

**Відокремлений підрозділ Національного Університету  
Біоресурсів і Природокористування України  
«Ніжинський агротехнічний інститут»**

**ЖИГУЛІН ОЛЕКСАНДР АНДРІЙОВИЧ  
МАХМУДОВ ІЛЬХОМ ІСАКОВИЧ  
ЖИГУЛІНА НАТАЛЯ ОЛЕКСАНДРІВНА**

## **ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ**

**Ніжин – 2020**

**УДК 621.86**

*Рекомендовано до друку Вченою радою ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» (протокол № 3 від 6 листопада 2019 р.)*

**Рецензенти:**

**Василенко В. В.**, д. т. н., професор, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Ніжинського агротехнічного інституту

**Приплавко С. О.**, к. с. г. н., доцент Ніжинського державного університету ім. Миколи Гоголя

**Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні Я73 машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.**

Для вивчення навчальних дисциплін «Підйомно-транспортні машини», «Логістика у механізації сільського господарства» студентами технічних та економічних спеціальностей навчальних закладів.

*Навчальний посібник містить відомості про види, конструкцію, вибір, проектування й застосування підйомно-транспортних машин і механізмів у логістичних потоках вантажів для забезпечення конкурентоспроможності сучасних підприємств.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1. ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ В СУЧАСНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ .....	6
1.1. Механізація підйомно-транспортних операцій у логістичних ланцюгах підприємств .....	6
1.2. Призначення й класифікація підйомно-транспортних машин .....	8
1.3. Історія створення й перспективи удосконалення конструкції підйомно-транспортних машин .....	15
1.4. Критерії вибору підйомно-транспортних машин .....	17
1.5. Характеристика вантажів .....	21
1.6. Мехатроніка й засоби пакування вантажів .....	27
2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДЙОМНО ТРАНСПОРТНИХ МАШИН .....	30
2.1. Прості підйомно-транспортні машини .....	30
2.2. Використання законів фізики при проектуванні підйомно- транспортних машин .....	41
2.3. Розрахункові параметри підйомно-транспортних машин .....	41
3. ВАНТАЖОПІДЙОМНІ МАШИНИ, МЕХАНІЗМИ Й ПРИСТРОЇ .....	46
3.1. Види, параметри, складові вантажопідйомних машин .....	46
3.2. Деталі й вузли вантажопідйомних машин .....	49
3.3. Блоки, барабани, зірочки .....	53
3.4. Поліспасти, зупини .....	59
3.5. Гальмівні пристрої .....	61
3.6. Захватні пристрої .....	73
3.7. Механізми вантажопідйомних машин .....	80
3.8. Привід вантажопідйомних машин .....	85
3.9. Загальні вимоги до розрахунку вантажопідйомних машин і механізмів .....	89

3.10. Розрахунок підйомного крана .....	93
4. ТРАНСПОРТУЮЧІ МАШИНИ .....	100
4.1. Класифікація транспортуючих машин .....	100
4.2. Машини з тяговим органом .....	100
4.3. Машини без тягового органу .....	101
4.4. Машини наземного транспорту .....	101
4.5. Конвеєри .....	104
4.6. Розрахунок кількості та продуктивності транспортуючих машин .....	114
4.7. Приводи та натяжні пристрої транспортуючих машин .....	115
4.8. Типи стрічки та роликкоопор .....	116
4.9. Розрахунок стрічкового конвеєра .....	119
5. СИСТЕМА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИКОНАННІ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ .....	131
ДОДАТКИ .....	140
А – Підйомно-транспортні машини при механізації зернового, овочевого, кормового потоків і потоку добрив на сільсько- господарському підприємстві .....	140
Б – Підйомно-транспортні машини при механізації збору фруктів, ягід, овочів, бавовни та квітів .....	142
В – Авторська справка .....	146

## ВСТУП

Майже 98 % витрат часу на виробництво товарів складають процеси зберігання й транспортування сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готових виробів і працівників у логістичному ланцюгу «постачання – підтримка виробництва – транспортування до місця споживання». Від прискорення й механізації даних процесів залежить конкурентоспроможність товарів і підприємств-виробників.

Часткова, комплексна й повна механізація процесів транспортування вантажів і людей на порівняно невелику відстань здійснюються за допомогою підйомно-транспортних машин (ПТМ), механізмів і пристроїв. До них відносяться конвеєри, навантажувачі, тягачі, візки, транспортувальні труби, підйомники, крани, штовхачі-домкрати, поліспасти, талі, лебідки т. ін. Наведені машини відрізняються від так званого дальнього транспорту – залізничного, автомобільного, водного й повітряного, який служить для переміщення вантажів на великі відстані. Наприклад, на сільськогосподарському підприємстві під час збирання врожаю підйомно-транспортні механізми переміщують рослинну масу через агрегати зрізання, обмолоту й сепарації у бункер зернозбирального комбайна й на поле. Із бункера комбайна, а потім і причепа-перевантажувача, зерно транспортується гвинтовим конвеєром у кузов автомобіля з наступним перевантаженням по похилій площині кузова при його підйомі штовхачем-домкратом на стрічковий конвеєр зерноочисного пункту або елеватора. На останньому зерно декілька разів транспортується угору ковшовим конвеєром та проходить стадії очистки й сушки при транспортуванні униз по похилих трубах. Завантажене у вагон через дозатор зерно транспортується тепловозом-тягачем на залізничний вокзал, а з нього у порт, де завантажується на баржу портовим краном і транспортується до кінцевого споживача.

У навчальному посібнику читача знайомлять з видами, алгоритмом підбору й розрахунку параметрів підйомно-транспортних машин, механізмів і пристроїв. Автор висловлює вдячність членам студентського наукового гуртка за участь у написанні підрозділів Англіковському В. В. п.1.1, Копил О. С. п. 1.2.

# 1. ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ В СУЧАСНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

## 1.1. Механізація підйомно-транспортних операцій у логістичних ланцюгах підприємств

*Логістика* – це загальний метод управління життєзабезпеченням людини й суб'єкта господарювання в інформаційному світі. Складається даний метод з управління матеріальними і нематеріальними потоками для поповнення запасів.

Результати реалізації логістичної діяльності представляються в логістичному міксу «8R» або «8П»:

- потрібна доставка;
- потрібного продукту;
- потрібної якості;
- потрібної кількості;
- потрібному споживачеві;
- в потрібне місце;
- у потрібний час;
- за потрібної вартості (рис. 1.1).

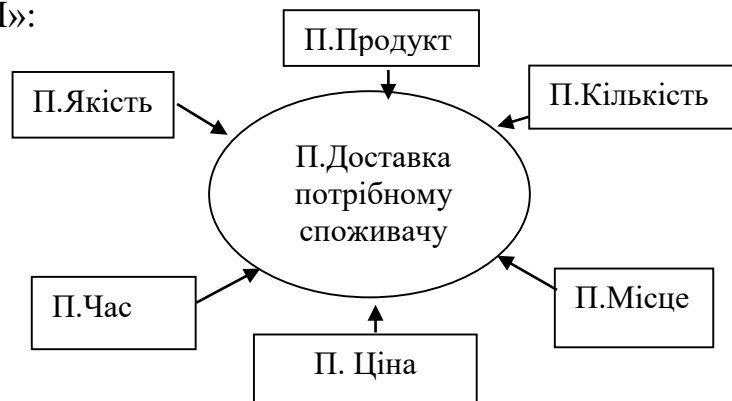


Рис. 1.1. Логістичний мікс «8П»

Важливо відзначити, що 98 % часу виробництва товару припадає на проходження його каналами матеріально-технічного забезпечення (доставка сировини, транспортування готової продукції й зберігання), що складає 13 % вартості валового національного продукту країни. Структура цих витрат така, що на:

- транспортування припадає 41 %,
- зберігання товару – 21 %,
- матеріальні запаси – 23 %,
- адміністративні витрати – 15 % зазначених витрат.

Пошук шляхів скорочення витрат відбувається в напрямі *задоволення інтересів споживача*, який не бажає оплачувати виконання непродуктивних операцій.

Отже, на підприємстві відбувається рух двох протилежних за напрямком потоків (інформаційний і матеріальний). Перший іде від споживача й складається з повідомлень про замовлення, а другий – від постачальника через підтримку виробництва до споживача й складається з сировини, матеріалів, напівфабрикатів і готових виробів.

Схема руху матеріального й інформаційного потоків на підприємствах з різним видом виробництва наведена на рис. 1.2.

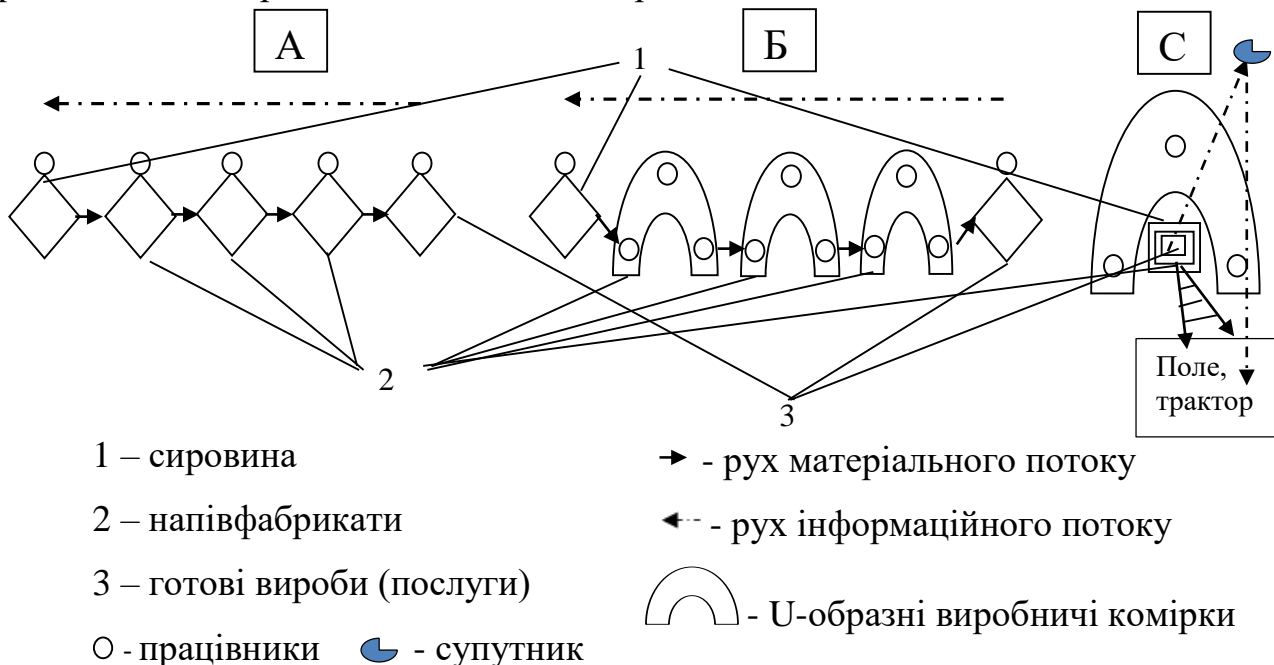


Рис. 1.2. Схема руху матеріального и інформаційного потоків на підприємствах з масовим (А), серійним (Б), індивідуальним (С) виробництвом

Окрім особливостей розміщення потужностей і типу виробництва логістичні ланцюги й потоки відрізняються в тому, на яку базову конкурентну стратегію орієнтується підприємство (А – економія на витратах, Б – висока якість, С – креативна диференціація).

Особливість механізації підйомно-транспортних операцій за 3-ма різновидами підприємств може бути представлено таким чином, що у компаніях з:

-масовим й економним виробництвом використовуються ПТМ високої продуктивності, безперервної й періодичної дії для прискорення матеріального потоку (наприклад, сільськогосподарське підприємство використовує продуктивні підйомно-транспортні машини й механізми комбайнів, автомобілів, тракторів й напівпричепів, пересувних бункерів, зерноочисних пунктів й елеваторів);

-серійним й якісним виробництвом механізація спрямована на виготовлення в кожній U-образній комірці високоякісного виробу (наприклад, вузла сільськогосподарської техніки). ПТМ є не дуже продуктивними, але такі, що забезпечують точність рухів: промислові роботи, механізми верстатів з числовим програмним управлінням, а також механізми подачі токарних, свердлильних, шліфувальних, фрезерних верстатів;

-індивідуальним та креативно-диференційованим виробництвом продукт створюється в процесі творчої праці фахівців у центрі виробничого осередку із застосування комп'ютерної техніки й мехатронних засобів (наприклад, створюється й використовується програма управління безпілотними тракторами й комбайнами для збирання врожаю та обробки поля). ПТМ – це гідроциліндриштовхачі органів керування сільськогосподарських машин із блоками дистанційного керування через супутниковий зв'язок (рис. 1.2С).

## **1.2. Призначення й класифікація підйомно-транспортних машин**

За призначенням, ступенем механізації, періодичністю дії, родом перероблюваного вантажу, типом приводу ПТМ поділяються на класи (рис.1.3). Дані рис. 1.3 вказують на те, що у теперішній час споживач може вибрати потрібну йому підйомно-транспортну машину певної продуктивності, швидкості переміщення вантажу, схеми завантаження й розвантаження.

Класифікація підйомно-транспортних машин за функціональним призначенням має найбільш деталізовану структуру: вантажопідйомні,



транспортувальні, підвісного однорельсового транспорту, наземного транспорту, вантажно-розвантажувальні.



Рис. 1.3. Класифікація підйомно-транспортних машин

Вантажопідйомні машини поділяються на: прості (блок, ворот, домкрат, лебідка, таль, поліспаст), складні (кран, автомобіль-вишка, брашпиль, ліфт, маніпулятор, меблевий ліфт, підйомник у формі ножиць, підйомник з кабіною або вагоном, підйомний стіл, тельфер). Транспортувальні машини мають різновиди – конвеєр, багажна карусель, канатна дорога, норія, патерностер, траволатор, елеватор, ескалатор, інші (система паркування автомобілів: автомобільний накопичувач елеваторного типу, багатоярусний автоматичний паркінг). Машини наземного транспорту – це транспортувальник піддонів, тягач, штабелер, електрокар. До вантажно-розвантажувальних машини

відносяться вагоно- або авто-перекидач, навантажувач, річстакер, а до машин підвісного однорельсового транспорту – підвісний конвеєр, підвісний електротягач, електро- й автовізок.

Конструктивні особливості ПТМ наведено в табл. 1.1-1.4.

Таблиця 1.1

### Конструктивні особливості вантажопідійомних машин

Машина	Конструкція
Ворот	Найпростіша вантажопідійомна машина, що складається з барабана з ручним приводом та канату, що намотується на барабан
Домкрат	Штовхач транспортних засобів або вантажів знизу
Кабестан	Пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні намотується ланцюг або канат, що пересуває вантаж, наприклад якір
Лебідка	Механізм, тягове зусилля якого передається за допомогою каната, ланцюга, троса через барабан від електричного, гідравлічного або ручного приводу. Підвісна лебідка називається талем
Поліспасть	Система рухомих і нерухомих блоків для виграшу в силі або швидкості
Кран вантажопідійомний	Підійомна машина для просторового переміщення вантажів, тимчасове зачеплення яких здійснюється із застосуванням захоплювальних пристроїв (магнітні й вакуумні, механічні: крюки, кліщі, петлі через стропи, траверси)
Автомобіль-вишка	Оснащений пристроєм для підйому й переміщення робітників автомобіль для ремонту висотних об'єктів і догляду за деревами
Брашпиль	Горизонтальний воріт для підйому якорів і натягу тросів при швартуванні суден
Ліфт	Машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним
Кран-маніпулятор	Кран стрілового типу, установлений на шасі автомобіля для його завантаження і розвантаження
Тельфер	Таль, який переміщається з вантажем вздовж балок (двотаврів)
Меблевий ліфт	Мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепа й підйомника для транспортування меблів через вікна багатоповерхівок по похилих напрямних
Підйомник у формі ножиць	Система важелів і гідравлічних циліндрів, на яку спирається металева платформа для переміщення людей або вантажу у вертикальній площині
Підйомник з кабіною або вагоном	Машина для вертикального або похилого міжрівневого переміщення людей або вантажів у вагонах, кабінах, коморах, ковшах, скіпах, на платформах, візках по жорстким напрямним або рейковому шляху
Підйомний стіл	Машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу

Особливістю вантажопідійомних машин є переміщення вантажів та людей у вертикальному або похилому напрямку. Після підйому вантаж може переміщуватися й по горизонталі. Важливою умовою є безпека переміщення за рахунок використання надійних захоплювальних пристроїв (крюки, траверси).

