-молота повинна бути не менше 100...125 %, а трубчастого – 40...70 % від маси палі, що занурюється в ґрунт середньої щільності.

## **9.2. Віброзанурювачі та вібромолоти**

Віброзанурювачі надають елементам (палі, шпунту, трубі), що занурюються в ґрунт, спрямовані уздовж їх осі коливання певної частоти і амплітуди, завдяки чому різко знижується коефіцієнт тертя між ґрунтом і поверхнею занурюваного елемента. Вони застосовуються для занурення в піщані і супіщані водонасичені ґрунти металевого шпунта, двотаврових балок, труб, залізобетонних паль і оболонок, а також вилучення їх з ґрунту. Складовими частинами віброзанурювача є електродвигун, віброзбудник і наголовник [2, 9].

Жорстке з'єднання віброзанурювача з занурюваним елементом забезпечується змінним наголовником з механічним або гідравлічним захоплювачем.

Як віброзбудники використовуються вібратори спрямованої дії з парною кількістю (чотири, шість або вісім) горизонтально розташованих паралельних валів з дебалансами, які синхронно обертаються в різних напрямках.

Загальна маса дебалансів на кожному валу однакова. Дебалансні вали приводяться в обертання одним або двома електродвигунами спеціального віброударостійкого виконання через пасову, ланцюгову або зубчасту передачі.

Головним параметром віброзанурювачів є встановлена потужність електродвигунів. До основних параметрів належать змушуюча сила, статичний момент дебалансів, амплітуда і частота коливань. Змушуюча (відцентрова) сила віброзбудника,



що виникає при обертанні дебалансів, досягає максимального значення при їх вертикальному розташуванні і спрямована вздовж осі елемента, що занурюється. При горизонтальному розташуванні дебалансів їх відцентрові сили взаємно врівноважуються [9]. Величина змушуючої сили віброзанурювача  $F$ , кН, залежить від сумарної маси  $m$  дебалансів, відстані їх від центра маси до осі обертання (ексцентриситету)  $e$  і кутової швидкості дебалансних валів  $\omega$ :  $F = m \cdot e \cdot \omega^2$ . Амплітуда коливань  $a$ , мм, являє собою відношення статичного моменту дебалансів  $M$  ( $M = m \cdot e$ ) до маси конструкції, що коливається  $m_k$  (тобто  $a = M / m_k$ ). Частота коливань  $n$  віброзбудника дорівнює частоті обертання дебалансних валів.

Розрізняють низькочастотні ( $n < 10$  Гц) і високочастотні ( $n > 16,6$  Гц) віброзанурювачі.

**Низькочастотні віброзанурювачі** використовують для занурення в однорідні слабкі ґрунти масивних залізобетонних оболонок і паль довжиною до 12 м. Вони характеризуються значною амплітудою коливань, порівняно великими статичними моментами дебалансів, змушуючою силою і загальною масою, малою частотою коливань.

Конструкції низькочастотних віброзанурювачів досить різноманітні. Наприклад у віброзанурювачів типу ВП (рис. 9.6, а) [9] віброзбудник, приводний електродвигун 5 і наголовник 2 палі 1 жорстко з'єднані між собою. У корпусі віброзбудника у сферичних підшипниках обертаються кілька пар дебалансних валів з дебалансами 3. Рух дебалансним валам, що обертаються попарно в різні боки, передається від електродвигуна через проміжну шестірню 6 і систему синхронізуючих циліндричних шестерень 4, закріплених на валах.

Для кріплення на стрілі копра корпус віброзанурювача оснащений чотирма напрямними роликками 7. Кожен віброзанурювач комплектується пультом управління з пусковою і захисною апаратурою.