Транспортуючі машини відрізняються безперервністю транспортування вантажів та людей (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

### Конструктивні особливості транспортуючих машин

Машина	Конструкція
Конвеєр	Машина безперервного транспорту для переміщення сипких, навалочних або штучних вантажів
Ковшовий елеватор	Вертикальний стрічковий (або цепний) конвеєр з ківшами, що переміщуються у прямокутній трубі
Багажна карусель	Круговий стрічковий конвеєр, що складається з поворотної кільцевої стрічки, натяжного й приводного барабанів та опорних роликів для транспортування багажу в аеропортах
Канатна дорога	Машина для транспортування кабін, крісел, вагонів, ковчегів у підвішеному на несучому канаті стані за допомогою тягового каната
Норія	Машина для підйому рідин (підливне водяне колесо) або сипких матеріалів у вертикальному напрямку
Патерностер	Пасажирський ліфт з кабінами без дверей, що постійно рухається
Ескалатор	Підйомно-транспортна машина у вигляді похилих сходів зі ступенями, що рухаються та прикріплені до замкненого ланцюга
Траволатор, рухомий тротуар	Рухома безступінчаста доріжка для прискорення або полегшення переміщення пішоходів
Автонакопичувач	Парковочна система роторного (карусельного) типу для довготермінового зберігання автомобілів на несучих платформах
Многоярусний автоматичний паркінг	Багаторівневий паркінг металеві або бетонної конструкції з парковкою автомобілів в автоматичному режимі без людини

Характеристику машин наземного транспорту наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

### Конструктивні особливості машин наземного транспорту

Машина	Конструкція
Транспортувальник піддонів	Машина для переміщення (захоплення вильчастим захватом, підйом на 15-20 см і транспортування) вантажів 1,2-3,5 т на піддонах (палетах) з ручним приводом і гідродомкратом або електричним приводом від кислотного акумулятора з кріслом, кабіною або без них
Тягач	Самохідна безрейкова наземна машина (автомобіль, трактор, спеціальна машина), призначена для буксирування причепів і напівпричепів, несамохідних або несправних самохідних машин, вантажів на санях і волокушах
Електрокар	Електромобіль спрощеної конструкції з приводом від акумулятора
Штабелер	Транспортний засіб, обладнаний механізмом для підйому, штабелювання (зберігання й перевезення вантажів з установкою їх один на одного) або переміщення інтермодальних транспортних одиниць (вантажі, що пристосовані для перевезення різними видами транспорту)

Особливість підвісного однорельсового транспорту й вантажно-розвантажувальних машин наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

**Конструктивні особливості однорельсового транспорту  
та вантажно-розвантажувальних машин**

Машина	Конструкція
Підвісний конвеєр	Машина безперервної дії для внутрішньоцехового переміщення тарних і штучних вантажів у вигляді замкненої у просторі рейки, по якій рухаються візки з крюками, траверсами, люльками, захватами, площадками
Вагоноперекидач	Спеціальна споруда для механізованого розвантаження вагонів з насипними й навалочними вантажами (руда, вугілля, зерно)
Вилковий навантажувач	Призначений для: підняття, транспортування, завантаження, розвантаження, штабелювання вантажів за допомогою вил
Вилковий навантажувач з проти- вагою	Вид спеціального складського підлогового транспорту з проти вагою, призначений для підняття, переміщення, розвантаження, навантаження, складування (штабелювання) різних вантажів за допомогою вил або інших робочих пристосувань (начіпного обладнання)
Роторний навантажувач	Навантажувач з робочою частиною у формі роторного колеса, до якого жорстко прикріплені ковші, а саме колесо закріплене на кінці стріли, що є рамою стрічкового конвеєра
Ковшовий навантажувач	Вид навантажувача, у якому робочим органом є ківш на стрілі, наповнення якого проводиться під час руху машини, у сполученні з поворотом або підйомом самого ковша
Річтрак	Вдосконалена конструкція електричного штабелера для штабелювання висотою до 12 м і вантажопідйомністю до 2,5 т
Ричстакер	Навантажувач з двигуном внутрішнього згорання для роботи с контейнерами (захоплює по всій довжині й підіймає контейнер з переміщенням на нове місце)

Класифікації навантажувачів: а) періодичної дії (вилковий, ковшовий, платформний, навантажувач-маніпулятор, навантажувач-копновоз) і безперервної дії (стрічковий, скребковий, роторний, шнековий, ручний); б) ІТА: (Клас I – електричні, Клас II – для роботи у вузьких проходах – річтраки, бічні вантажники, Клас III – штабелери, Клас IV – з двигуном внутрішнього згорання й суцільнолитими шинами, Клас V – з двигуном внутрішнього згорання й пневматичними шинами, Клас VI – транспортери, Клас VII – «Позашляхові» навантажувачі); в) телескопічні (вилковий, ковшовий – Маніту); г) грейферні; д) контейнерні.

Ковшовий навантажувач «Маніту» наведено на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Телескопічний ковшовий навантажувач «Маніту»

Даний навантажувач має ємність ковша 3 куб. м, висоту підйому – 12 м і може вироблятися також на гусеничному ході. Для навантажування сипких, навалочних й штучних вантажів можна використовувати навісне обладнання до тракторів МТЗ (ківш, штир для навантажування тюків сіна) (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Навісне підйомно-транспортне обладнання до трактора

Для ремонту обладнання використовуються підйомники, візки, транспортери т. ін. Комплексне використання ПТМ має місце у межах логістичних центрів: порти; елеватори; склади; підприємства переробки сільськогосподарської продукції т. ін.

Підйомник Alimak SC 45/30 на підприємстві агрохолдингу «Астарта-Київ» на норійній вежі для сервісного обслуговування технологічного обладнання елеваторного комплексу наведено на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Підйомник Alimak SC 45/30 на підприємстві агрохолдингу «Астарта-Київ»

Отже, існує 5 класифікаційних категорій, у кожену з яких входить від 2 до 14 видів ПТМ. Більше всього налічується різновидів конвеєрів, кранів і навантажувачів. Це пояснюється прискоренням транспортних операцій у межах логістичних ланцюгів і центрів. Найбільш економним засобом транспортування вантажів у межах країни є вантажний автомобіль (фура), а за її межами – баржа й залізничний вагон. Для оперативного завантаження й розвантаження даних засобів і призначені конвеєри, крани й навантажувачі.

### 1.3. Історія створення й перспективи удосконалення конструкції підйомно-транспортних машин

*Підйомно-транспортні машини* (ПТМ) – це машини або пристрої для внутрішньо цехового й агрегатного та міжцехового переміщення вантажів і людей у вертикальній, горизонтальній і похилій площині на відносно невеликі відстані.

ПТМ та механізми є складовими механізації виробництва. Актуальним є визначення їхньої особливості та споживчої привабливості для перспективи використання у транспортних ланцюгах сучасних підприємств.

Найпростіші машини почали застосовуватися в глибоку давнину. В Єгипті, Ассирії, Вавилоні, Стародавньому Римі та інших країнах для зрошення земель застосовувалися колодязні ворота, «журавлі». Підйомні канати виготовлялися з ліан і волокон рослин. Підйом води здійснювався по похилому жолобу дерев'яними шкребками, прикріпленими до дерев'яних шарнірних ланцюгів. При будівництві великих споруд (пірамід, будівель) застосовувалися важелі, похилі площини, поліспасти, катки. Наприклад, при будівництві єгипетських пірамід необхідно було піднімати й переміщати кам'яні блоки масою до 90 т на висоту до 150 м. Із глибокої стародавності відомі й машини безперервного транспорту у вигляді ковшових підйомників.

Подальший розвиток підйомна техніка отримала в Греції й Римі. Архімед застосував важільні підйомні пристрої для захисту міста Сіракуз на острові Сицилія (212 р. до н. е.). У працях Герона Олександрійського є описи лебідок і підйомних кранів з ручним приводом (120 р. до н. е.). Римляни широко використовували ворота з кінним приводом. Майже всі елементи вантажопідйомних машин (механізми з зубчастими й черв'ячними передачами, підйомні крани з противагами, крани на ковзанках) описані в працях Леонардо да Вінчі (XV в.).

Великий внесок у розвиток підйомної техніки внесли вітчизняні механіки й майстри, про що свідчить безліч прикладів вирішення завдань підйому й



переміщення вантажів. У XV в. у борошномельному виробництві почали застосовувати транспортуючі машини. У 1860 р. у світі вперше був використаний кран з паровим двигуном, в 1895 році – з двигуном внутрішнього згоряння, а в 80-х роках XIX століття – з електричним двигуном. Вітчизняні вчені створили перші книги з описом ПТМ («Короткий підручник механіки», 1722 р., «Курс підйомних машин», 1872 р.).

Машинобудівні підприємства України випускають широкий асортимент підйомно-транспортних машин і комплектуючих до них, зокрема Запорізький завод підйомно-транспортних машин «Підйомтрансмаш» – крани баштові, мостові, козлові, крани-балки, контейнерні перевантажувачі, вагоноперекидачі та ін., ВАТ ХК «Краян» (холдингова кранобудівна компанія, заснована на базі Одеського заводу важкого кранобудування ім. Січневого повстання) – великовантажні пневматичні колісні крани, ПАТ «Конвеєрмаш» (м. Миколаїв) – конвеєри стрічкові, пластинчасті, скребкові, гвинтові, конвеєрні лінії, елеватори ковшові, стрічкові, ланцюгові, НКМЗ – Новокраматорський машинобудівний завод – підйомні крани та ін.

В Україні працює Підйомно-транспортна академія наук, яка заснована у 1996 році та є добровільною самостійною всеукраїнською громадською організацією. Вона об'єднує провідних спеціалістів – професіоналів у галузі підйомно-транспортної техніки, що працюють в навчальних, науково-виробничих організаціях України, Польщі, Росії, Білорусії, Німеччини.

Питання конструювання й розрахунку металоконструкцій ПТМ докладно розглянуто в роботах відомих механіків і фахівців Александрова М. П., Решетова Д. Н, Іванченка Ф. К., Дубінца О. І., Бондарєва В. С., Андрієнка М. М. т. ін. Запропоновані в цих роботах підходи до розрахунку та конструювання елементів металоконструкції ПТМ базуються на традиційних методах, що призводить до перевитрат матеріалу, обваження конструкції, нерівномірності відповідальних вузлів і перепадів жорсткості.

Коломієць Л. В. вважає за доцільне використання комп'ютерного моделювання параметрів ПТМ для створення високонадійних, продуктивних



машин з низькою матеріалоемністю. На його думку ПТМ є складними технічними спорудами, а їх конструкція повинна задовольняти певним, часто суперечливим критеріям – мати велику вантажопідйомність, забезпечувати високі середні швидкості руху, відповідати необхідним характеристикам міцності й жорсткості, а також бути економічною й технологічною. Одним з найбільш важливих етапів проектування ПТМ є етап формування геометрії конструкції. Значущість його не лише в тому, що на цьому етапі формується концептуальний вигляд майбутнього виробу, але і в тому, що саме на етапі конструювання створюються математично точні геометричні моделі як окремих деталей, так і всієї конструкції.

Члени Підйомно-транспортної академії наук досліджують: точне зварювання, вібраційну стійкість, діагностику ПТМ, механізмів т. ін.

Розвиток підйомно-транспортних машин пов'язаний з розробкою конструкцій підвищеної надійності з високими технічними параметрами та з одночасним зниженням метало- і енергоемності, а також із створенням комплексів машин, що поєднують функції машин періодичної та безперервної дії, **маніпуляторів** і машин-роботів (підйомно-транспортні машини з програмним керуванням), що виконують різні операції у важкодоступних місцях, в небезпечних для здоров'я людей умовах тощо (наприклад, авіаційний кран для будівництва висотних об'єктів або гасіння пожежі на базі гвинтокрилу).

#### **1.4. Критерії вибору підйомно-транспортних машин**

Визначимо, яка споживча властивість підйомно-транспортних машин є основною й безпосередньо впливає на споживчий вибір.

Для вирішення цього питання аналізували сучасний світовий ринок машин й обладнання. Науково-технічний прогрес обумовлює розвиток принципово нових галузей і методів виробництва на базі новітніх технологій. Відмінною рисою машин й устаткування як товару стала динамічність вдосконалення їх

технічних й якісних параметрів. Знижується термін морального зносу машин та обладнання, прискорюється змінюваність поколінь.

При цьому терміни морального старіння скорочуються: якщо в 1980 рр. середні норми амортизації обладнання становили 10-15 років, в 1990-і рр. – 5 років, то в даний час за деякими видами техніки вони можуть складати рік і навіть кілька місяців.

Зростають вимоги до безпеки використання техніки, екологічності, комфорту, рівня експлуатаційних витрат, ергонометричних параметрів, загальної якості виробів. Одночасно підвищуються запити відносно забезпечення якості технічного обслуговування, своєчасного постачання запасних частин т. ін. Всі ці фактори формують основні тенденції розвитку світової торгівлі ПТМ.

Машини та обладнання – складний, дорогий і специфічний об'єкт світової торгівлі. Для них характерна вкрай широка й постійно мінлива номенклатура, яка включає величезну кількість видів виробів різного призначення – виробничого, споживчого, проміжного. Усередині кожного виду є безліч типорозмірів, що розрізняються за технічними характеристиками: потужність, швидкість, ресурсоспоживання, вантажопідйомність, виробіток тощо. Машини та обладнання одного і того ж призначення з однаковими технічними параметрами можуть відрізнятися за конструкцією, якістю виготовлення, обробкою деталей та вузлів, матеріалами, надійністю в експлуатації, ремонтпридатністю, періодом окупності тощо.

Однією з відмінних рис експорту машинотехнічної продукції є необхідність її попереднього тестування на предмет відповідності технічним вимогам і стандартам того чи іншого ринку. Мова йде про напругу в мережі, навантаженні на вісь, чистоту вихлопу, параметри безпеки, вимоги ергонометрики т. ін.

На ринку машин й устаткування поряд зі стандартною продукцією представлені унікальні за своїми властивостями вироби, що також накладає свій відбиток на розвиток попиту й пропозиції. До унікального (штучного,

індивідуального) належить обладнання, придатне для експлуатації в умовах надвисоких або наднизьких температур, під тиском, в безповітряному просторі, в умовах вологого тропічного клімату т. ін. Сюди можна віднести дрібносерійне виробництво (до 50 од.), яке носить експериментальний характер і вимагає застосування висококваліфікованої робочої сили. Унікальне обладнання виробляється за замовленням та призначене для вирішення певних завдань і відрізняється підвищеним рівнем техно- і наукоємності. До цієї категорії належить і техніка престижного споживання (класу люкс).

Серійне обладнання забезпечує загально поступальний розвиток економіки і задоволення зростаючих потреб господарств. У передових країнах наявність гнучких систем автоматизованого проектування й виробництва дозволяє досить швидко перемикатися від експериментального до масового випуску продукції і від однієї моделі до іншої.

До числа особливостей машин й устаткування як товару слід віднести високу питому вагу в загальній їх вартості експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим для цієї категорії продукції характерне поняття «ціна споживання», тобто купівельна ціна виробу плюс витрати, пов'язані з його експлуатацією протягом періоду використання. Ціна експлуатації буде складатися з вартості спожитого палива, витратних матеріалів, електроенергії, витрат на транспортування, монтаж, установку, зберігання, технічне обслуговування, включаючи ремонт і придбання запасних частин, вартість навчання персоналу для обслуговування машин т. ін. У цю категорію будуть включені і суми на оплату утилізації виробів. Ціна споживання, як правило, у кілька разів вище, ніж продажна ціна: в 10 разів – для автомобіля, літака; в п'ять разів – для трактора, перевантажувача т. ін. Таким чином, споживач зацікавлений не тільки в тому, щоб товар якомога довше зберігав свої споживчі властивості, а й у тому, щоб він зберігав їх при мінімальних витратах на експлуатацію, тобто в оптимізації співвідношення між купівельною ціною і ціною споживання. Ціна споживання стає ключовим фактором конкурентоспроможності товару на світовому ринку.

В даний час світова торгівля машинами та обладнанням становить понад 6 трлн дол. За останні 15 років у світі тричі змінювався лідер з експорту машинотехнічної продукції. До середини 1990-х рр. їм була Японія, яку потім випередили США. У середині 2000-х рр. на перше місце вийшла Німеччина, а з 2009 р. – Китай, розмір експорту якого далеко випереджає традиційних експортерів.

Вирішуючи проблему визначення основної споживчої властивості ПТМ, розіб'ємо усі фактори їх споживчої привабливості на три групи: 1. Якість; 2. Економність; 3. Інноваційно-креативна диференціація (табл. 1.1). виділяє як основну, визначальну (за інших однакових умов), що впливає на вибір.

Таблиця 1.1

**Групування факторів споживчої привабливості ПТМ за базовими конкурентними стратегіями підприємств-виробників**

Групування факторів споживчої привабливості ПТМ за базовими конкурентними стратегіями підприємств-виробників		
Економність	Якість	Інноваційно-креативна диференціація
1. Економія часу на виконання підйомно-транспортних операцій 2. Низька металоємність 3. Експлуатаційна економічність 4. Невеликі габарити та маса 5. Швидкознімність основних вузлів та агрегатів 6. Невеликі витрати матеріалів при виготовленні 7. Невеликі витрати енергії 8. Економія на витратах матеріалів 9. Економія часу на обслуговування 10. Економічність транспортування до місця роботи 11. Економія часу на обслуговування	1. Висока надійність – здатність виконувати функції у значний проміжок часу 2. Працездатність – стан машини, при якому вона здатна виконувати задані функції з параметрами щодо вимог технічної документації із збереженням міцності, незмінності форми і розмірів, стійкості проти спрацьовування, потрібної жорсткості, тепло-і вібростійкості 3. Безпечність – придатність до експлуатації без аварійних руйнувань, які небезпечні для персоналу 4. Технологічність – високі: продуктивність, швидкість переміщення вантажу, висота підйому, вантажопідйомність, коефіцієнт корисної дії, найбільша простота при виготовленні 5. Екологічність – виконання функцій без шкідливого впливу на середовище	1. Естетична привабливість 2. Незвичайний зовнішній вигляд 3. Ергономічні властивості – зручність і легкість виконання технологічних операцій, відповідність місць впливів на людину її антропометричним показникам 4. Дизайн автокрана з підйомною кабіною дозволяє поліпшити безпечність 5. Дизайн домкрата, націлений на зменшення розмірів – підвищує економію 6. Дизайн підйомника підвищує його працездатність 7. Ефективність бренду 8. Зручність кабіни 9. Естетичні властивості робочого місця 10. Біонічна форма, яка приваблює

Дані табл. 1.1 свідчать про те, що основною споживчою властивістю підйомно-транспортної машини повинна бути її якість. Ця обставина повинна використовуватися при виборі менеджерами підприємства марки підйомно-транспортної машини або механізму. У кожному товарі споживача цікавить його і якість, і економність, і креативна диференціація. Однак, одну з властивостей він виділяє як основну для подальшого вибору.

Даний висновок підтверджується змістом реклами підйомно-транспортних машин, в якій переважають якісні показники (наприклад, найнебезпечніший ліфт, легкий на підйом, безмежна впевненість).

### 1.5. Характеристика вантажів

**Види вантажів:** штучні (ящики, мішки, бочки, вироби, деталі, тарно-штучні – вантажі в тарі), насипні (зерно, цукор, мука), навалочні (руда, вугілля).

Характеристики штучних вантажів: маса, розмір, крихкість (скло), температура (сталевий прокат), вибухонебезпека, пожежна небезпека.

Характеристики насипних і навалочних вантажів:

- насипна густина,  $\rho$ , т/м<sup>3</sup> (легкі – менше 0,6, середні – 0,6-1,6, важкі – 1,6-2,0, дуже важкі – більше 2);
- абразивні властивості (неабразивні – зерно), (рисуабразивні – вугілля, пісок), (абразивні – щебінь), (високоабразивні – гірські породи);
- гранулометричні властивості: пилоподібні – менше 0,05 мм, зернисті, дрібно-, середньо-, крупнокускові, особливо крупнокускові – більше 500 мм;
- однорідність: сортовані, рядові;
- рухливість: легка, середня, надрухливість.

Характеристики сільськогосподарських вантажів наступні.

**Сипучість.** Зернова маса являє собою сукупність великої кількості частинок різної форми й розмірів. Вона володіє високою рухливістю, здатна ковзати і скочуватися по похилій поверхні, заповнювати сховища та ємності

різної конфігурації. Цю властивість зернових мас називають сипучістю. Сипучість *характеризується* кутом тертя зерна о поверхню будь-якого матеріалу. *Кут тертя* – це найменший кут, при якому зерно починає самопливом рухатися по похилій площині. При ковзанні зерна по зерну його називають *кутом природного укусу* або кутом ската (це кут між підставою й конусом, що утворюється при вільному падінні зернової маси на горизонтальну площину). Кут тертя зерна *враховують* при влаштуванні самопливних труб, в зерноочисних машинах, сушарках т. ін. Чим менше кут природного укусу, тим вище сипкість.

Відомі зерна й насіння, що мають округлу форму, а також гладку поверхню (просо, горох, вика, соя). Якщо на додаток до цього насіння мають вкрай незначні розміри (конюшина, гірчиця, рижик), то застосовують термін *плинність*. Зерна, які мають довгасту форму, менш сипкі. У табл. 1.2 вказано кут природного укусу деяких культур. В дужках вказано кут природного укусу, що приймається в розрахунках з планування післязбиральної обробки зерна й насіння.

Таблиця 1.2

### Кут природного укусу сільськогосподарських культур

Культура	Кут природного укусу, град.
Овес	31-54 (42)
Ячмінь	27-48 (36)
Жито	23-38 (34)
Пшениця	23-38 (32)
Горох	22-28 (26)
Просо	20-27 (24)

Зі збільшенням вологості сипкість зернової маси зменшується. При вологості вище 34-38% зернова маса швидко злежується, тобто втрачає сипкість. Домішки в зерновій масі в більшості випадків також знижують сипкість, тому вологість і засміченість враховують при визначенні фактичної продуктивності зерноочисних машин, так як вони зменшують їх пропускну здатність. Сипучість зернових мас широко використовують при їх обробці і переробці. Зернові маси легко переміщуються за допомогою транспортерів, пневмотранспортних пристроїв та інших механізмів. Сучасні споруди, в тому числі в господарствах,

проектують в кілька поверхів. Піднята на верхній поверх зернова маса самопливом спускається вниз, проходить через різні машини, обробляється на них. Самоплив також дозволяє істотно спростити завантаження і вивантаження сховищ і транспортних засобів.

**Самосортування.** Хороша сипкість, а також складний і неоднорідний склад зернової маси призводять до того, що при перемішуванні і пересипанні в ній утворюються шари і ділянки, що складаються з компонентів з близькими характеристиками. Так, при завантаженні транспортних засобів, розвантаження в насип важкі зерна і мінеральна домішка падають швидше і знаходяться в місці зсипання, а легковажні компоненти (щупле, колоте зерно, насіння бур'янів, органічна домішка) опускаються повільніше і відкидаються вихровими рухами повітря до бортів кузова, периферії насипу або скочуються по поверхні конуса до його основи. З цієї причини периферійні ділянки насипу зерна містять більше щуплих зернин, насіння бур'янів і органічного сміття. Саме ці верстви визначають збереження всієї зернової маси, так як вони мають підвищену біологічну активність. Ця обставина враховують при оцінці якості зерна та насіння: мінімум 80% точкових проб відбирають з периферійної частини насипу. Самосортування використовують для спрямованого поділу зернової маси на фракції різної якості. На цій властивості заснована робота пневмосортувальних і відбивних машин, що застосовуються в господарствах.

**Скважистість (щільність).** Між видимими компонентами зернової маси завжди є проміжки (міжзернові або міжсеменні простори), заповнені повітрям. **Сумарний обсяг міжзернових просторів** називають скважистістю. Найчастіше вона виражається у відсотках від загального обсягу зернової маси, рідше - в частках одиниці. **Зворотною** величиною скважистості є **щільність укладки** - вона показує, яка частина зернової маси зайнята твердими частинками (компонентами). У сукупності міжзернові простори утворюють в зерновій масі густу мережу різних за формою і розмірами каналів, по яких переміщається повітря. Скважистість зернової (насінневої) маси залежить, перш за все, від форми, величини і стану поверхні зерна. Великі домішки збільшують

скважистість, а дрібні - зменшують її, так як розміщуються між зернами основної культури. Зі збільшенням вологості зерна і насіння скважистість їх зростає, хоча і незначно. Скважистість має велике фізіологічне значення, так як запас повітря в міжзернових просторах забезпечує нормальну життєдіяльність, зокрема, насіннєвого матеріалу. Завдяки мережі каналів повітря циркулює в зерновій масі, виділяються тепло й пари води. Ця обставина використовують при вентиляції, сушінні зернових мас. Однак при організації післязбиральної обробки і зберігання зерна слід враховувати не тільки величину скважистості, але і її структуру.

Таблиця 1.3

### Скважистість зернової маси

Культура	Скважистість зернової маси, %
Соняшник	60
Овес	60
Ячмінь	50
Кукурудза	45
Пшениця	40
Жито	40
Просо	40
Горох	40
Льон	40

**Чим дрібніше насіння, тим менше розміри зернових просторів** і каналів, що з'єднують їх. Отже, при активній вентиляції або сушінні збільшується аеродинамічний опір зернових насипів повітряному потоку. Наприклад, у пшениці, проса та гороху скважистість практично однакова - близько 40%. Якщо прийняти величину аеродинамічного опору насипу гороху за одиницю, то опір насипу пшениці буде в 2 рази вище, а проса - в 4 рази. Тому при вентиляції дрібносем'яних культур зменшують висоту насипу (зменшують тару) або використовують більш високонапорні вентилятори. Внаслідок самосортування скважистість різних ділянок зернової маси неоднакова. Це призводить до нерівномірного розподілу повітря за профілем насипу, утворення застійних зон, що не продуваються при активному вентиляванні. Знаючи скважистість можна



визначити кількість повітря, що знаходиться в 1 т зернової маси. Це називається забезпеченістю повітрям. Кількість повітря в партії зерна приймають за один обсяг. Цей показник використовують при активному вентилуванні зернових мас.

**Сорбційні властивості.** Сорбція – поглинання твердим тілом або рідиною будь-яких речовин з навколишнього середовища. Поглинаюче тіло називається сорбентом. Зернові маси інтенсивно поглинають (сорбують) з навколишнього середовища пари різних речовин і газів, тому відносяться до хороших сорбентів. Пов'язано це з капілярно-пористою колоїдною структурою зерна (насіння) і скважистістю зернової маси. При збиранні, післязбиральній обробці і зберіганні зернові маси можуть набувати різних запахів. Поява будь-якого запаху в зерні завжди пов'язане зі зниженням його якості. *Запахи* ділять на дві групи: сорбційні і розкладання. Сорбційні запахи придбаються зерновою масою внаслідок її сорбційних властивостей. З цієї групи найбільш часто зустрічається *димний запах*, пов'язаний з сорбцією зерновою масою продуктів неповного згоряння палива в зерносушарках. *Запахи розкладання* утворюються в самій зерновій масі як наслідок протікають в ній процесів. Це, перш за все, *амбарний запах*, часто свідчить про тривале зберіганні зернової маси без провітрювання. При проростанні зерна з'являється солодовий запах, а інтенсивний розвиток цвілевих грибів викликає *пліснявий запах*. Розпад тканин зерна та інших компонентів зернової маси призводить до появи затхлового, а потім і гнильного запаху. У сховищах зернові маси можуть придбати *кліщовий запах* через розвиток кліщів, що переходить потім в гнильний. *Речовини, що поглинені* зерновою масою, *видалити з неї неможливо*. Тому *зерно і насіння з будь-яким запахом* (за винятком амбарного) *реалізації не підлягають*. Найчастіше і значно інтенсивніше зернові маси поглинають (сорбують) з навколишнього середовища *пари води*, а за певних умов спостерігається зворотний процес, званий десорбцією. Таким чином, в процесі *сорбції та десорбції* зернова маса взаємодіє з повітрям атмосфери і зернових просторів і при цьому може *зволожуватися або підсихати*. Якщо тиск водяної пари над зерном і в повітрі однаковий, то

сорбційний влагообмін припиняється і вологість зерна стабілізується. Така вологість зерна називається рівноважною.

**Теплофізичні властивості.** При сушінні і зберіганні зернових мас враховують теплоємність, тепло- і температуропровідність і термо-влагопровідність. Теплоємність характеризується кількістю теплоти, необхідної для нагрівання 1 кг зерна або насіння на 1, і виражається в Дж/(кг К). Теплоємність сухої речовини зерна становить 1550 Дж / (кг К) або 0,3 ккал / (кг град.). Таким чином, *чим вище вологість зерна, тим вище його теплоємність.* Висока *теплоємність* вологого зерна може привести до *перевантаження* його при сушінні, тому температура зерна при першому пропуску через сушилку строго контролюється і при вологості його близько 26-30% становить 36-38 С. *Своєчасно проведене охолодження* дозволяє зберігати зернові маси при низькій температурі навіть в теплу пору року.

Збереження під час підйомно-транспортних операцій плодів, овочів і картоплі в значній мірі визначається їх наступними *фізичними властивостями: теплофізичні й сорбційні, сипучість, самосортування, скважистість, механічна міцність, схильність замерзання.* Зниженню механічних пошкоджень сприяють:

застосування спеціалізованих транспортних засобів;

використання транспортерів, вивантажувальний кінець яких змінює висоту в міру заповнення ємності, вставні смуги з прогумованого полотна, що гасять удар;

покриття лопатей, прутків сортувальних машин шаром гуми або пластмаси, що пом'якшують удари (табл. 1.4).

Насипна маса кг на м куб. сільськогосподарського вантажу наступна: картопля -670-700; помідори -650-700; морква -560-600; капуста -250-400; буряк -600-630; редька -550-600; цибуля -560-580; яблука -300; часник -400-430; груші -350; огірки -600-680; злива -350.

**Характеристики сільськогосподарських вантажів\***

Вантаж	Коефіцієнт тертя по матеріалу			Критична висота падіння на матеріал, м			
	Сталь	Дерево	Гума	Сталь	Дерево	Гума	Одноименний вантаж
Картопля	0,45-0,60	0,45-0,68	0,50-0,80	0,30-0,40	0,25-0,50	0,50-0,75	1,00-1,25
Буряк	0,64-0,082	0,45-0,68	0,50-0,80	0,20-0,60	0,40-0,75	0,75-1,0	1,00-1,5-
Морква	0,061-0,084	0,45-0,68	0,50-0,80	0,25-0,35	0,40-0,50	0,75-1,0	1,15-1,30
Гірки	0,11-0,24			0,30-0,50	0,25-0,40	0,50-0,75	0,75-1,0
Капуста	0,4	0,4		0,25-0,40	0,15-0,25	0,50-0,75	0,75-1,0
Цибуля	0,3	0,3		0,10-1,00	-	-	1,0-1,5
Плоди томату:							
-спілі	0,4	0,4		-	0,10-0,15	0,15-0,20	-
-неспілі	0,4	0,4		-	0,15-0,25	0,30-0,40	0,4-0,5
Баклажан	0,13-0,19	0,13-0,19					

Примітка. \*Ефективним є розвантаження у воду з подальшим сушінням

Значення коефіцієнтів тертя о сталеву поверхню для овочів наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

**Значення коефіцієнтів тертя о сталеву поверхню для різних овочів при температурі 20°C**

Найменування продукту / Показник	Огірок	Баклажан	Кабачок	Буряк	Морква
Середнє значення коеф. тертя, f	0,154	0,131	0,131	0,075	0,068
Максимальне значення коефіцієнту тертя	0,186	0,186	0,188	0,082	0,084
Мінімальне значення коефіцієнту тертя	0,125	0,043	0,067	0,064	0,061
Швидкість ковзання, при якій коеф. тертя максимальний, м/с	2,66	0,92	0,92	1,45	2,1

**1.6. Мехатроніка й засоби пакування вантажів**

На базі інформаційних технологій сформувався новий напрям виробництва ПТМ «мехатроніка» (область науки і техніки, заснована на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами). Реалізується взаємозв'язок механіки, електроніки та інформатики.

Новітніми є також засоби й способи пакування вантажів (термоусадкові плівки й плівки, що легко розтягуються - стретч, полімерні стрічки, асептичне пакування, пакування у вакуумі, яке зветься скін-друга шкіра, та в газовому середовищі). Перші – це полімерні плівки, здатні скорочуватися під впливом температури, що перевищує температуру розм'якшення полімеру.

Зменшуються об'єм упаковки за рахунок щільного обтягування товару та її маса. Коли здійснюється пакування піддонів з однаковими вантажами, які надходять з великими інтервалами, використовується стреч-плівка, а коли важлива швидкість та розміри вантажів різні, – пакування в термоусадкову плівку.

Стреч-плівка та полімерна стрічка використовується для обгортання продукції на піддонах палетайзерами. При асептичному пакуванні продукт і упаковка стерилізуються роздільно, потім упаковка заповнюється і закупорюється в стерильних умовах.

Використовується хімічний метод стерилізації розчинами пероксиду водню, а також  $SO_2$ , озonom, сумішшю  $H_2O_2$  і оцтової кислоти та фізичні методи: термічний, УФ-або ІЧ-опромінення.

### **Контрольні питання та завдання**

1. Які машини відносяться до класу підйомно-транспортних машин?
2. У чому полягають особливості вантажів?
3. Виберіть правильну відповідь:

-підйомно-транспортні машини – це машини та пристрої для переміщення вантажів, людей, транспортних засобів на: а) порівняно невелику відстань для механізації вантажно-розвантажувальних, підйомних і транспортувальних операцій; б) велику відстань; в) порівняно невелику відстань для механізації тільки підйомних операцій; г) усе вище наведене;

-на найменшу відстань переміщення здійснюють без застосування каната наступні підйомно-транспортні машини: а) домкрати (призначені повільно

підняти машину до 0,6 м для заміни колеса); б) електричні талі; в) ручні талі; г) електричні лебідки;

-на найбільшу відстань переміщення у горизонтальній площині здійснюють підйомно-транспортні машини безперервної дії: а) авіаційні крани; б) стрічкові конвеєри; в) мостові крани; г) ковшові елеватори;

-цикл роботи машини періодичної дії складається з: а) зупинки для захоплення вантажу, підйому, руху з вантажем; б) опускання; в) зупинки для звільнення від вантажу й зворотного руху без вантажу; г) усе перераховане;

-класифікація підйомно-транспортних машин: а) вантажопідйомні, транспортувальні, підвісного однорейкового транспорту, наземного транспорту, вантажно-розвантажувальні; б) прості (блок, ворот, домкрат, лебідка або таль, поліспаст), складні (автомобіль-вишка, брашпиль, кран, ліфт, маніпулятор, меблевий ліфт, підйомник у формі ножиць, підйомник, стіл, тельфер); в) транспортувальні (багажна карусель, канатна дорога, конвеєр, норія, патерностер, траволатор, елеватор, ескалатор), інші (система паркування автомобілів: автомобільний накопичувач елеваторного типу, багатоярусний автоматичний паркінг); г) наземного транспорту (транспортувальник піддонів, тягач, штабелер, електрокар), вантажно-розвантажувальні (вагоноперекидач, навантажувач, річстакер), підвісного однорейкового транспорту (підвісний конвеєр, підвісний електротягач, електро- та автовізок).

### **Список використаної літератури**

1. Савенков В. М., Тимохіна В. Ю., Тимохін Ю. В. Підйомно-транспортні машини: Конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей. Донецьк, 2013. 78 с.