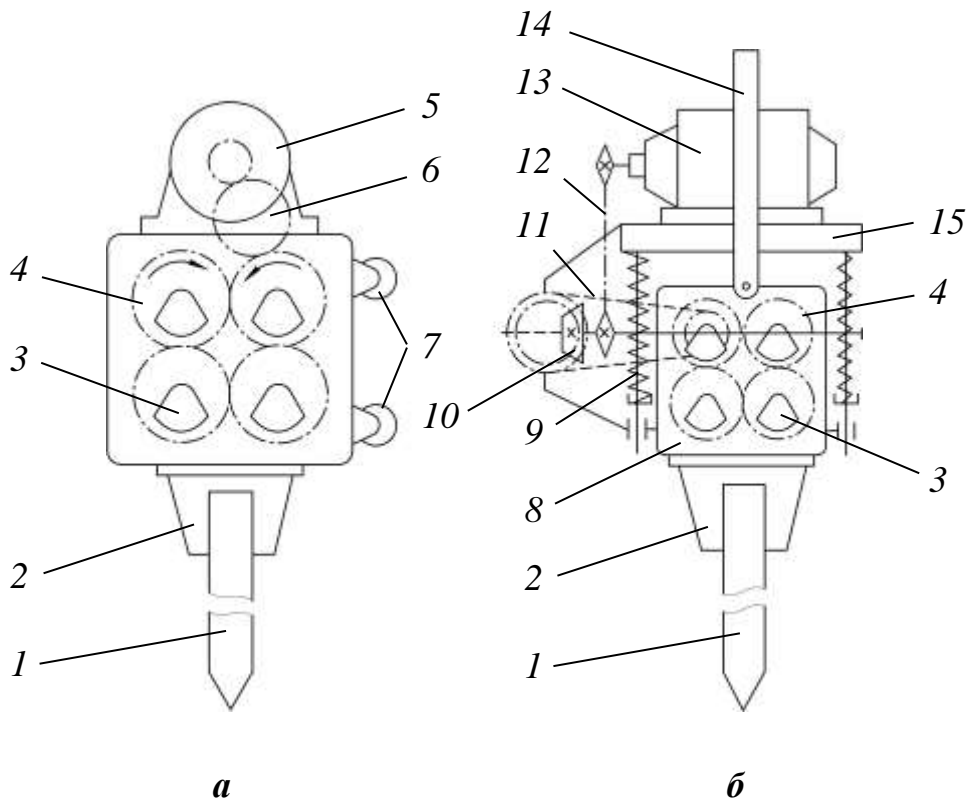


Рис. 9.6. Віброзанурювач:

а – низькочастотний; б – високочастотний; 1 – паля;  
 2 – наголовник; 3 – дебаланси; 4 – синхронізуючі шестерні;  
 5 та 13 – електродвигуни; 6 – проміжна шестірня; 7 – напрямні ролики; 8 – вібратор; 9 – амортизуючі пружини; 10 – конічний редуктор; 11 та 12 – ланцюгові передачі; 14 – підвіска;  
 15 – привантажувальні плити

Віброзанурювачі типу ВРП з регульованими параметрами оснащені системою автоматичного управління режимом занурення різних паль і паль-оболонок, яка забезпечує плавне регулювання змушуючої сили, статичного моменту дебалансів, амплітуди і частоти коливань, залежно від опору ґрунту. Частота обертання дебалансів регулюється командоконтролером, а статичний момент – шляхом переміщення рухомої частини дебалансів за допомогою гідросистеми занурювача. Віброзанурювачі мають отвір для очищення внутрішньої порожнини палі-оболонки від ґрунту в процесі занурення.

**Високочастотні віброзанурювачі** [1, 9, 16] застосовують для занурення в малозв'язні ґрунти елементів з малим лобовим опором: шпунта, труб та профільного металу довжиною до 20 м. У порівнянні з низькочастотними високочастотні віброзанурювачі мають значно менший статичний момент дебалансів (не більше 60 кН·см) і відповідно меншу (до 10...14 мм) амплітуду коливань. Конструкції високочастотних віброзанурювачів мають мало відмінностей.

Високочастотний віброзанурювач (рис. 9.6, б) включає чотиривальний вібратор 8, приводний електродвигун 13 з коротко-замкнутим ротором, установлений на пружних привантажувальних плитах 15 і наголовник 2. Наявність між електродвигуном і вібратором амортизуючих пружин 9 дає змогу істотно зменшити шкідливий вплив вібрації на електродвигун: у процесі занурення коливання здійснюють тільки вібратор і паля 1.

Змінюючи число привантажувальних плит, а отже, і масу вантажу, що створює необхідний тиск на занурюваний елемент, підбирають оптимальні режими вібрацій, що сприяють найбільш ефективному зануренню у відповідне ґрунтове середовище елемента із заданими параметрами. Привод чотиривального вібратора здійснюється через вертикальну ланцюгову передачу 12, конічний редуктор 10, горизонтальну ланцюгову передачу 11 і систему синхронізуючих шестерень 4, закріплених на дебалансних валах з дебалансами 3. Кожен дебаланс віброзанурювача складається з двох частин, що дає змогу регулювати його статичний момент зміною взаємного розташування частин. Установлення дебалансів у заданому положенні здійснюється за допомогою пружних фіксаторів. При роботі віброзанурювач підвішується на гаку вантажопідйомного пристрою за допомогою підвіски 14.

Віброзанурювачі у 2,5...3 рази продуктивніші від пароповітряних і дизельних молотів; вони зручні в управлінні і не руйнують занурювані елементи. Основними їх недоліками є непридатність для занурення паль (шпунта) у зв'язні маловологі ґрунти і порівняно невеликий термін служби електродвигунів.

**Вібромолоти** [16] надають занурюваним елементам як вібраційних, так і ударних імпульсів і забезпечують ефективно занурення в щільні ґрунти металевого шпунта довжиною до 13 м, металевих паль і труб довжиною до 20 м. Конструкції вібромолотів мають мало відмінностей. Деякі типи молотів можуть працювати як в ударному, так і в безударному режимах залежно від жорсткості пружної системи, параметрів вібратора, опору ґрунту зануренню тощо.

Вібромолоти використовують також для занурення залізобетонних паль в однорідні водонасичені ґрунти та вилучення з ґрунту труб, паль і шпунта.