2. Жигулін О. А., Англиковський В. В., Копил О. С., Костюченко А. А. Розвиток агробізнесу в умовах кризи на основі людиноцентризму й логістики. Зб. наук. праць Ніжинського агротехнічного інституту. Вип. 13. 2020. 212 с.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

### 2.1. Прості підйомно-транспортні машини

**Важіль** – простий пристрій, тверде тіло, що може обертатися навколо певної точки, яка називається *точкою опори*. В основному застосовується для підйому вантажів (візки, домкрати, крани, поліспасти), в інструментах (ножиці, кусачки, плоскогубці). Система важелів використовується для врівноваження ваги тіла у важільних вагах.

Одним з перших трактатів, у якому докладно розглядалася проблема важеля, був трактат «Механічні проблеми» невідомого автора з [арістотелівського корпусу](#). Важіль використовувався людством з давніх часів, а от повністю зрозумів і зумів сформулювати принцип дії цього простого механізму [Архімед](#). Саме йому належить крилатий вираз «Дайте мені точку опори, і я переверну Землю».

Принцип дії важеля базується на основних законах [статики](#). Статична рівновага досягається тоді, коли алгебраїчна сума добутків сили на плече важеля дорівнює нулю.

Сили потрібно брати зі знаком плюс, якщо вони намагаються повернути важіль в один бік (наприклад, за годинниковою стрілкою), і зі знаком мінус, якщо вони намагаються повернути його в протилежний бік.

Для того, щоб отримати виграш у силі, тобто піднімати більший вантаж, застосовуючи меншу силу, необхідно прикладати її до довшого плеча.

За будовою можна виділити важелі трьох типів.

1. У важелі першого типу точки прикладення сил лежать з різних боків від точки опори. Одна з сил намагається повернути важіль за годинниковою стрілкою, інша – проти годинникової стрілки. Для того, щоб отримати виграш у силі, потрібно, щоб плече, до якого прикладена сила, було довшим за плече навантаження.

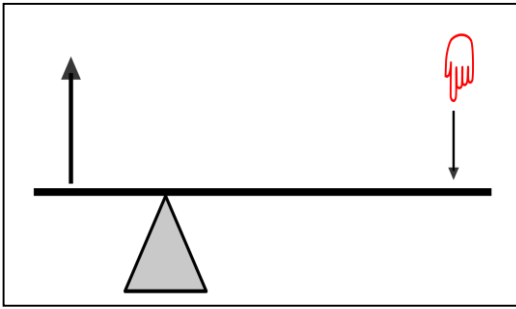


Рис. 2.1. Важіль першого типу

2. У важелі другого типу обидві точки прикладених сил лежать по один бік від точки опори і вантаж має менше плече. Щоб підняти вантаж, необхідно направити силу вгору. Приклади таких важелів — *тачка, лом*.

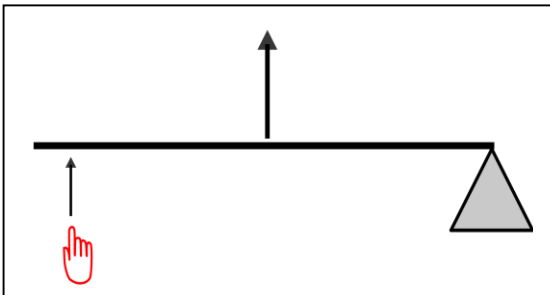


Рис. 2.2. Важіль другого типу

3. У важелі третього типу обидві точки прикладання сил лежать по один бік від точки опори, але вантаж має більше плече. При цьому потрібно прикладати силу, більшу за вантаж. Приклад такого важеля — *ложка або фронтальний перевантажувач*.

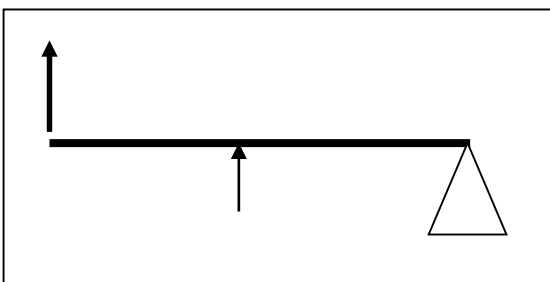


Рис. 2.3. Важіль третього типу

Іноді важелі використовуються не для того, щоб отримати виграш у силі, а для того, щоб отримати виграш у відстані, на яку переміщається вантаж. Приклад такого використання – криничний журавель або будівельний кран. У цьому випадку вантаж легкий, порівняно з противагою на кінці протилежного плеча.

В металевих знаряддях, наприклад, *катапультах* використовується виграш у швидкості. Оскільки кут повороту обох пліч важеля однаковий, то відстань, яку проходить за певний час довший кінець більша, ніж відстань, яку проходить коротший кінець. Математично це твердження можна виразити формулою:

$$V1/D1=V2/D2 \quad (2.1)$$

Таким чином, прикладаючи силу до коротшого кінця й змушуючи його рухатися, можна водночас досягти дуже високої швидкості довшого кінця, що потрібно для метання снарядів

**Похила площина** – площина, яка знаходиться під кутом, до горизонтальної.

Баланс сил, що діють на тіло, на похилій площині наступний: сила тяжіння, що направлена вертикально вниз; її можна розкласти на дві складові (складова паралельна похилій площині й складова перпендикулярна похилій площині). Складова сили, яка перпендикулярна до похилої площини, урівноважується силою реакції  $N$ , а та складова, що тягне тіло вниз дорівнює  $mg \sin \alpha$ , де  $m$  – маса тіла,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\alpha$  – кут похилої площини. Похилу площину можна використати для дослідження рівноприскореного руху. При врахуванні сил тертя застосовуються пандуси. Менш очевидно те, що на принципі похилої площини ґрунтується дія інших простих механізмів: клину й гвинта. У випадку клину використовується похила площина з дуже гострим кутом. У випадку гвинта різьба теж є викривленою похилою площиною.

**Блок** – один з простих механічних пристроїв, що дозволяє регулювати силу. Це колесо з жолобом, що обертається навколо своєї осі. Жолоб призначений для каната, ланцюга, ременя тощо. Якщо вісь блоку розташовується в обіймах, прикріплених на балці або стіні (тобто вісь блоку закріплена), такий



блок називається *нерухомим* і міняє *напрям* дії сили. Якщо ж до цих об'єктів прикріплюється вантаж і блок разом з ними може рухатися, то такий блок називається *рухомим* і міняє *величину* сили.

*Нерухомий блок.* Умови рівноваги блока наведені на рис. 2.4.

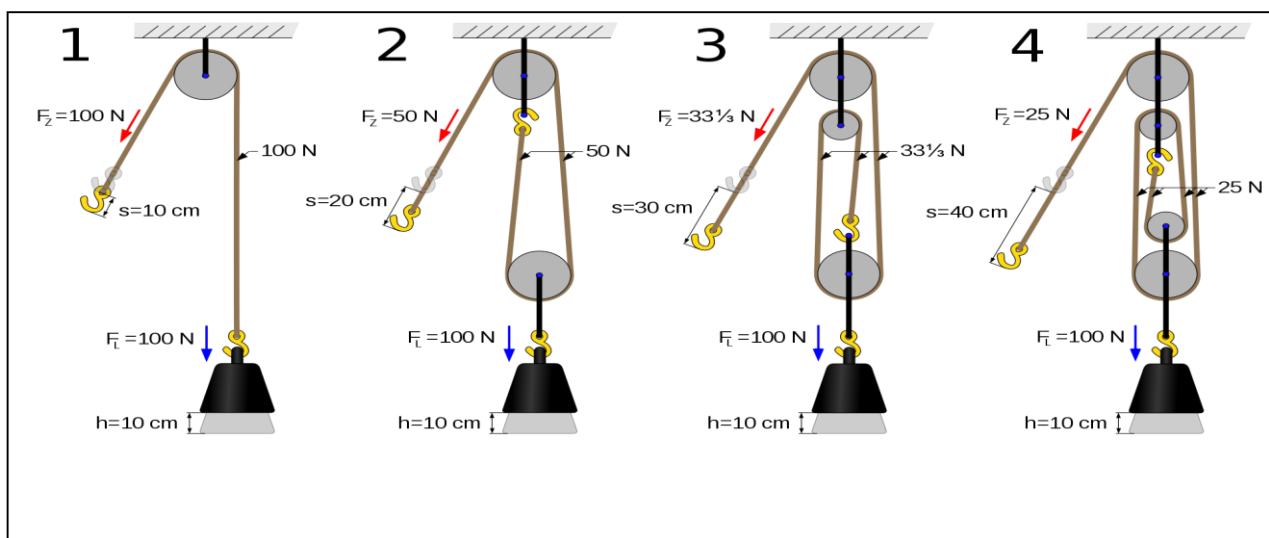


Рис. 2.4. Умови рівноваги блока

При відсутності **тертя** для підйому потрібна сила, що дорівнюється **вазі** вантажу.

Для *рухомого* блока умови рівноваги наведені на рис. 2.5. При цьому вантаж пройде **відстань**, удвічі меншу від пройденої точкою прикладання сили. Відповідно, **виграш** у силі рухомого блока дорівнює 2.

Фактично, будь-який блок є **важелем**, у випадку нерухомого блока – рівноплечим, у разі рухомого – зі співвідношенням плечей 1 до 2. Як і для будь-якого іншого важеля, для блока справедливе правило: *виграш у силі дорівнює програшу у відстані*. Іншими словами, робота, що здійснюється під час переміщення вантажу на яку-небудь відстань без використання блока, дорівнює **роботі**, затраченій під час переміщення вантажу на ту ж саму відстань із застосуванням блока за умови відсутності тертя. У реальному блоці завжди присутні деякі втрати.

У **техніці** використовується система, що складається з комбінації декількох рухомих і нерухомих блоків. Така система називається *поліспаст*. Найпростіший поліспаст зображено на рис. 2.4 під номером 2. Він дає виграш у силі в 2 рази.

На відміну від **шківів**, блок обертається на осі вільно і забезпечує винятково зміну напрямку руху ременя або каната, не передаючи зусилля з осі на ремінь або з ременя на вісь.

Блок може давати виграш або в силі, або в **швидкості** (рис. 2.5).

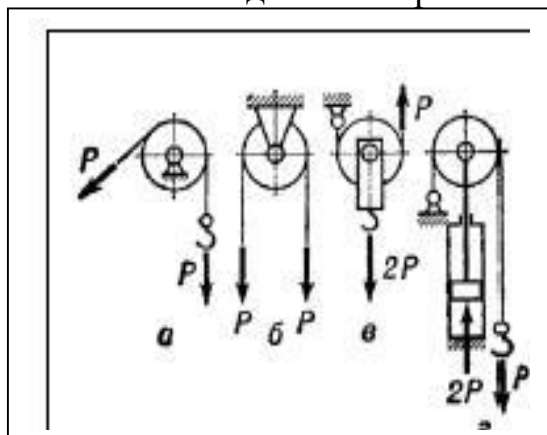


Рис. 2.5. Схема блоків різного призначення: а – направляючий, б – рівноважний, в – рухомий для виграшу у силі, г – рухомий для виграшу у відстані

**Колесо** – це деталь машини, механізму чи пристрою у вигляді кола зі спицями або диском, що обертається навколо своєї осі й забезпечує передавання та підтримання руху. **Коловорот** – це вантажопідійомний пристрій у вигляді вала з ручкою, на який намотується канат чи ланцюг.

**Клин** – різновид похилої площини. Клин є головною частиною, наприклад, ножа, ножиць, сокири, рубанка. Щоб клин перебував у стані спокою чи рівномірного руху (без тертя), необхідно прикласти до нього силу, перпендикулярну до його основи (обуха), у стільки разів меншу за силу, що діє перпендикулярно до бічної грані клина, у скільки разів основа (АВ) менша від довжини бічної поверхні клина (АС) (рис. 2.6).

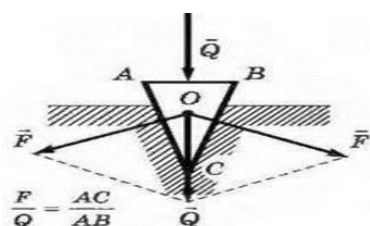


Рис. 2.6. Клин

**Гвинт** – один з простих пристроїв. Різьба гвинта являє собою похилу площину, багаторазово обгорнуту навколо циліндра. Гвинтовою лінією

називається лінія, утворена гіпотенузою прямокутного трикутника, який накручується на циліндр. Кроком гвинтової лінії називається відстань, на яку переміститься гайка при одному повному повороті гвинта (рис. 2.7).

Сила, яка діє по дотичній до головки гвинта за відсутності сили тертя, у стільки разів менша від сили, що діє на гвинт уздовж його осі, у скільки разів крок гвинта менший за довжину кола головки.

Гвинт застосовують в домкратах – простих пристроях для підйому вантажу.

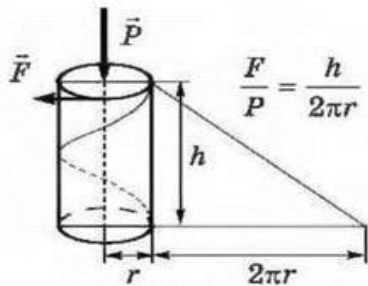


Рис. 2.7. Гвинт

Блок у поліспасті може бути нерухомим або рухомим. Перший використовується для зміни напрямку прикладання сили, а другий – для виграшу в силі у два рази (рис. 2.8). Додавання рухомих блоків збільшує виграш у силі.

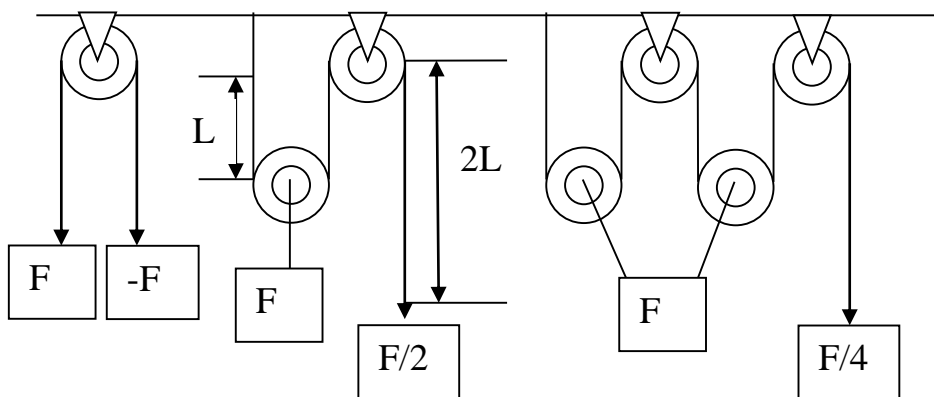


Рис. 2.8. Використання блоків

На практиці використовують не окремі блоки, а блоки в обоймі (кран, таль).

Послідовне з'єднання зорганізується через 1 нерухомий та 3 рухомих блоки. Виграш у силі дорівнює 8 (рис. 2.9)

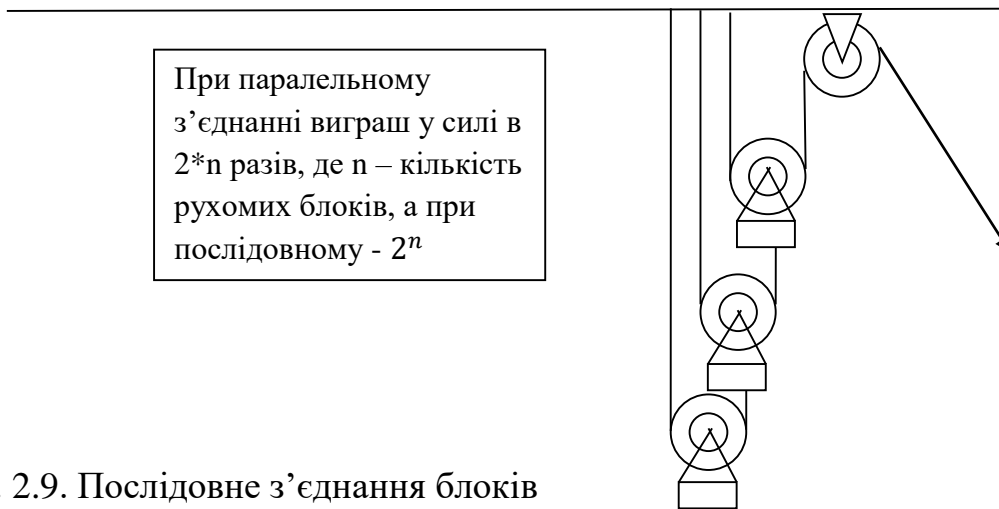


Рис. 2.9. Послідовне з'єднання блоків у поліспасти

Техніка безпеки при використанні поліспасти полягає у контролі паралельності блоків. При складанні поліспаств і при підйомі вантажу необхідно стежити за тим, щоб рухомі та нерухомі обойми були паралельні одна до одної. Косе положення одного блоку щодо іншого може привести до зісковзування каната з блока.

Використання сільськогосподарської техніки пов'язане зі складними погодно-кліматичними умовами, які суттєво знижують її прохідність. Для підтримки продуктивності сільськогосподарських операцій актуальним є планування способів та засобів вивільнення техніки із бруду, снігу та піску за допомогою підйомно-транспортних механізмів.