Основними елементами вібромолота є підпружинена ударна частина, нижня привантажувальна плита і наголовник. Ударна частина являє собою (рис. 9.7) [9] двовальний безтрансмісійний віброзбудник 6 спрямованих вертикальних коливань з ударником 7. У корпусі віброзбудника змонтовані два електродвигуни, на паралельних валах яких синхронно обертаються в різних напрямках закріплені дебаланси 5 з регульованим статичним моментом. Ударна частина і нижня плита 8 з ковадлом 4 з'єднані між собою робочими пружинами 3. Наголовники 2 з'єднуються із занурюваним елементом 1 жорстко або надівається на нього вільно без закріплення. При обертанні дебалансів ударник 7 віброзбудника, що коливається, завдає часті (до 24 Гц) удари по ковадлу 4, яке встановлено вільно на нижній плиті молота і передає удари безпосередньо занурюваному елементу. Режим роботи вібромолота (енергія і частота ударів) регулюють у процесі його роботи шляхом зміни зазора між ударником і ковадлом, домагаючись у кожному окремому випадку найбільшої продуктивності машини.

Вібромолоти характеризуються тими ж параметрами, що і віброзанурювачі, а також енергією і частотою ударів.

Вібромолоти мають сумарну потужність електродвигунів 14...80 кВт, максимальну змушуючу силу 112...180 кН, частоту ударів 8...12 Гц.

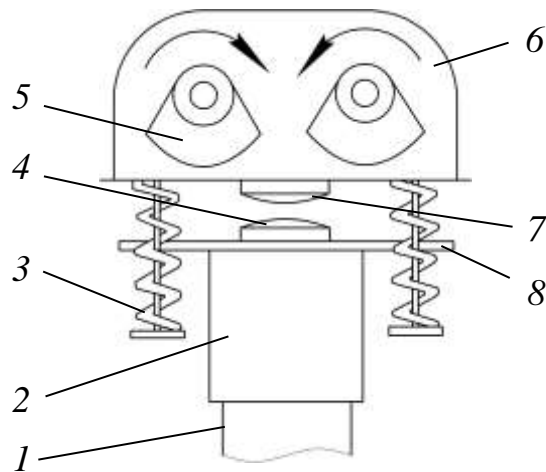


Рис. 9.7. Принципова схема будови вібромолота:  
 1 – паля; 2 – наголовник; 3 – пружини; 4 – коваadlo;  
 5 – дебаланси; 6 – вібророзбудник; 7 – ударник; 8 – нижня плита

Енергія удару  $E$ , Дж, визначається як [9]

$$E = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2 \cdot (1 - R)},$$

де  $m$  - маса ударної частини молота, кг;  
 $\vartheta$  - ударна швидкість вібромолота, м/с ( $\vartheta < 2$  м/с);  
 $R$  - умовний коефіцієнт відновлення швидкості при ударі  
 ( $-1 \leq R \leq +1$ ).

Вібронавантажувачі та вібромолоти працюють у комплексі з копром або стріловим самохідним краном відповідної вантажопідйомності.

### 9.3. Копри та копрові установки

Пальові молоти, віброзанурювачі, вібромолоти та інші занурювачі паль є змінним обладнанням копрів і самохідних (на базі самохідних машин) копрових установок, призначених для підтягування паль з місця їх розкладання до місця занурення, установлення паль під необхідним кутом нахилу в заданій точці занурення, для установлення палезанурювача на палю, спрямування палезанурювача і палі при зануренні, а також

переміщення копрового агрегату в зоні проведення робіт. Крім того, копрами занурюють палі-оболонки кільцевого перерізу діаметром 0,5...2,5 м і завдовжки до 30 м, що складаються з ланок завдовжки 3...8 м, а також металевий шпунт спеціального коритного або Z-подібного профілю довжиною до 25 м.

Основними параметрами копрів і копрових установок є [9]:

- вантажопідйомність  $Q$  – найбільша сумарна маса підвішеної палі, наголовника і палезанурювача;
- висота щогли  $H$  – відстань від опорної площини копра до осі верхнього вантажного блока;
- виліт щогли  $L$  – відстань від осі обертання поворотної платформи копра до вертикальної осі занурюваної палі;
- поздовжній інсталяційний нахил щогли  $\alpha$  – кут між поздовжньою віссю щогли і вертикаллю в поздовжній площині симетрії копра;
- поперечний інсталяційний нахил  $\beta$  – кут між поздовжньою віссю щогли і вертикаллю в поперечній площині симетрії копра;
- колія  $K$  ходового пристрою копра;
- загальна маса  $m$  копра з противагою тощо.

Головним параметром вітчизняних копрів, що входить до їх індексу, є максимальна довжина занурюваних паль (до 8, 12, 16, 20 і 25 м). Так, наприклад, індекс КН-12 розшифровують як копер навісний для паль довжиною до 12 м; КР-16 – копер рейковий для паль довжиною до 16 м.

Копри виконуються пересувними на рейковому ходовому пристрої і можуть бути безрейковими. Для забивання паль і шпунта у воді застосовують плавучі копри.