В науковій літературі під прохідністю машини розуміють здатність її пересуватися по дорогах низької якості й поза дорожньої мережі, а також долати штучні та природні перешкоди. Прохідність є однією із складових характеристик рухливості транспортного засобу і, як правило, визначається при проектуванні з урахуванням економічної доцільності. Підйомно-транспортними механізмами заводського виготовлення є домкрати, поліспасти, лебідки, а до простих механізмів відносяться важіль, блок, коловорот, похила площина, колесо.

Актуальним є формування знань щодо можливих способів і засобів підвищення прохідності сільськогосподарської техніки в умовах поза дорожньої мережі за допомогою підйомно-транспортних машин і пристроїв.

Наведемо *способи та засоби підвищення прохідності сільськогосподарської техніки*. До способів підвищення прохідності сільськогосподарської техніки в умовах поза дорожньої мережі відносяться:

використання прийомів звільнення заблокованої на бездоріжжі машини;

витягування з колії машини іншою машиною через буксирування;

звільнення машини із бруду, снігу та піску підйомно-транспортними механізмами заводського виготовлення;

витягування машини за допомогою простих механізмів.

До прийомів звільнення заблокованої на бездоріжжі машини відносяться:

«розгойдування» машини» – включати передачу й плавно давити педаль «газу», систематично натискаючи та відпускаючи зчеплення. При найбільш високій амплітуді розгойдування зробити спробу звільнення транспортного засобу по ходу руху;

по черзі вивішувати всі колеса домкратом та підкладати під них твердий матеріал;

зимою сипати під колеса пісок, сіль або лити рідину для миття скла;

для звільнення від піску скористатися пневматичною подушкою для підняття колеса у вигляді камери, яку накачують приєднавши до вихлопної труби з наступним підкладанням під колесо мішків з піском.

Витягування заблокованої у колії машини іншою машиною проводиться способом буксирування. На практиці розрізняють три основні види буксирування машин: на м'якому тросі, при жорсткому зчепленні і способом, що передбачає часткове навантаження (це часткове навантаження буксируваного транспортного засобу на платформу або на спеціальне опорне пристосування). Із перелічених для бездоріжжя ефективним є буксирування на м'якому тросі. Трос може бути металевим або на тканевій основі. Перевагою останнього є мала вага та сила можливого удару по корпусу машини при натягуванні. Чіпляється трос

по діагоналі, щоб зменшити вірогідність наїзду на нього (може порватися). Важливою умовою витягування буксируванням є встановлення між водіями машин зв'язку. Він може здійснюватися по мобільному телефону або через звукові та світлові сигнали.

Наведемо результати узагальнення можливих способів і засобів підвищення прохідності сільськогосподарської техніки за допомогою підйомно-транспортних машин і пристроїв заводського виготовлення (рис. 2.10).

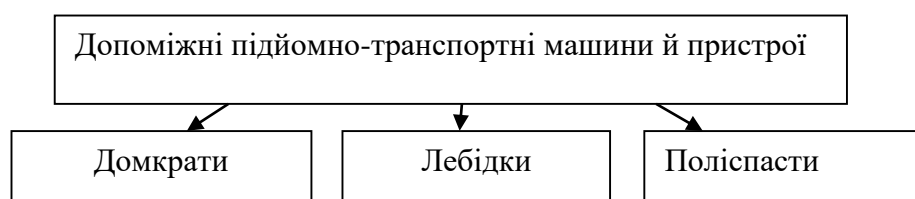


Рис. 2.10. Допоміжні підйомно-транспортні машини й пристрої

**Домкрати** – це найпростіші вантажопідйомні машини, в яких застосований висувний штовхач, що підводиться під вантаж і піднімає його на невелику висоту.

За конструкцією домкрати бувають гвинтовими, рейковими, гідравлічними, непоршневыми й клиновими. Для використання на дорогах підходять гвинтові, гідравлічні, непоршневі й клинові, а в умовах поза дорожньої мережі – рейкові домкрати. Рейкові домкрати застосовують для підйому техніки масою до 6 т. У корпусі домкрата розміщений висувний штовхач, виконаний у вигляді сталевого штока з зубчастою рейкою й прикріпленою до її нижньої частини опорною лапою. На верхній частині штовхача розташована опорна головка. Штовхач висувається за допомогою шестерні, що приводиться в обертання зубчастою передачею від рукоятки. Для фіксації вантажу в піднятому положенні застосовують храпове колесо з собачкою. Для вивільнення машини із бруду, снігу та піску її спочатку підіймають домкратом над колією, а потім штовхають на тверду частину дороги. Вивільнення роблять як переднього, так і заднього мосту. Найбільш ефективним є рейковий домкрат типу «хайджек».

**Лебідки** – це вантажопідйомні машини, в яких тягове зусилля створюється шляхом намотування каната або ланцюга на барабан. Залежно від роду приводу лебідки бувають ручними й механічними, а за способом передачі руху до барабана – зубчато-фрикційними та редукторними. Виробляються лебідки для підйому й переміщення вантажів масою до 25 т на відстань в десятки та навіть сотні метрів. В умовах бездоріжжя використовуються електричні та ручні лебідки. Електричну лебідку встановлюють під капотом, а ручну возять в багажнику автомобіля. Використання ручної лебідки складається з операцій її підготовки до роботи, прикріплення тросу через шакл до машини, а крюка через страпувальну стрічку до дерева (або саморобного якоря – лом, штир, які вбивають, та запасне колесо, яке закопують у землю). Для полегшення процесу звільнення машини із бруду, снігу й піску використовуються блоки заводського виготовлення у вигляді поліспаств (виграш у силі більш ніж у 2 рази). Недоліком ручних лебідок є складність переключення для зменшення натягу каната після закінчення роботи. Кільце стопорного штиря є занадто слабким і не витримує навантажень. Рекомендується робити послаблення тросу машиною.

**Поліспаств** – це вантажопідйомний пристрій з кількох рухомих і нерухомих блоків, що призначений для виграшу в силі (силовий поліспаств) або у швидкості (швидкісний поліспаств). Він може використовуватися спільно з лебідкою або самостійно (будівельний поліспаств). Кратність поліспаству (число рухомих блоків) вказує на кратність у виграші за силою.

Прості підйомно-транспортні пристрої використовуються, коли нема можливості звільнити машину із бруду, снігу та піску іншою машиною та підйомно-транспортними машинами й пристроями заводського виготовлення (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Прості підйомно-транспортні пристрої

Ефект *коловороту* можна отримати, якщо вбити в землю лом або штир, прикріпити до нього дошку або лопату та намотувати у горизонтальній площині трос (прокручуючи лом), один кінець якого кріпиться до машини, а інший – до лому.

*Важіль* працює на звільнення застряглої в грязі, піску або снігу машини, якщо до колеса автомобіля або гусениць трактора прикріпити дошку або стовбур. Останнє кріпиться тросом до гусениць спереду та перекріплюється з задку наперед по ходу переміщення. Дошку можна кріпити паралельно або перпендикулярно землі. За останнім варіантом трактор «шагає», вибираючись із пастки.

*Блок* може вирішити проблему звільнення машини, якщо його зробити рухомим (через нього перекинути трос й тягти). Збільшеної у 2 рази сили може вистачити для витягування машини із бруду. Похила площина може допомогти, якщо під колеса підкласти рулонну сітку (ячейки 20\*20 мм) або дошку й по ній витягти або виїхати машиною на твердий ґрунт.

Привідні *колеса* машини можуть відігравати роль імпровізованої лебідки, якщо зняти болти по діагоналі й закрутити шпильки довжиною 15 см, на які прикріпити трос або страпову стрічку.

Також привідні колеса машини дають можливість виїхати на твердий ґрунт, якщо у машинах з переднім приводом здійснювати поворот керма при включеній передній передачі, а у машинах з заднім типом приводу – використовувати для «розкачки» задню передачу. Додатковою можливістю задньопривідних моделей є використання «ручника». Завдяки спільній роботі з педаллю «газу» досягається блокування диференціала і вивільнення машини з пастки.

Використовувати власні колеса машини можна, якщо поступово зменшувати в них тиск повітря й, уникаючи різких рухів, спробувати звільнитися від бруду, снігу або піску.



## 2.2. Використання законів фізики при проектуванні підйомно-транспортних машин

Виграш в силі забезпечується за допомогою:

-важіля (крани, противаги). Сила підйому прикладається у стільки разів менша за вагу вантажу, у скільки разів більше плече важеля підйимального зусилля прикладається.

-блока (поліспасти на всіх причіпних пристроях). На кожному рухомому блоці є виграш у силі у два рази;

-різної площі циліндру (гідравлічні домкрати). Сила підйому у стільки разів менша, у скільки більша площа циліндра, який підіймає вантаж;

-кочення по горизонтальній або похилій площині (ручні вантажні візки);

-використання гравітації (елеватори) т. ін.

Закони, які діють при функціонуванні ПТМ:

1. Закон збереження енергії: повна енергія замкненої системи зберігається впродовж часу (якщо не котити, а тягти, то механічна енергія перетвориться на теплову, що робить необхідним використання колеса).

2. Золоте **правило механіки**: жоден із механізмів не дає виграшу в роботі: у скільки разів виграємо в силі, у стільки ж разів програємо у відстані.

3. Закон Паскаля: тиск у рідині передається без зміни. Якщо використовувати циліндри різної площі, то буде виграш в силі, що є пропорційним різниці площ циліндрів:

$$P=F_1 / S_1 \text{ та } P=F_2 / S_2 \text{ Отже } F_1 / S_1 = F_2 / S_2, \text{ звідси } F_2 / F_1 = S_2 / S_1 \quad (1.1)$$

## 2.3. Розрахункові параметри підйомно-транспортних машин

Основними розрахунковими параметрами *транспортуючих* ПТМ є:

- стрічковий конвеєр – ширина стрічки, швидкість, потужність двигуна приводу;

- скребковий конвеєр – це пристрій для горизонтального або похилого транспортування малоабразивних насипних вантажів, у якому переміщення матеріалу здійснюється по нерухомому жолобу — риштаку за допомогою скребків, закріплених на одному чи кількох тягових ланцюгах з певним кроком і занурених у шар насипного вантажу. Параметри – відстань між направляючими, тип-крок ланцюга, потужність двигуна

- ковшовий елеватор – (замкнуте полотно з тяговим органом, що огинає приводний і натяжний барабани (зірочки), і прикріплені до нього ковші) – ємність ковшів, швидкість руху, потужність приводу.

Основними **параметрами**, що характеризують **вантажопідйомні машини**, є: вантажопідйомність, швидкість піднімання й пересування, висота підйому, габарити, тип приводу, маса.

Параметри вантажно-розвантажувальних машин – продуктивність, конструкція.

Параметри штабелеру (транспортний засіб, обладнаний механізмом для підйому та штабелювання – зберігання і перевезення вантажів з установкою їх один на одного) – продуктивність, вантажопідйомність.

**Розрахунок кількості й продуктивності підйомно-транспортних машин.** За технологічними ознаками розрізняють:

- сільськогосподарські машини, що сполучають ряд функцій агротехнічного характеру з виконанням навантажувальних операцій (переважно комбайни);

- засоби механізації, що призначені для виконання навантажувально-розвантажувальних операцій.

Окрім того, засоби механізації, що використовуються при виконанні перевезень вантажів, можуть поділятися і за ознаками сфери використання:

- тільки для навантажувальних операцій;

- тільки для розвантажувальних операцій;

- використовуються як при навантаженні, так і при розвантаженні вантажу (зернонавантажувачі, комбайни, автомобілерозвантажувачі).

Необхідна кількість навантажувально-розвантажувальних механізмів визначається таким чином:

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{P_{\text{е}}}, \quad (2.1)$$

де  $Q_{\text{п}}$  – обсяг годинного вантажообігу пункту навантаження-розвантаження;  $P_{\text{е}}$  – експлуатаційна продуктивність засобу механізації навантажувально-розвантажувальних робіт.

Середня змінна продуктивність машини розраховується як  $P_{\text{с}} = P_{\text{зм}} / T_{\text{м}}$ , т/зміну, де  $P_{\text{зм}}$  – змінна продуктивність, а  $T_{\text{м}}$  – машинний час.

Якщо надходження вантажу відбувається нерівномірно й в окремі періоди зростає у  $K$  разів по відношенню до середньої продуктивності, то продуктивність машини повинна бути не меншою за  $P = K * P_{\text{с}}$ , т/зміну, т/годину або кг/годину.

У разі насипних вантажів продуктивність указують в об'ємних одиницях. Об'ємну продуктивність  $V_{\text{с}}$  знаходять з виразу:  $V_{\text{с}} = P_{\text{с}} / \gamma$ , м<sup>3</sup>/год, де  $\gamma$  — об'ємна насипна маса вантажу, кг/м<sup>3</sup>.

Продуктивність ПТМ у ланцюгу повинна бути збалансованою для усунення засипання пересипних пунктів. Для згладжування процесів нерівномірного транспортування насипних вантажів використовують бункери.

**Бункер** – резервуар, ємність для короткочасного зберігання і подальшого відвантаження рідких і сипких матеріалів. Розрізняють бункери залізобетонні (монолітні, збірні, змішаного типу), металеві, комбіновані. Крім того, як бункер можуть використовуватися гірничі виробки.

За призначенням бункери поділяють на технологічні та акумулюючі.

Технологічні бункери поділяють на: приймальні – для прийняття матеріалу при розвантаженні вагонів, скипів, самоскидів; дозувальні – для регульованого відвантаження, видачі на конвеєр (наприклад, при шихтуванні) тощо; зневоднюючі – для дренажного зневоднення продуктів збагачення; компенсаційні (демпфуючі) – для вирівнювання навантаження на окремі технологічні апарати по вихідному живленню; відвантажувальні – для накопичення і подальшого відвантаження продуктів збагачення в залізничні

вагони тощо. Крім того, розрізняють дозувально-акумуляуючі бункери – система бункерів, призначених для накопичення вихідного матеріалу та дозування його перед **технологічним процесом**. За типом установки розрізняють бункери стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні. Крім того, виділяють бункери неперервного та циклічного типів.

За конструктивними ознаками, зокрема, формою бункери бувають: прямокутними, круглими (конічні, циліндричні — силоси, циліндроконічні, параболічні), чарунковими (ячейки), щілинними, коритоподібними. Випускний отвір бункера закривають **затворами** та **живильниками**. За розташуванням відносно рівня землі бункери поділяють на підвісні та заглиблені у **ґрунт**.

Різновидом бункера є пересипні **воронки** і напівбункери, які мають менші розміри і, як правило, не споряджені затворами та живильниками. Основне їх призначення – концентрація сипкого матеріалу.

Вимоги до бункера – надійність завантаження й розвантаження, відсутність **залипання** вантажу, достатня ємність, мінімальне подрібнення при пересипах та зберіганні. Розмір випускного отвору бункера повинен бути в 3-5 разів більший максимального розміру грудок матеріалу. Місткість бункера може сягати 40-150 м<sup>3</sup>, а продуктивність 5-12 т/хв.

### **Контрольні питання та завдання**

1. Які відомі прості підйомно-транспортні механізми?
2. У чому полягає «Золоте правило механіки»?
3. Які закони діють при функціонуванні простих механізмів?
4. Виберіть правильну відповідь:

-воріт – це: а) важіль для створення крутного моменту (воріт колодязя з ручкою, викрутка – різниця діаметрів жала й ручки, кермо автомобіля); б) штовхач транспортних засобів або вантажів знизу; в) пристрій для захоплення, утримання при переміщенні й розвантаження вантажів; г) усе перелічене;

-домкрат – це: а) штовхач транспортних засобів або вантажів знизу; б) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні

намотується канат, що пересуває вантаж; в) механізм, тягове зусилля якого передається за допомогою каната через барабан від електричного, гідравлічного або ручного приводу; г) усе перелічене;

-вантажозахват – це а) пристрій для захоплення, утримання при переміщенні й розвантаження вантажів (вакуумний захват, магніт, крюк, кліщі, петля через траверсу або стропу, грейфер, баддя, ківш, кубель – ящик); б) пристрій, на який намотується канат; в) система блоків для виграшу в силі; г) усе перелічене;

кабестан – це: а) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні намотується ланцюг або канат, що пересуває вантаж, наприклад якір; б) механізм, тягове зусилля якого передається за допомогою каната; в) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який намотується канат; г) усе перелічене;

-лебідка – це: а) механізм, тягове зусилля якого передається за допомогою каната, ланцюга, троса через барабан від електричного, гідравлічного або ручного приводу; б) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні намотується канат, що пересуває вантаж; в) система рухомих і нерухомих блоків для виграшу в силі або швидкості; г) усе перелічене;

-поліспаст – це: а) система рухомих і нерухомих блоків для виграшу в силі або швидкості; б) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який намотується канат, що пересуває вантаж; в) механізм, тягове зусилля якого передається за допомогою каната; г) усе перелічене;

-таль – це: а) підвісна лебідка; б) пристрій з вертикально встановленим валом і канатом; в) система рухомих і нерухомих блоків; г) усе перелічене

### **Використана література**

1. Жигулін О. А. Підйомно-транспортні машини та механізми у сільськогосподарському виробництві. Технології АПК ХХІ століття: проблеми і перспективи розвитку: зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф. Ніжин, 2017. С. 119 – 125.

### 3. ВАНТАЖОПІДЙОМНІ МАШИНИ, МЕХАНІЗМИ ТА ПРИСТРОЇ

#### 3.1. Види, параметри, складові вантажопідйомних машин

Вантажопідйомні машини поділяються на основні (крани, підйомники, навантажувачі) й допоміжні (поліспасти, домкрати, талі, лебідки). Підйомники бувають скіпові, стоякові, ліфтові, а крани – консольні, стрілові, мостові, маніпуляторні т. ін.. Розрізняють також види навантажувачів – фронтальні, перекидні, з поворотною колоною.

Параметри вантажопідйомних машин та пристроїв:

- вантажопідйомність (підйомна сила);
- швидкість підйому вантажу, переміщення і повороту;
- висота підймання;
- проліт і виліт, база;
- габаритні розміри в робочому і транспортному стані;
- маса машини і окремих агрегатів;
- тип приводу і його потужність.

*Машина* – технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів та ін.), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій. Традиційно, під машиною розуміють технічну систему, яка виконує або допомагає у виконанні якогось виду роботи. Проста машина – механізм, який перетворює напрям або величину сили без споживання енергії.

Машина має функційну й конструкційну структуру (рис. 3.1).

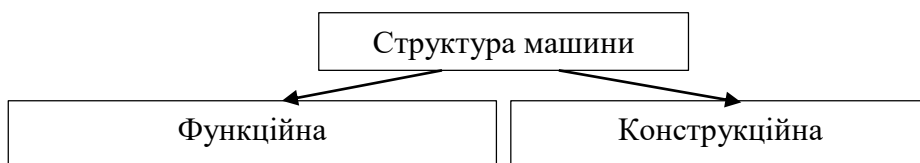


Рис. 3.1. Структура машини

У *функційну структуру* машини входять взаємопов'язані *механізми*, на кожен з яких покладена певна функція. З точки зору функційного призначення механізми машин поділяються на такі види:

механізми двигунів і перетворювачів (турбіни, генератори, насоси т. ін.);  
передавальні механізми (редуктори, пасові передачі, ланцюгові передачі);  
механізми (зміни вильоту стріли, пересування – машини в цілому або  
вантажного візка, повороту стріли, підйому вантажу, механізм ковша  
екскаватора);

засоби управління, контролю та регулювання;

засоби подавання, транспортування, живлення та сортування (механізми  
гвинтових шнеків, скребкових і ковшових елеваторів; для транспортування та  
подавання сипучих матеріалів; механізми сортування готової продукції за  
розмірами, формою, виглядом тощо);

засоби автоматичного обліку, дозування та пакування готової продукції  
(механізми дозування й пакування харчових продуктів, механізми дозування й  
розливу продукції у вигляді рідини т. ін.).

У залежності від призначення, конструкції та принципу роботи конкретної  
машини до її складу можуть входити декілька механізмів однакового  
призначення або деякі із розглянутих видів механізмів можуть бути відсутніми.  
Машина найчастіше складається з трьох основних механізмів: **двигуна**,  
передавального й виконавчого, або власне робочого механізму, котрим  
визначається спеціалізація машини та заради якого машина створюється (у  
**зернозбиральному комбайні** – жатка, у металообробній машині з ЧПУ – токарний  
верстат т. ін.).

**Конструктивна структура** машини складається з **деталей, вузлів й агрегатів**. Кожен з цих елементів має предметну чи функційну спеціалізацію,  
повне призначення й разом з тим узгоджується з іншими елементами машини,  
утворюючи в сукупності цілісну діючу конструкцію.

**Деталь** – елемент машини, який являє собою одне ціле й не може бути  
розібраний без руйнування на простіші складові ланки. Кількість деталей у  
сучасних машинах досягає десятків тисяч. Виконання машин з деталей передусім  
викликане необхідністю забезпечення відносних рухів (ступенів свободи)  
частин. Але нерухомі та взаємно нерухомі частини машин (**ланки**) також

виконують із окремих сполучених деталей. Це дає можливість застосовувати оптимальні матеріали, швидко відновлювати працездатність спрацьованих машин, замінюючи тільки прості та зношені деталі, що полегшує їх виготовлення, забезпечує можливість і зручність процесу складання машин.

**Вузол** – частина машини, яка являє собою роз’ємне або нероз’ємне з’єднання декількох деталей, яке можна зібрати окремо від інших складових частин машини або механізму й яке здатне виконувати певні функції у виробках одного призначення тільки спільно з іншими складовими частинами. Особливістю кожного конкретного вузла є те, що він може виконувати свої функції тільки у складі певної машини, для якої він призначений. Характерними прикладами вузлів можуть бути зварні корпуси, гідро- та пневмоциліндри, планетарні механізми, гальмівні пристрої, шпindelні блоки, обгінні муфти, запобіжні клапани тощо.

**Агрегат** – нормалізований вузол машини, який забезпечує повну взаємозамінюваність і самостійно виконує властиві йому функції. Це дає можливість використовувати агрегати не тільки в конструкції якоїсь певної машини, а складати з них, залежно від потреб виробництва, машини різних компонувань (машинні агрегати) завдяки стандартизованим приєднувальним розмірам. Типовими зразками агрегатів, які входять до складу машини, є електричні т. ін. двигуни, редуктори, насоси, різного призначення, гідроагрегати у вигляді гідропідсилювачів, генератори електричного струму, компресори та багато інших. З агрегатів компонують деякі машини сільськогосподарського виробництва.

**Пристрій** – обладнання, за допомогою якого виконується якась робота або спрощується, полегшується виробничий процес: блокувальний, гідравлічний, дощувальний, копіювальний, протиугінний, розпилювальний пристрій, пристрій для розточування внутрішньої різьби.



### 3.2. Деталі й вузли вантажопідйомних машин

Деталями та вузлами вантажопідйомних машин є гнучкі вантажні та тягові органи, деталі для навивки й формування напрямку пересування гнучких органів (блоки, барабани, зірочки, поліспасти), гальмівні та вантажозахватні пристрої.

До *гнучких вантажних органів*, які використовуються для підйому вантажу, належать сталеві канати та ланцюги (пластинчасті й зварні). Прядив'яні, бавовняні канати й канати з штучного волокна як підйомні або тягові елементи у вантажопідйомних машинах не застосовують.

Сталеві дротяні канати (рис. 8.1) мають переваги: високу міцність, невелику погонну масу, більшу гнучкість у всіх напрямках, можливість роботи на високих швидкостях, безшумність, велику довговічність і надійність, можливість зниження динамічних навантажень в механізмах через їх велику пружність.

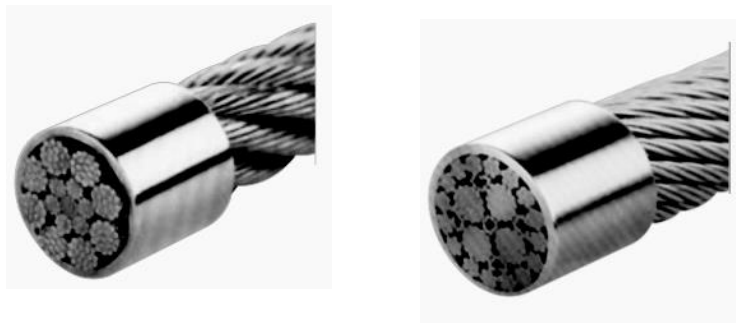


Рис. 3.2. Вантажні канати

Підйомні канати призначені для роботи на кранах, тельферах, лебідках і підйомниках. Вони працюють з нерівномірною швидкістю руху й піддаються при роботі складному виду деформації – розтягуванню й згину. Динамічні навантаження в канатах можуть досягати 25-30% від статичних навантажень.

Канати випускають трьох марок: В (вищого гатунку), І (першого гатунку) і ІІ (другого гатунку). Канати марки В застосовують в особливо відповідальних вантажопідйомних машинах (наприклад, для підйому людей), для решти вантажопідйомних і транспортних машин застосовують канати марки І, а для допоміжних цілей – марки ІІ.

Канати виготовляють з високоміцного сталевого дроту діаметром 0,2-3 мм з межею міцності до 2600 МПа. У вантажопідйомних машинах найбільше застосування знаходять канати з межею міцності 1300 ... 2000 МПа. Використовування дротів з низькою межею міцності призводить до збільшення діаметра каната, а з високою межею міцності – до зменшення терміну служби канату через його високу жорсткість.

В якості підйомних канатів застосовують канати подвійного звивання: дроти на машинах звивають в пасмо навколо центрального дроту, пасма – навколо сердечника в канат (рис. 3.3). Напрямок звивання може бути правим (праворуч – вгору – наліво) або лівим (ліворуч – вгору – направо).

Канати виготовляють з органічними сердечниками з луб'яних (пеньки) або синтетичних (капрону, нейлону) волокон або з металевими сердечниками (дротяні канати подвійного звивання). Канати з металевими сердечниками застосовують при багат шаровій навивці канатів (так як вони не втрачають форми від навантаження верхніх шарів каната), при високих температурах (при яких робота канатів з органічними сердечниками не припустима). Канати з органічними сердечниками більш гнучкі, краще утримують мастило, тому що мастило до дроту надходить не тільки зовні (канати регулярно змащуються), але й з середини від сердечника.

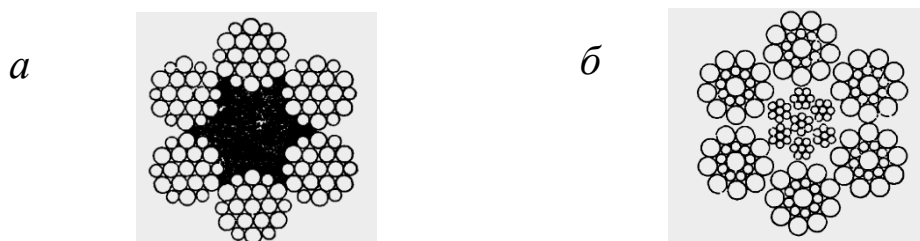


Рис. 3.3. Вантажні канати з органічним (а) та металевим (б) сердечниками  
Канати виготовляють з односторонньою й з хрестовою завивкою (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Канати з односторонньою (а) і з хрестовою завивкою (б)

При односторонній завивці дроти й пасма каната мають однаковий напрям завивки, при хрестовій – різні шари дротів і пасма мають протилежні напрями завивки. На переважній більшості вантажопідйомних машин з вільним підвісом вантажу вживаються канати хрестової завивки. Канати односторонньої завивки мають значно більший термін служби (в 1,5 – 2 рази), ніж канати хрестової завивки, коефіцієнт тертя між канатом та шківом дорівнює 0,3 (для канатів хрестової завивки – 0,11). Це має важливе значення для підйомних пристроїв з ведучим канатним шківом. Однак внаслідок невірноважених внутрішніх напружень канати односторонньої завивки прагнуть до саморозкручування, а тому зазвичай застосовуються тільки для механізмів підйому, що мають жорсткі направляючі для підйому вантажу (наприклад, ліфти).

Ступінь зносу каната визначається числом обірваних дротиків на довжині одного кроку. Гранична норма обірваних дротиків в залежить від конструкції каната й становить 5-14% від кількості дротів. Для виявлення внутрішніх пошкоджень каната застосовують дефектографи.

Розрахунок канатів зводиться до визначення максимального натягу й розривного зусилля. Максимальне зусилля (натяг) в гілці каната поліспасти при підйомі номінального вантажу:

$$F_{\max} = \frac{Q}{m \eta_{\text{п}}}, \quad (3.1)$$

де –  $Q$  – максимальна вага вантажу,  $m$  – число гілок поліспасти;  $\eta_{\text{п}}$  – коефіцієнт корисної дії поліспасти.

Розривне зусилля

$$F_{\text{роз}} = k F_{\max}, \quad (3.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу міцності каната; вибирають в залежності від призначення машини й режиму її роботи:  $k = 5..6$  – для кранів,  $k = 9$  для підйомників з людьми.

За розривним зусиллям за каталогом вибирають тип і розміри каната.

Вантажні ланцюги в підйомних механізмах застосовуються рідше ніж канати за таких причин: велика маса, менша надійність, неможливість контролювати якість ланцюга при роботі, не допускають високих швидкостей і поштовхів навантажень через небезпеку раптового розриву, висока вартість та ін.

За конструкцією ланцюги діляться на зварні та пластинчасті (рис. 3.5).

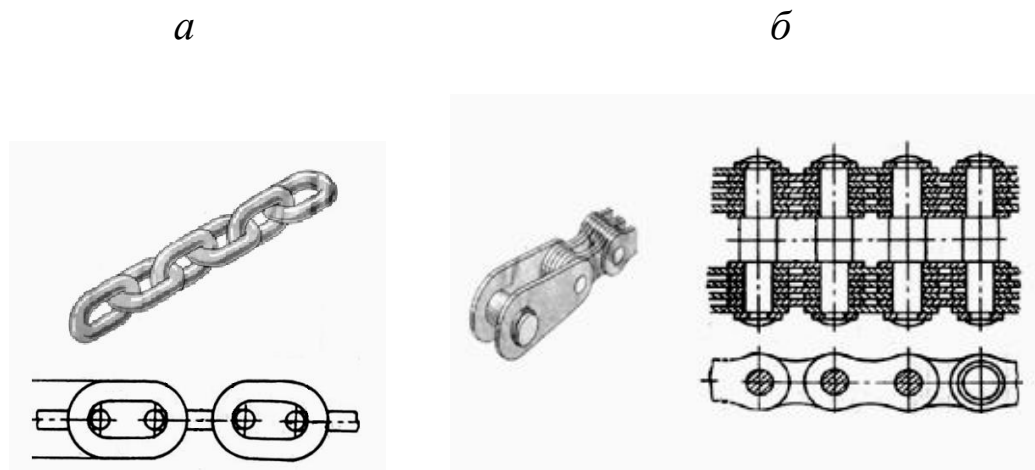


Рис. 3.5. Вантажні ланцюги: зварний (а), пластинчастий (б)

Зварні ланцюги застосовуються в телях, підйомних механізмах малої вантажопідйомності й механізмах з ручним приводом. Їх виготовляють електрозварюванням з круглої сталі марок СтЗц, Ст2, Ст3 і сталі 10. Після виготовлення зварні ланцюги перевіряють під навантаженням, що дорівнює половині руйнівного навантаження. При цьому не повинні мати місця залишкові деформації. Ланки ланцюга овальної форми лежать у взаємно перпендикулярних площинках, що забезпечує хорошу рухливість ланцюга у всіх напрямках.

За точністю виготовлення ланцюги поділяють на калібровані та прості. Калібровані ланцюги мають більш жорсткий допуск по кроку і ширині ланки. Прості зварні ланцюги призначені для роботи з барабанами й гладкими блоками, калібровані – для роботи з зірочками, які мають спеціальні гнізда.

З метою обмеження напружень згину співвідношення між діаметром блока або барабана й діаметром прутка сталі, з якого зроблений ланцюг, повинно бути не менше 20 для ручних вантажопідйомних машин та не менше 30 для машин з

машинним приводом. Зварні ланцюги непридатні для роботи зі значними швидкостями й застосовуються при швидкостях на барабані не більше 1 м/с і на зірочці – не більше 0,1 м/с. При перевищенні цих швидкостей збільшується знос ланок, зростають динамічні навантаження й небезпека обриву ланцюга.

Недоліками зварних ланцюгів, що обмежують область їх використання, є відносно велика вага, неможливість використання при роботі з високими швидкостями, можливість раптового обриву, швидкий знос ланок в місцях зіткнення й необхідність ретельного та постійного контролю за їх станом. Перевагами цих ланцюгів є гнучкість у всіх напрямках, простота конструкції й виготовлення, можливість роботи із застосуванням барабанів і зірочок маленького діаметра, що дозволяє знизити крутячі моменти, безшумність при роботі з малими швидкостями.

Пластинчасті ланцюги складаються з пластин, що з'єднані між собою валиками. Число пластин 2-12, залежить від вантажопідйомності. Деталі ланцюгів виготовляють із сталі 40, 45, 50 с межею міцності 570-620 МПа. Ланцюги застосовують у телях і підйомних механізмах при великих навантаженнях і малій висоті підйому. Пластинчасті ланцюги більш надійні в роботі, ніж зварні, та забезпечують більш плавну роботу приводу.

Пластинчасті вантажні ланцюги застосовують для підйому великих вантажів з невеликою швидкістю (до 0,5 м/с).

### **3.3. Блоки, барабани, зірочки**

**Блок** – колесо з канавкою для переміщення й направлення канатів або ланцюгів (рис. 3.6). Блоки для канатів виготовляють литтям з сірого чавуну з межею міцності при розтягуванні не менше 150 МПа або з ливарної сталі з межею міцності не менше 450 МПа, або штампованими зі сталі з межею міцності не менше 380 МПа.

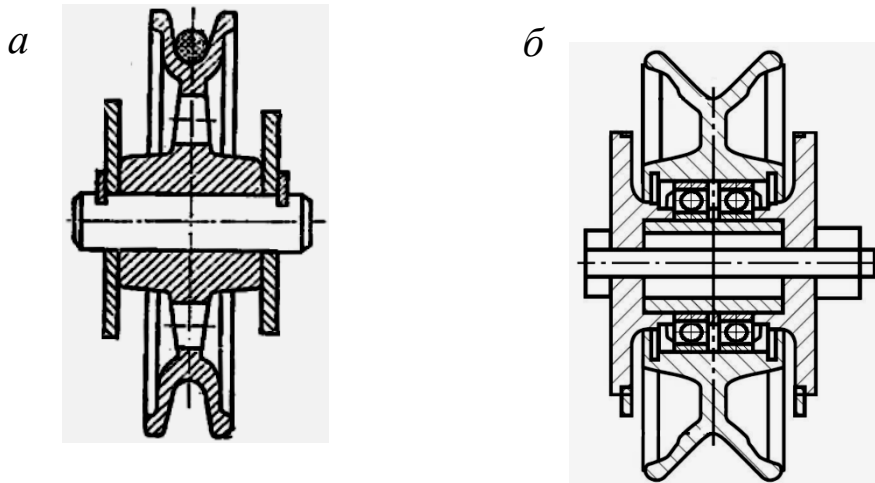


Рис. 3.6. Блоки для канатів з підшипниками ковзання (а) і кочення (б)

Профіль канавки блока повинен забезпечити безперешкодне збігання й набігання каната, а також найбільшу сполучену поверхню контакту каната й блока. Розміри профілю канавки блока (рис. 3.7) приймають за співвідношеннями:

$$R = (0,53 \dots 0,56) d; \quad H = (1,4 \dots 1,9) d, \quad (3.3)$$

де  $d$  - діаметр каната.