За ступенем рухомості робочого обладнання копри поділяються:

- на універсальні – мають на повноротній платформі устаткування для занурення паль із змінним вильотом, поздовжнім і поперечним робочим нахилом копрової щогли для занурення вертикальних і похилих паль;
- напівуніверсальні – мають на поворотній платформі устаткування для занурення вертикальних паль або здійснюють тільки робочий нахил копрової щогли для занурення похилих паль;

- прості – для занурення вертикальних паль, які не мають механізмів повороту платформи, зміни вильоту і робочого нахилу копрової щогли.

Щогли копрів складені з декількох уніфікованих секцій, що дає змогу при необхідності міняти їх довжину.

У міському будівництві застосовують універсальні і напівуніверсальні рейкові копри з електричним і електрогидравлічним приводом, що пересуваються по спеціально влаштованій рейковій колії. У їх конструкціях використовуються складальні одиниці і механізми будівельних баштових кранів.

**Рейкові копри** мостового типу, здатні з великою точністю занурювати залізобетонні палі довжиною 8...12 м, застосовують для виконання масових зосереджених обсягів пальових робіт при влаштуванні збірних фундаментів і ростверків, а також при зведенні будівель і споруд на слабких і водонасичених ґрунтах. Індивідуальні електричні приводи механізмів пересування моста і копрового візка включені в єдину координатно-крокову систему автоматичного наведення палі в точку занурення з програмним або напівавтоматичним управлінням, що забезпечує високу якість виконання пальових робіт. У залежності від прийнятої технології робіт копер комплектують пальовим молотом, віброзанурювачем або вібромолотом.

Якщо розміри і конфігурація пального поля такі, що з однієї установки рейкової колії не можна занурити в ґрунт усі палі, то для роботи використовують кілька копрів, що працюють кожен на своїй рейковій колії, або перекладають колію після виконання робіт на нове місце. Після переміщення копра його надійно стопорять стоянковими гальмами або іншими пристроями.

**Самохідні копрові** установки являють собою навісне та змінне копрове устаткування, змонтоване на гусеничних тракторах, екскаваторах та вантажних автомобілях. Такі установки є енергетично автономними, мають повну механізацію допоміжних операцій, достатньо мобільні і маневрені, і мають високі техніко-економічні показники.

Найбільше поширення в міському будівництві отримали універсальні і напівуніверсальні навісні **копрові установки, що базуються на тракторах** класу тяги 10...15. Їх використовують

для занурення паль довжиною до 8...12 м при зведенні фундаментів у великопанельному і каркасно-панельному домобудівництві, цегляних будівель цивільного та промислового призначення. Копрове устаткування навішується збоку або ззаду базової машини.

Нахил палі в поздовжній і в поперечній вертикальних площинах здійснюється гідравлічними циліндрами. Для підвішування палезанурювача (пального молота) з наголовником, підтягування та устанавлення палі у вихідне для занурення положення використовують канатно-блокові системи з гідравлічним приводом. При задньому розташуванні копрового обладнання управляють ним з робочого майданчика з правого боку по ходу трактора. При боковому розташуванні копрового обладнання управління ним здійснюється як із кабіни машиніста, так і з виносного пульта.

Для підготовки до перебазування копра з нього знімають пальовий молот, а копрову стрілу посекційно складають. На невеликі відстані копер переміщують власним ходом, а на далекі перевозять на трейлері.

Послідовність забивання паль визначають так, щоб сумарний час переїздив копра від палі до палі був мінімальним. Найбільший ефект за цією умовою досягається при лінійному забиванні паль, коли машина рухається по осі пального ряду.

Для підвищення поздовжньої стійкості копра при його пересуванні пальовий молот опускають на стрілі в його нижнє положення, а стрілу (при її задньому розташуванні) дещо нахилиють по ходу трактора вперед. У випадку роботи в котловані перед вїздом і виїздом з нього копер переводять у транспортне положення. Виїжджають з котловану заднім ходом.

У самохідної **копрової устанавки на базі канатного екскаватора 1** (рис. 9.8) змінна копрова стріла 3, яка несе дизель-молот 4, навішується на ґратчасту кранову стрілу 2 і з'єднується з поворотною платформою екскаватора телескопічною розпіркою 5. При забиванні паль копрова стріла встановлюється у вертикальне положення і забезпечує занурення паль на виліт від осі обертання екскаватора до 4...6 м. Підйом і опускання дизель-молота здійснюється вантажною лебідкою екскаватора через двократний поліспаст. Довжина копрових стріл 10...25 м, з їх допомогою занурюють палі довжиною 7...20 м.



Копри на базі канатних екскаваторів застосовують переважно для забивання палей довжиною до 16 м у котлованах і траншеях, розташовуючи їх на бровках виїмок. За рахунок повороту платформи базового екскаватора такі копри мають велику робочу зону, завдяки чому вони можуть занурювати кілька палей з однієї робочої позиції. У порівнянні з тракторними копрами, що переміщуються на нову позицію після занурення кожної палі, екскаваторні копри витрачають менше часу на виконання операцій робочого циклу і тому мають більш високу продуктивність при інших рівних умовах. Найбільш ефективно використання екскаваторних копрів при кущовому розташуванні палей. Копри на базі екскаваторів при роботі в однорідних ґрунтах середньої щільності і прохідності можуть занурювати за зміну до 25...30 палей завдовжки 8 м, до 15...20 палей завдовжки 12 м і до 8...12 палей завдовжки 16 м.

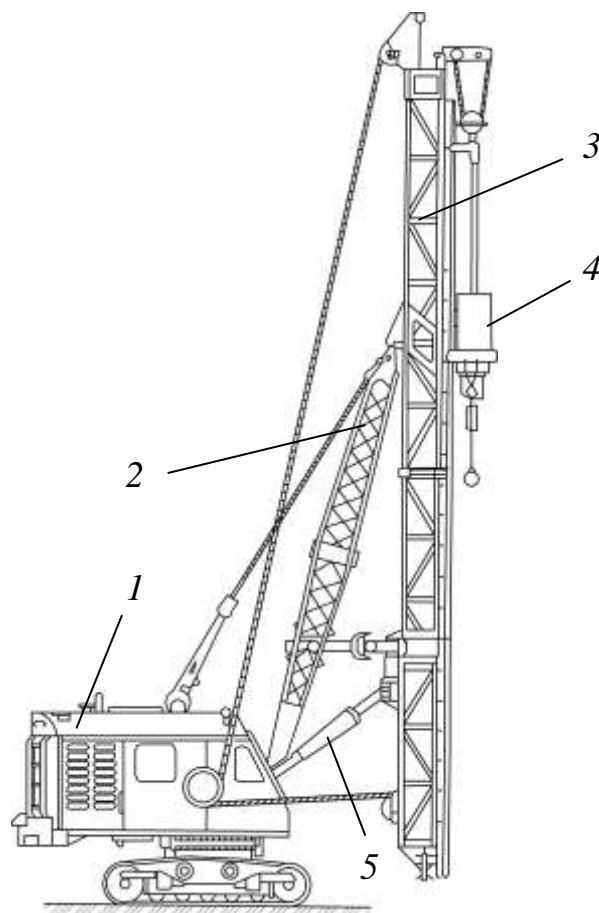


Рис. 9.8. Копер на базі канатного екскаватора:  
1 – екскаватор; 2 – кранова стріла; 3 – змінна копрова стріла;  
4 – молот; 5 – телескопічна розпірка

**Копри на автомобільній базі** [9] застосовують переважно на розосереджених пальових роботах малих обсягів у радіусі до 200 км, зокрема, в будівництві технологічних трас, у трубопровідному і сільськогосподарському будівництві при довжині палі до 8 м. Автомобільними копрами занурюють також пробні палі при інженерно-геологічних вишукуваннях, контрольних дослідженнях, прив'язці і коригуванні проектів пальових фундаментів. Конструктивно копрове устаткування подібне до того, що навішується на гусеничні трактори.

У разі міжоб'єктних переїздів копрове обладнання укладають у транспортне положення протягом 10...15 хв без розбирання, зняття молота і застосування вантажопідйомних засобів. Середня експлуатаційна продуктивність автомобільних копрів при роботі з палями довжиною 6...8 м у ґрунтах середньої щільності і прохідності складає 18...22 палі в зміну.

**Гідравлічний копер** (рис. 9.9) [9] базується на гідравлічному екскаваторі 14 п'ятої розмірної групи, на якому замість екскаваційного обладнання змонтована ґратчаста стріла 7 з гіроциліндрами 13 підйому й опускання. На стрілу навішена копрова щогла 6 з оголовком 4 і нижньою опорою 12. Установлення щогли в задане положення здійснюється гідроциліндрами 11.

На копровій щоглі змонтовані: вантажна лебідка 5, гакова підвіска 3 лебідка 9 переміщення гідромолота 2, шнековий бур 10 з приводом 8 для буріння лідерних свердловин під палі 1 у міцних і мерзлих ґрунтах.

У порівнянні з навісними копрами з дизель-молотами гідравлічні копри мають вищу продуктивність, маневреність, транспортабельність і безпечність роботи.