Ці розміри й форма профілю допускають відхилення каната від площини симетрії блока на кут до  $6^\circ$ .

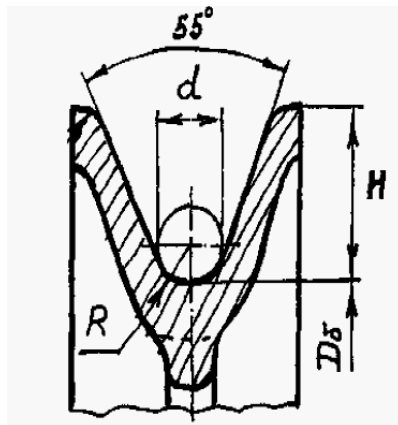


Рис. 3.7. Профіль канавки блока

Для підвищення довговічності каната канавки блоків футерують алюмінієм, гумою, пластмасою, що значно підвищує термін служби каната.

Всі блоки поліспастової системи рекомендується встановлювати на підшипниках кочення із застосуванням захисних ущільнень, що запобігають забрудненню підшипників і витік мастильного матеріалу.

Діаметр блока або барабана (див. рис. 8.6), що огинається канатом, визначають за формулою

$$D_6 \geq d (e - 1),$$

де  $e$  – коефіцієнт, що залежить від типу вантажопідйомної машини й режиму її експлуатації ( $e = 16 \dots 35$ ).

### ***Вантажні барабани***

Барабани лебідок механізмів підйому служать для перетворення крутячого моменту підйомного механізму в тягове зусилля гнучкого органу. Обертальний рух приводу за допомогою барабана перетворюється в поступальний рух каната з підвішеним до нього вантажем.

Барабани лебідок мають циліндричну форму. Їх виготовляють литими, зварювально-литими або зварювально-вальцьованими. Зварювально-литий барабан складається з секційних литих обичайок, литого фланця й литої маточини. Зварювально-вальцьований барабан містить вальцьовані з листа обичайки, литу маточину й листовий фланець. Матеріалом для барабанів лебідок служать сталі 35Л і 55Л і чавун марок СЧ 18, СЧ 28.

Барабани застосовують для одношарової й багатошарової навивок каната. Вони можуть мати гладку поверхню або поверхню з гвинтовою канавкою.

Барабани з багатошаровою навивкою застосовують при великих довжинах каната. При цьому в нижньому шарі каната виникають контактні напруження від розтягування каната і внаслідок навантаження від вище розташованих шарів. При намотування каната на гладкий барабан відбувається тертя між сусідніми витками. Це призводить до підвищеного зношування каната й скорочення терміну його служби.

Тому, як правило, навивку канатів на поверхні барабанів вантажопідйомальних машин здійснюють в один шар у спеціально нарізані по гвинтовій лінії канавки. Розміри канавок нормалізовано й дано у довідниках.

Наявність канавок забезпечує не тільки правильну укладку каната, але дозволяє зменшити контактні напруги між ним і барабаном за рахунок збільшення площі контакту й підвищити термін служби каната.

Для рівномірності розподілу навантаження на підшипники барабана й виключення горизонтального переміщення вантажу в процесі підйому (або опускання) в мостових кранах застосовують здвоєні поліспасти (див. п. 3.4). Здвоєні поліспасти вимагають застосування вдвічі більшої довжини каната. Довжина барабана в цьому випадку також збільшується вдвічі.

З обох сторін барабани мають борти (реборди), що виступають над верхнім шаром каната не менше ніж на 2-а його діаметра. Реборда напрямляє рух каната або перешкоджає сходу його з барабана. Барабани лебідок механізмів підйому вантажу мостових кранів, що мають здвоєні поліспасти, виконують без реборд.

Схему барабана й деякі розміри при багат шаровій та одношаровій навивці каната наведено на рис. 3.8.

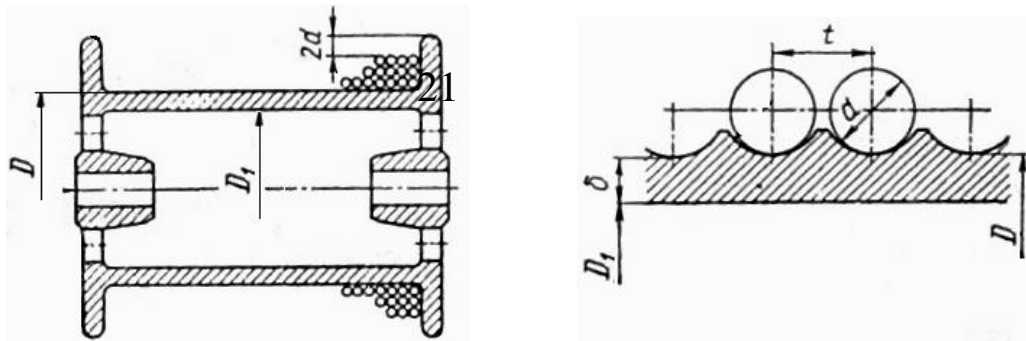


Рис. 3.8. Розрахункова схема барабана

Діаметр  $D \geq d(e - 1)$ , де  $e$  – коефіцієнт, що залежить від типу вантажо-підйомної машини і режиму її експлуатації;  $e = 16 \dots 30$ .

Крок нарізки гвинтової канавки  $t = d + (2 \dots 3)$  мм.

Товщина стінки барабана: для сталевих барабанів  $\delta \approx d \geq 12$  мм; для чавунних барабанів  $\delta = 0,02 D + (6 \dots 10)$  мм.

Довжина нарізки

$$l_n = t z, \quad (3.4)$$

де  $z$  – загальне число витків однієї нарізки;



$$z = z_p + 2, \quad (3.5)$$

де  $z_p$  – розрахункове число витків; 2 - додаткове число витків, що призначається для ослаблення натягу каната в місці його кріплення;

$$z_p = H u / (\pi D_H), \quad (3.6)$$

де  $H$  – висота підйому вантажу;  $u$  – передаточне число (кратність) поліспасти;  $D_H$  - діаметр навивки (по центру каната).

При проектуванні барабана товщину його стінки визначають наближено за емпіричною формулою

$$\delta = 0,02 D + (6 \dots 10) \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Розрахунок барабанів на міцність має наступні особливості. Стінка барабана відчуває напруження стиску, згину, кручення.

При  $L/D \leq 3$  стінку барабана розраховують тільки на стиск (де  $L$  – довжина барабана). Умова міцності барабана у цьому випадку:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{max}}}{\delta t} \leq [\sigma], \quad (3.8)$$

де  $\sigma_{\text{ст}}$  – напруження від стиску;  $[\sigma]$  – допустиме напруження.

При  $L/D > 3$  стінку барабана розраховують на стиск, згин і кручення. Умова міцності барабана у цьому випадку

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(\sigma_{\text{ст}} + \sigma_{\text{зг}})^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma], \quad (3.9)$$

де  $\sigma_{\text{зг}}$  – напруження від згину моментом  $M_{\text{зг}}$ ;

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_0} = \frac{M_{\text{зг}}}{0,1(D^4 - D_1^4)/D}; \quad (3.10)$$

$\tau$  - напруження від кручення моментом  $M_{\text{к}}$ ;

$$\tau_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{к}}}{W_p} = \frac{M_{\text{зг}}}{0,2(D^4 - D_1^4)/D}. \quad (3.11)$$

### ***Зірочки***

Зірочки – деталі циліндричної форми з зубцями для переміщення й спрямовування ланцюгів. Для каліброваних зварних ланцюгів (рис. 8.7) застосовують литі зірочки з чавуну СЧ 15 з канавками і гніздами для ланок

ланцюга. Число зубців вантажних зірочок приймають  $z = 5 \dots 6$ , тягових –  $z \geq 10$ . За вимогами Держпраці України приймають при ручному приводі  $D \geq 20 d$ , при машинному –  $D \geq 30 d$ .

Діаметр зірочки при заданих розмірах ланцюга  $t$  і  $d$  (див. рис. 3.9) і числі зубців  $z$

$$D = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin(90^\circ / z)}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos(90^\circ / z)}\right)^2}. \quad (3.12)$$

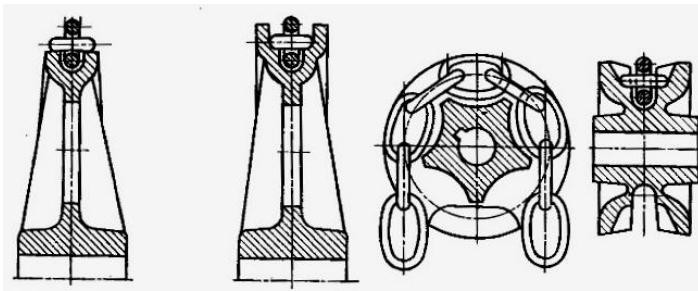


Рис. 3.9. Зірочки для зварних ланцюгів

Зірочки для пластинчатих ланцюгів (рис. 3.10) виготовляють зі сталі Ст.4, Ст.5 і 25Л. Крок зірочки між сусідніми зубами вимірюється по хорді на ділильної окружності. Діаметр зірочки

$$D = \frac{t}{\sin(180^\circ / z)}. \quad (3.13)$$



Рис. 3.10. Зірочка для пластинчастого ланцюга

### 3.4. Поліпасти, зупини

Поліспаст – система рухомих і нерухомих блоків (рис. 3.11), що огинаються канатом, яка призначена для зменшення натягнення каната й відповідно для зменшення обертаючого моменту на барабані від робочого навантаження (силовий поліспаст), або для підвищення швидкості руху вантажу при малих швидкостях руху приводного елемента (швидкісний поліспаст).

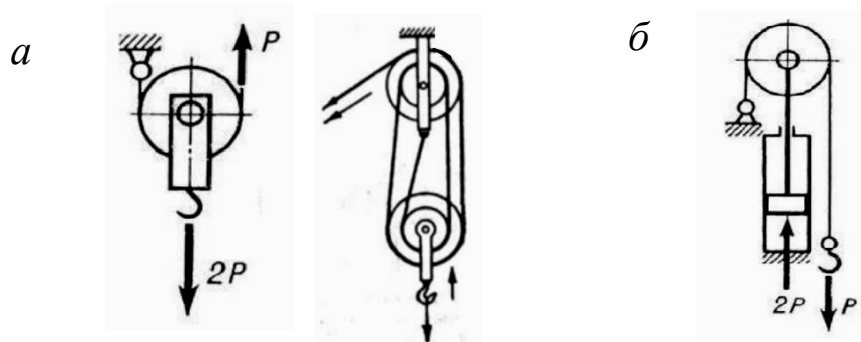


Рис. 3.11. Блоки і поліспаст: силовий (а) і швидкісний (б)

У одинарних поліспастах один кінець каната закріплений на барабані, другий кінець при парній кількості гілок каната, на яких висить вантаж, – на нерухомому елементі конструкції, а при непарній кількості – на обоймі крюка.

При нерухомому поліспасті (рис. 3.12) сила натягу у всіх гілках каната однакова:

$$F = \frac{Q}{m}, \quad (3.13a)$$

де  $m$  – число гілок поліспаста, на яких підвішений вантаж.

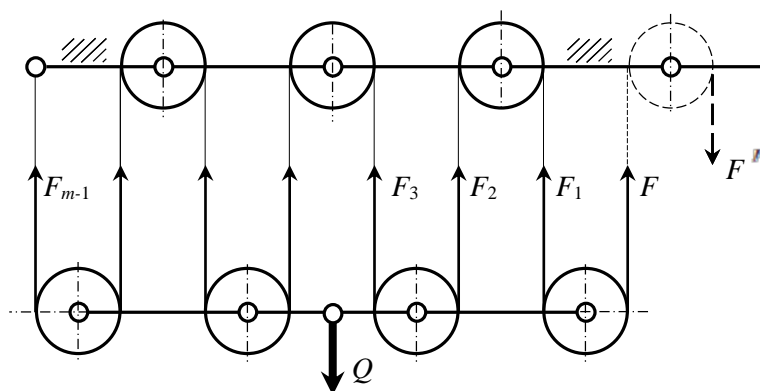


Рис. 3.12. Розрахункова схема поліспаста

Для одинарного поліспаста кратність або передаточне число:

$$u = m. \quad (3.14)$$

При підйомі вантажу внаслідок втрат в блоках і від жорсткості каната при згині натяг в гілках розподіляється нерівномірно

$$F_1 = F \eta; F_2 = F_1 \eta; F_3 = F_2 \eta \dots F_{m-1} = F_{m-2} \eta, \quad (3.15)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії блока.

Рівняння рівноваги поліспасти системи

$$Q = F + F_1 + F_2 + \dots + F_{m-1} = F (1 + \eta + \eta^2 + \dots + \eta^{m-1}) \quad (3.16)$$

Після визначення суми геометричної прогресії отримаємо формулу для розрахунку натягу гілки каната:

$$F = Q \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m}. \quad (3.17)$$

Коефіцієнт корисної дії поліспасти  $\eta_{\Pi}$  визначають як відношення корисної роботи  $Qh$  при підйомі вантажу на висоту  $h$  до витраченої роботи  $Fmh$ . Для поліспасти, у якого кінцева гілка каната збігає з рухомого блока (поліспасти на рис. 8.10 без блока, який накреслений штриховою лінією)

$$\eta_{\Pi} = \frac{1 - \eta^u}{u(1 - \eta)}. \quad (3.18)$$

Для поліспасти, у якого кінцева гілка каната збігає з нерухомого блока (поліспасти на рис. 3.13 з блоком, який накреслений штриховою лінією):

$$\eta_{\Pi} = \frac{1 - \eta^u}{u(1 - \eta)} \eta. \quad (3.19)$$

Недоліком одинарних поліспасти є те, що разом з підйомом вантаж переміщається також по горизонталі, внаслідок чого змінюються величини реакцій опор барабана й утруднюється точність установки вантажу.

*Здвоєні поліспасти* (рис. 3.13) забезпечують вертикальний підйом вантажу, реакції в опорах барабана розподіляються рівномірно. Здвоєний поліспасти складається з двох одинарних поліспасти, розділених зрівняльним блоком або балансиром. На барабан (з правим і лівим різьбленням) навивається одночасно

дві гілки каната поліспасти. Зрівняльний блок при підйомі (опусканні) вантажу не обертається і служить для зрівнювання довжин правої і лівої гілок каната поліспасти при їх нерівномірній витяжці. Тому його діаметр беруть менше, ніж у основних, і розташовується він по осі симетрії зведеного поліспасти: у верхній обоймі при парній кратності і в нижній обоймі при непарній кратності.

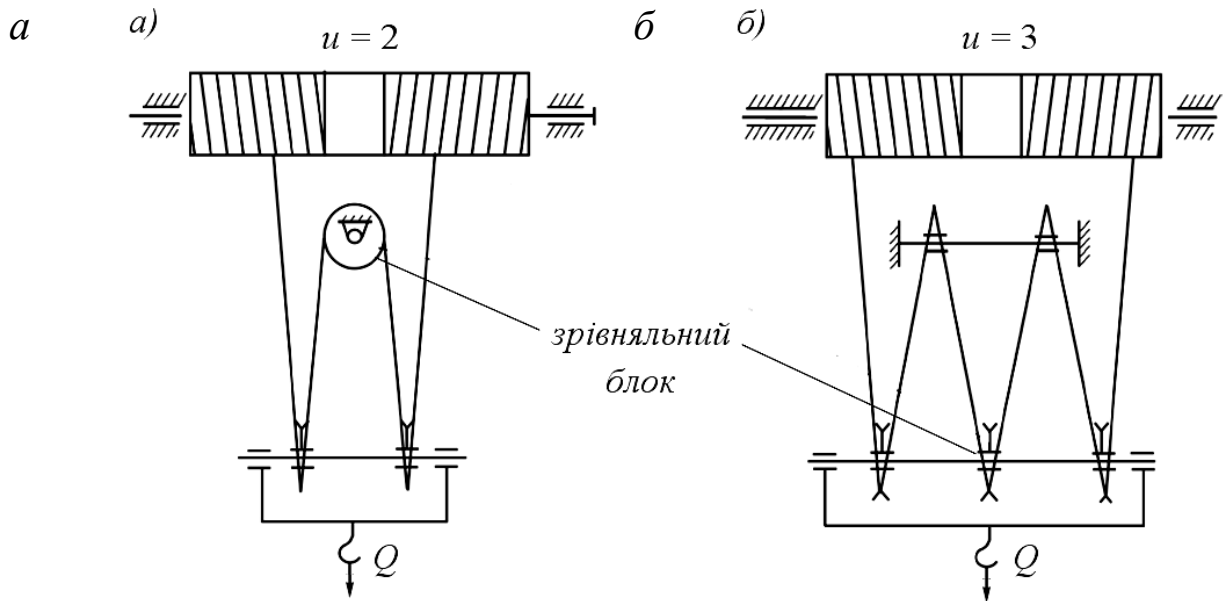


Рис. 3.13. Здвоєні поліспасти з парною (а) і непарною (б) кратністю

Кратність зведеного поліспасти  $u = m/2$ . Коефіцієнт корисної дії зведеного поліспасти визначають за формулами (3.18) і (3.19).