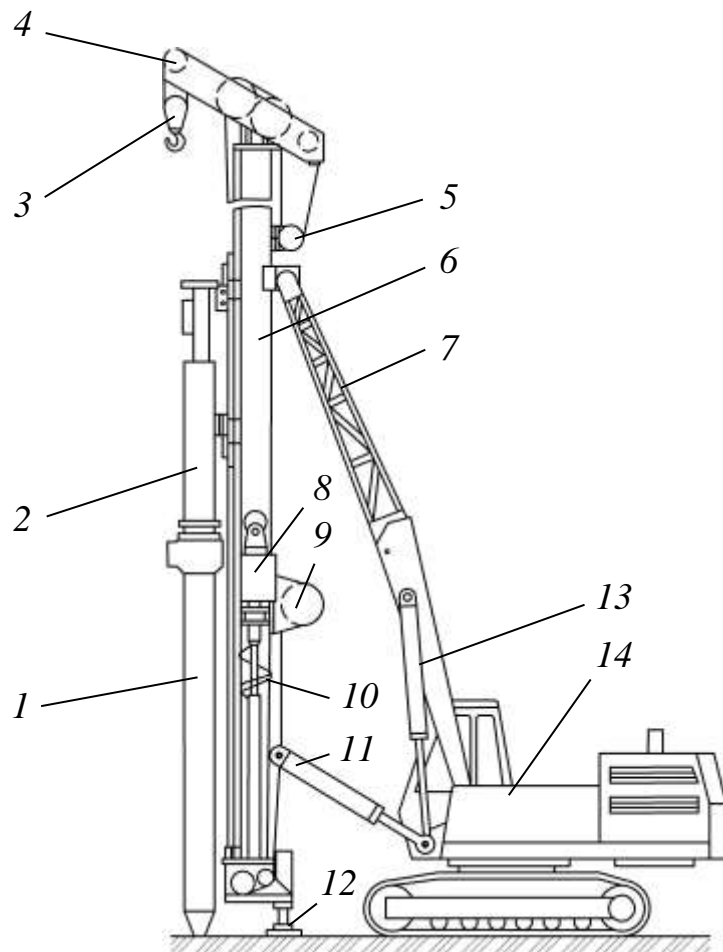


Рис. 9.9. Гідравлічний копер:

- 1 – паля; 2 – гідромолот; 3 – гакова підвіска; 4 – оголовок щогли;  
 5 – вантажна лебідка; 6 – щогла; 7 – стріла; 8 – привод бура;  
 9 – лебідка; 10 – бур; 11 та 13 – гідроциліндри; 12 – нижня опора;  
 14 – екскаватор

### Контрольні питання

1. Де в будівництві застосовуються машини для пальових робіт?
2. Як класифікуються палезанурювачі?
3. У чому полягає принцип роботи пароповітряного молота?
4. Чим відрізняються технології роботи пароповітряних молотів одиночної і подвійної дії?
5. Що являє собою гідравлічний молот?
6. Що таке дизель-молоти?

7. Опишіть конструкцію і принцип дії штангового дизель-молота.
8. Опишіть конструкцію і принцип дії трубчастого дизель-молота.
9. У чому полягають особливості роботи палезанурювачів, у яких використовується вібраційна дія на палю?
10. У чому полягає конструктивна і технологічна різниця між високо- і низькочастотними віброзанурювачами?
11. Опишіть принцип роботи вібромолота.
12. Для чого у будівництві застосовуються копри і копрові установки?
13. Що є головним і основними параметрами копрів і копрових установок?
14. Як класифікуються копри?
15. У чому полягає особливість конструкції і застосування рейкових копрів?
16. У чому полягає особливість конструкції і застосування копрів на базі канатних екскаваторів?
17. У чому полягає особливість конструкції і застосування копрів на базі вантажних автомобілів?
18. У чому полягає особливість конструкції і застосування копрів на базі тракторів?
19. У чому полягає особливість конструкції і застосування копрів на базі гідравлічних екскаваторів?

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Волков, Д.П. Строительные машины и средства малой механизации [Текст]: учеб. для студ. сред. проф. образования / Д.П. Волков, В.Я. Крикун. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.

2. Добронравов, С.С. Строительные машины и оборудование [Текст]: справочник для строит. спец. вузов и инж.-техн. работников / С.С. Добронравов. – М.: Высш. шк., 1991. – 456 с.

3. Сидоренко, А.В. Строительные, дорожные, мелиоративные машины и оборудование [Текст]: в 2 т. Т. 1. Дорожные машины: курс лекций / А.В. Сидоренко, А.Н. Пархунов. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 56 с.

4. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины [Текст]: учеб. пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

5. Конвейеры [Текст]: справочник / Р.А. Волков [и др.]; под общ. ред. Ю.А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленингр, отд-ние, 1984. – 367 с.

6. Чернега, В.И. Краткий справочник по грузоподъемным машинам [Текст] / В.И. Чернега, И.Я. Мазуренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Тэхніка, 1988. – 303 с.

7. Додонов, Б.П. Грузоподъемные и транспортные устройства [Текст] / Б.П. Додонов, В.А. Лифанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 248 с.

8. Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Г. Бекин [и др.]; под общ. ред. Н.Д. Захарова. – Л.: Химия, 1985. – 504 с.

9. Добронравов, С.С. Строительные машины и основы автоматизации [Текст]: учеб. для строит. вузов / С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.

10. Гальперин, М.И. Строительные машины [Текст]: учеб. для вузов / М.И. Гальперин, Н.Г. Домбровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 344 с.

11. Строительные мачтовые подъемники и платформы. Каталог-справочник. Ч 2. Подъемники и платформы зарубежного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/> – (Дата обращения: 20.08.2015).

12. Платформы подъёмные ножничного типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://viramaх.ua/> – (Дата обращения: 20.08.2015).

13. Хмара, Л.А. Будівельні крани: Конструкції та експлуатація [Текст] / Л.А. Хмара, М.П. Колісник, О.І. Голубченко. – К.: Техніка, 2001. – 296 с.

14. Станевский, В.П. Строительные краны [Текст]: справочник / В.П. Станевский, В.Г. Моисеенко, Н.П. Колесник; под ред. В.П. Станевского. – К.: Будівельник, 1984. – 240 с.

15. Справочник по кранам [Текст]: в 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин [и др.]; под общ. ред. М.М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.

16. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование [Текст]: справ. пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, факультетов и техникумов / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 608 с.

17. Томилин, И.П. Краны типа ЕДК. Устройство и эксплуатация [Текст]: учеб. пособие для техн. школ. – М.: УМК МПС России, 2000. – 157 с.

18. Петухов, П.З. Специальные краны [Текст]: учеб. пособие для машиностроительных вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / П.З. Петухов, Г.П. Ксюнин, Л.Г. Серлин. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.

19. Стреловые самоходные краны. Технические характеристики. Ч. 2. Пневмоколесные и гусеничные краны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/> – (Дата обращения: 20.08.2015).

20. Каталог стреловых самоходных кранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autocrane.ru/> – (Дата обращения: 20.08.2015).

21. Новинки короткобазных кранов последних лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.os1.ru/> – (Дата обращения: 24.08.2015).

22. Дрогобычский завод автомобильных кранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dak.com.ua/> – (Дата обращения: 24.08.2015).

23. Краны на специальных шасси автомобильного типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.os1.ru/> – (Дата обращения: 24.08.2015).

24. Строительные машины и оборудование, справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/> – (Дата обращения: 28.08.2015).

25. ГОСТ 27555-87 ИСО 4306/1-85. Краны грузоподъемные. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1989–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 27 с.

26. Строительные машины [Текст]: учеб. для вузов по спец. ПГС / Д.П. Волков, Н.И. Алешин, В.Я. Крикун, О.Е. Рынсков; под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высш. шк., 1988. – 319 с.

27. Будівельна техніка [Текст]: навч. посібник / В.Л. Баладінський, О.М. Лівінський, Л.А. Хмара [та ін.]. – К.: Либідь, 2001. – 368 с.

28. Дорожные машины [Текст]: в 2 ч.: учеб. для ВТУЗов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» / К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 396 с.

29. Призмазонов, А.М. Организация и технология возведения железнодорожного земляного полотна [Текст]: учеб. пособие / А.М. Призмазонов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 351 с.

30. Машины для земляных работ [Текст]: учебник / Ю.А. Ветров [и др.]; под общ. ред. Ю.А. Ветрова. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., 1981. – 384 с.

31. Машины для земляных работ [Текст]: учебник / под общ. ред. Н.Г. Гаркави. – М.: Высш. шк., 1982. – 335 с.

32. Гарбузов, З.Е. Экскаваторы непрерывного действия [Текст]: учеб. для СПТУ / З.Е. Гарбузов, В.М. Донской. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. – 288 с.

33. Епифанов, С.П. Строительные машины [Текст]: Общая часть / С.П. Епифанов, В.М. Казаринов, Е.К. Малолетков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 168 с.

34. Рейш, А.К. Машины для земляных работ [Текст] / А.К. Рейш, С.М. Борисов, Б.Ф. Бандаков; под ред. С.П. Епифанова [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 352 с.

35. Пермяков, В.Б. Комплексная механизация строительства [Текст]: учеб. для вузов / В.Б. Пермяков. – М.: Высш. шк., 2005. – 383 с.

36. Проектирование производства земляных работ [Текст]: учеб. пособие / В.Т. Ерофеев [и др.]. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 160 с.

37. Комплексная механизация путевых работ [Текст]: учеб. для студ. вузов ж.-д. трансп. / В.Л. Уралов, Г.И. Михайловский, Э.В. Воробьев [и др.]; под ред. В.Л. Уралова. – М.: Маршрут, 2004. – 382 с.

38. Сидоренко, А.В. Строительные, дорожные, мелиоративные машины и оборудование [Текст]: в 2 т. Т. 2. Машины для земляных работ: курс лекций / А.В. Сидоренко, А.Н. Пархунов – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 95 с.

39. Довгяло, В.А. Дорожно-строительные машины [Текст]: в 2 ч. Ч. 1. Машины для земляных работ: учеб. пособие / В.А. Довгяло, В.И. Бочкарев. – Гомель: БелГТУ, 2010. – 250 с.

40. Шестопалов, К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование [Текст]: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / К.К. Шестопалов. – 7-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 320 с.

41. Сівко, В.І. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів [Текст] / В.І. Сівко. – К.: ІСДО, 1994. – 359 с.



## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

### **Автогрейдер 188**

- продуктивність 198

### **Будівельна машина 7**

#### **Бульдозер 175**

- продуктивність 195,198

#### **Бурово-кранова машина 204**

- класифікація 204, 205

#### **Бур 205**

- лопатевий 205
- шнековий 205

#### **Буріння 202**

- обертальне 203
- ударне 203
- ударно-поворотне 203

### **Вібраційний конвеєр 53**

- класифікація 54
- підвісний 57
- хитний 53

### **Віброданурювач 255**

- високочастотний 258
- низькочастотний 256

### **Вібромолот 259**

### **Віброплита 238**

- одномасова 238
- двомасова 239

### **Вібротрамбівка 241**

### **Гвинтовий конвеєр 48**

- похилий 48
- вертикальний 52
- продуктивність 51

### **Гвинти конвеєрів 50**

### **Грейдер-елеватор 191**

- продуктивність 199

### **Грунтоущільнювач**

- вібраційної дії 236, 237
- гратчастий 233
- з гладкими вальцями 229, 230
- кулачковий 230, 232
- напівпричіпний 232, 234

### **Грунтоущільнювач**

- пневмоколісний 233, 234
- причіпний 229, 230, 234, 236
- продуктивність 244
- самохідний 230, 232, 237
- статичної дії 228

### **Домкрат 65**

- гвинтовий 66
- гідравлічний 67
- рейковий 66

### **Екскаватор**

- безперервної дії 162
  - поперечного копання
  - ланцюговий 170
  - роторний 167
- продуктивність 172
- траншейний 163
  - ланцюговий 166
  - роторний 164
- одноківшевий 151
  - гідравлічний 153
  - драглайн 160
  - зворотна лопата 156
  - канатний 159
  - продуктивність 171
  - пряма лопата 156

### **Земляна споруда 146**

### **Ківшевий елеватор 39, 42**

- класифікація 342, 43
- колісковий 47
- поличний 47

### **Ківшевий конвеєр 39**

- продуктивність 41

### **Класифікація**

- будівельних машин 8
  - за видом виконуваних робіт 8
  - за типом ходових пристроїв 11

- за здатністю до пересування 11
- за режимом робочого процесу 9
- за родом використовуваної енергії 10
- **грунтоущільнювальних машин**
  - за принципом дії 228
  - за способом агрегування за силовою установкою 228
- **екскаваторів безперервної дії**
  - за видом виконуваних робіт (призначенням) 162
  - за способом копання 162
  - за типом робочого органа 162
- **одноківшевих екскаваторів**
  - за призначенням 151
  - за видом робочого устаткування 152
  - за видом ходових пристроїв 152
  - за виконанням робочого устаткування 152
  - за кількістю встановлених двигунів 152
  - за можливістю обертання поворотної частини 152
- **палезанурювачів** 245
- Копер**
  - на автомобільній базі 265
  - на екскаваторах
    - канатних 263
    - гідравлічних 265
  - на тракторах 262
  - рейковий 262
- Кран**
  - автомобільний 123
  - баштовий 94
    - індексація 100
    - класифікація 94
  - гусеничний 113
  - залізничний 105
  - з укороченою базою 123, 124
  - кабельний 141
    - класифікація 142
  - класифікація 90
  - козловий 130
    - мостовий перевантажувач 133
  - кран-трубоукладач 102
  - мостовий 136
    - підвісний 137
    - опорний 137, 138
  - мостокабельний 144
  - на спеціальному шасі автомобільного типу 127
  - плавучий 109
    - понтон 110
  - пневмоколісний 118
  - стріловий самохідний
    - індексація 92, 93
  - тракторний 117
  - штабелер 141
    - класифікація 141
- Лебідка** 72
  - класифікація 72
  - потужність 73
- Машини**
  - для безтраншейного прокладання комунікацій 217
    - вібропроколом 220
    - продавлюванням 222
    - способом горизонтального буріння 217
      - способом проколу 220
  - для пальових робіт 245
  - для розроблення ґрунтів
    - бурильні 148, 202
    - ґрунтоущільнювальні 148, 227
    - засоби гідромеханізації 148
    - землерийні 148, 151
    - землерийно-транспортні 148, 174
  - для улаштування буронабивних паль 213

**Пальовий молот 246**

- пароповітряний 246
- одиночної дії 246
- подвійної дії 247
- гідравлічний 249
- дизель-молот 249
- трубчастий 251
- штанговий 249

**Параметр машини 11**

- головний 11
- допоміжний 12
- основний 11

**Підйомник 77**

- автомобільний 85
- класифікація 78
- скіповий 88
- шахтовий 89
- щогловий 79

**Пластинчастий конвеєр 27**

- вид привода 30
- класифікація 28
- продуктивність 31

**Поліспаст 68**

- здвоєний 69
- кратність 70
- одинарний 69, 71
- силовий 68
- степеневий 71
- швидкісний 69

**Розпушувач 181**

- продуктивність 196

**Скребокний конвеєр 32**

- класифікація 33, 34
- продуктивність 39

**Скрепер 183**

- продуктивність 198

**Способи розроблення ґрунтів**

- вибуховий 148
- гідравлічний 147
- гідромеханічний 147
- електрогідравлічний 148
- комбінований 147

- механічний 147

- фізичний 148

**Стрічковий конвеєр 17**

- вид привода 21
- завантажувальні пристрої 23
- класифікація 19
- натяжні пристрої 25
- потужність 21
- продуктивність 27
- типи стрічок 18, 20

**Таль 74**

- електричний 74, 76
- ручний 74

**Трамбувальна машина 242****Транспортувальна машина 13**

- допоміжні пристрої 14
- класифікація 14, 15

**Ударно-вібраційна машина 240****Установки пневматичного транспорту 60**

- аеросуміш 60
- нагнітальна 63
- усмоктувальна 62
- усмоктувально-нагнітальна 63