### 3.5. Гальмівні пристрої

Гальмівні пристрої вантажопідйомних машин призначені для зупинки кранових механізмів, обмеження швидкості та утримання вантажу у висячому положенні. За нормами Держпраці України гальмівні пристрої повинні бути встановлені на всіх механізмах підйому, пересування й повороту, за винятком тихохідних механізмів пересування ( $v < 0,5$  м/с) і з ручним приводом.

У багатьох механізмах з електроприводом гальмування здійснюється електродвигуном. При гальмуванні (опусканні вантажу, зупинці механізмів пересування т. ін.) електродвигун переключасться на гальмівний режим

(динамічний, противовключенням або генераторний з рекуперацією енергії в мережу). Остаточна фіксація зупинки будь-якого механізму завжди проводиться механічним гальмом у момент вимкнення електродвигуна. При зникненні електроенергії в електромережі автоматично включаються механічні гальма.

Всі гальмівні пристрої можна розділити на дві групи: зупини й гальма.

Зупини призначені тільки для зупинки й утримання вантажу у висячому положенні. Вони виключають його мимовільне опускання й не перешкоджають підйому, тобто є механізмами односторонньої дії.

Гальма призначені для загальмовування підйомного, ходового і поворотного механізмів. Гальма застосовують для регулювання швидкості спуску вантажу, утримання вантажу у висячому положенні або механізму в нерухомому стані

### Зупини

За принципом роботи зупини можна розділити на храпові й фрикційні.

Храповий зупин (рис. 3.14) складається з храпового колеса 1 і собачки 2 (однієї або декількох). При підйомі вантажу собачка ковзає по зубах храпового колеса, а при припиненні дії рушійного моменту собачка впирається в зуб і перешкоджає зворотному руху (опусканню) вантажу.

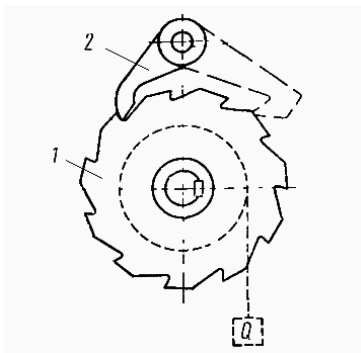


Рис. 3.14. Схема храпового зупину

Храповий механізм встановлюють, як правило, на швидкохідному валу приводу, де розміри його мінімальні. З умови мінімального зусилля у храповому механізмі собачки встановлюють під прямим кутом щодо зубців. До храпового колеса собачка притискається пружиною або вантажем. Для зменшення динамічних навантажень у механізмі при замиканні храпового зупину

застосовують не одну, а кілька собачок, зсунутих на частину кроку зубців храпового колеса. У такій конструкції при припиненні дії рушійного моменту храпове колесо повернеться у зворотному напрямку (під дією моменту від вантажу) не на крок, а тільки на частину його, не набуваючи великої швидкості під дією вантажу. Удар при замиканні зупину буде тим меншої сили, чим більше число собачок.

З фрикційних зупин найбільше застосування знаходять роликові зупини. Вони мають переваги перед храповими: відсутність ударів, шуму, згинаючих зусиль. Роликовий зупин (рис. 3.15) складається з нерухомого корпусу 1, втулки 2, що обертається разом барабаном механізму підйому, і роликів 3, що знаходяться в клинових пазах. При обертанні приводу на підйом (тобто обертанні втулки 2 за годинною стрілкою) ролики знаходяться в широкій частині паза і не перешкоджають повороту. При зміні напрямку обертання під дією сили ваги вантажу відбувається швидка зупинка механізму роликами, що розклинюються в вузькій частині пазів, куди їх посилають пружини. Установка і утримання вантажу у висячому положенні відбуваються за рахунок сил тертя між роликами і корпусом. У роликових зупин виникають великі контактні напруги, тому їх виготовляють з сталей ШХ15, 40Х, У10 (корпус і втулки), зі сталі У8, У8А, ШХ15 (ролики).

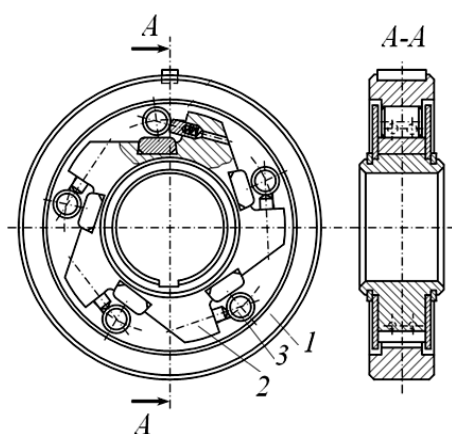


Рис. 3.15. Схема роликового зупину

Гальмування механізмів здійснюється силами тертя між обертовим шківом або диском і нерухомими елементами:

колодки,  
стрічки,  
диски.

Кінетична енергія рухомих мас крана або його елементів при гальмуванні перетворюється на теплову та нагріває гальмо.

Гальма класифікують за ознаками:

- за напрямком дії зусиль натиснення на гальмівний елемент – з радіальним й осьовим замиканням;
- за конструкцією робочого елемента – колодкові, стрічкові, дискові, конічні (дискові та конічні гальма об'єднують в одну групу гальм з осьовим натисканням гальмівного зусилля);
- за призначенням – стопорні (для зупинки), спускні (для обмеження швидкості при опусканні вантажу);
- за способом управління – автоматичні та керовані;
- за характером дії гальмівного зусилля – нормально замкнуті і нормально розімкнені гальма.

Нормально замкнуте гальмо при непрацюючому механізмі загальмовано.

Нормально розімкнуте гальмо при непрацюючому механізмі розгальмовано.

Гальма зазвичай встановлюють на швидкохідному валу механізму, де діє найменший крутний момент (найчастіше на одній з напівмуфт між двигуном і редуктором).

**Колодкові гальма.** У вантажопідійомних машинах використовують різноманітні конструкції колодкових гальм (рис. 3.16).

Колодкові гальма зазвичай застосовують в лебідках і механізмах кранів з індивідуальним електро- або гідроприводом.



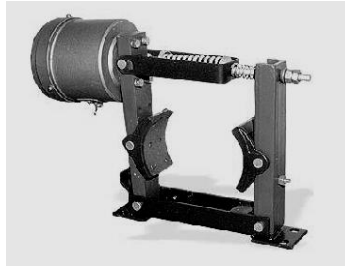


Рис. 3.16. Колодкове гальмо

У випадку *одноколодкового гальма* (рис. 3.17) замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$ , що прикладена до гальмівного важеля, створює зусилля натискання  $F_n$  колодки на гальмівний шків, внаслідок чого виникає сила тертя  $F_f = F_n f$ , протидіюча обертанню механізму (де  $f$  – коефіцієнт тертя).

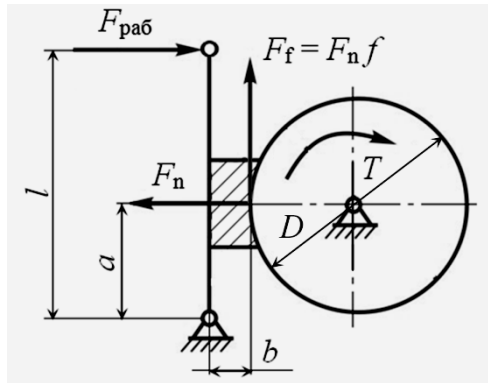


Рис. 3.17. Схема одноколодкового гальма

Необхідне зусилля натискання  $F_n$  за умови, що момент  $T_f$  сил тертя гальма неменший обертаючого моменту  $T$  на гальмівному валу (розміри вказано на рис. 3.17)

$$T_f = F_n f \cdot 0,5D \geq T ; \quad (3.20)$$

$$F_n \geq \frac{T / (0,5D)}{f}$$

Замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$  за умови рівноваги гальмівного важеля

$$F_{\text{раб}} l = F_n a \pm f b F_n ; \quad (3.21)$$

$$F_{\text{раб}} \geq \frac{a \pm f b}{l} F_n$$

В формулі «+», якщо  $T$  спрямований за годинниковою стрілкою, «-» – якщо проти.

Одноколодкові гальма застосовуються не часто, тому що вони при гальмуванні створюють зусилля, що згинає гальмівний вал.

Найбільш широко використовуються **двохколодкові гальма**, що не мають цього недоліку. На рис. 3.18 наведено двухколодкове гальмо з вантажним замиканням. Гальмівний момент двухколодкового гальма дорівнює сумі гальмових моментів, що розвиваються кожною колодкою.

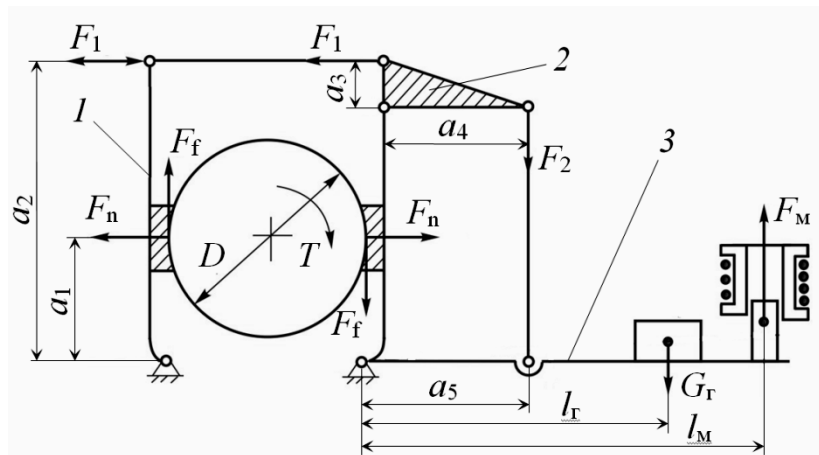


Рис. 3.18. Схема двухколодкового гальма з вантажним замиканням

Необхідне зусилля натискання  $F_n$  за умови, що момент  $T_f$  сил тертя гальма неменший обертаючого моменту  $T$  на гальмівному валу (розміри вказано на рис. 3.18).

$$T_f = F_n f D \geq T; \quad (3.22)$$

$$F_n \geq \frac{T/D}{f}$$

Визначимо вагу вантажу для гальмування. З умов рівноваги важелів 1, 2 і 3 знаходимо сили:

$$\sum m_A = F_1 a_2 - F_n a_1 = 0, \text{ звідки}$$

$$F_1 = F_n \frac{a_1}{a_2};$$

$$\sum m_B = F_2 a_4 - F_1 a_3 = 0, \text{ звідки}$$

$$F_2 = F_1 \frac{a_3}{a_4};$$

$$\sum m_C = F_{\text{гр}} l_{\text{гр}} - F_2 a_5 = 0, \text{ звідки } F_{\text{гр}} = F_2 \frac{l_{\text{гр}}}{a_5}.$$

З урахуванням цих залежностей вага вантажу для гальмування:

$$F_{\text{гр}} = F_n \frac{a_1 a_3 a_5}{a_2 a_4 l_{\text{гр}}} \quad (3.23)$$

Розмикання гальм здійснюється спеціальними гальмівними електромагнітами, які встановлюються безпосередньо на гальмівному важелі. Електромагніти включаються в електричну схему паралельно двигуна механізму, тому розмикання відбувається одночасно з вмиканням приводного двигуна. З умови рівноваги важеля 4 зусилля електромагніту для розгальмовування

$$\sum m_C = F_{\text{гр}} l_{\text{гр}} - F_M l_M = 0, \text{ звідки} \quad (3.23a)$$

$$F_M' = F_{\text{гр}} \frac{l_{\text{гр}}}{l_M} = F_n \frac{a_1 a_3 a_5}{a_2 a_4 l_M}.$$

Зусилля електромагніту для розгальмовування з урахуванням втрат у важільній системі:

$$F_M = \frac{F_M'}{\eta} = \frac{F_n}{\eta} \frac{a_1 a_3 a_5}{a_2 a_4 l_M}, \quad (3.24)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії важільної системи;  $\eta = 0,9 \dots 0,95$ .

Замикаюча сила в сучасних конструкціях колодкових гальм створюється в більшості випадків за допомогою стислої пружини (рис. 3.19).

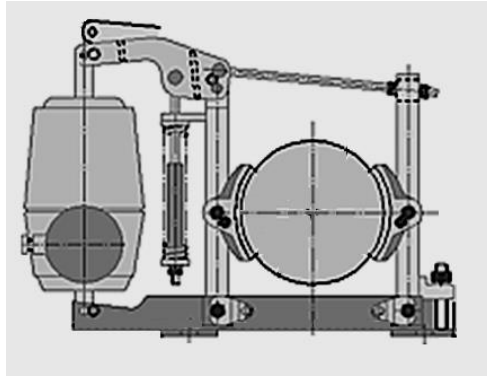


Рис. 3.19. Двошколодке гальмо з пружинним замиканням

Для зменшення розмірів і отримання великого гальмівного моменту для колодкових гальм використовують фрикційні матеріали з високими значеннями коефіцієнта тертя, теплостійкості, зносостійкості, зокрема матеріали ЕМ-1 та ЕМ-2 за ГОСТ 15960-79 товщиною 5...19 мм, стрічку типу 8-45-63, що включає азбест, оксид цинку, залізний сурик і каучук. Вони добре працюють в парі з чавунними або сталевими гальмівними шківками з твердістю поверхні не менше НВ350. Зазвичай кріплення фрикційної стрічки до гальмівної колодки здійснюється латунними чи мідними заклепками або склеюванням.

**Стрічкові гальма.** У механізмах, де потрібні великі гальмівні моменти при малих габаритних розмірах, і механізмах з груповим приводом частіше використовують стрічкові гальма (рис. 3.20). У стрічкових гальмах гальмівний момент створюється тертям фрикційного матеріалу, що прикріплений до гнучкої стрічки по поверхні циліндричного гальмівного шківка.



Рис. 3.20. Лебідка зі стрічковим гальмом

Співвідношення між максимальним  $F_H$  і мінімальним  $F_{c\delta}$  натягом кінців стрічки за формулою Ейлера для гнучкої нитки

$$F_H = F_{c\delta} e^{f\alpha}, \quad (3.25)$$

де  $\alpha$  – кут обхвату гальмівного шківів стрічкою;  $f$  – коефіцієнт тертя між шківом та стрічкою.

Гальмівний момент стрічкового гальма з урахуванням попередньої залежності

$$T_f = (F_H - F_{c\delta}) \frac{D}{2} = F_t \frac{D}{2} = F_H \left( \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha}} \right) \frac{D}{2} = F_{c\delta} (e^{f\alpha} - 1) \frac{D}{2},$$

де  $D$  – діаметр гальмівного шківів;  $F_t$  – окружне зусилля на шківі від гальмівного моменту;  $F_t = F_H - F_{c\delta}$ . (3.26)

Коефіцієнт тертя входить в показник ступеня експоненціальної функції, тому навіть мале його зміна викликає значне коливання гальмівного моменту. Внаслідок цього гальмівний момент стрічкового гальма відрізняється нестійкістю.

Через нерівномірність розподілу тиску по дузі обхвату знос фрикційного матеріалу нерівномірний. Для більш рівномірного зносу необхідно періодично міняти кінці стрічки місцями.

Розміри перетину сталеві гальмівної стрічки визначають розрахунком на розтяг по максимальній силі.

В залежності від принципової схеми розрізняють просте, диференціальне і сумуюче стрічкові гальма.

**Просте стрічкове гальмо** (рис. 3.21) односторонньої дії (тобто гальмо, у якого гальмівний момент залежить від напрямку обертання) застосовують для механізмів, де не потрібний однаковий гальмівний момент при обертанні шківів в обидві сторони (наприклад, для механізму підйому). У цьому гальмі один кінець гальмівної стрічки закріплюється на гальмівному важелі, другий - на осі обертання важеля.

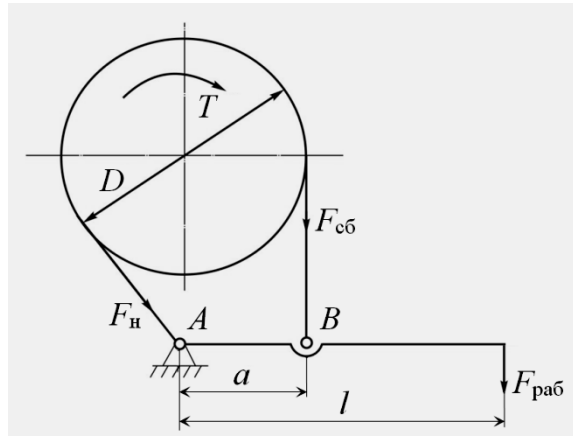


Рис. 3.21. Схема простого стрічкового гальма

Визначимо необхідну замикаючу силу  $F_{\text{раб}}$ . За умови, що момент  $T_f$  сил тертя гальма неменший обертаючого моменту  $T$  на гальмівному валу, необхідне окружне зусилля буде

$$T_f = F_t \frac{D}{2} \geq T; \quad (3.27)$$

$$F_t \geq \frac{T}{0,5D}.$$

Необхідні максимальний  $F_{\text{н}}$  і мінімальний  $F_{\text{сб}}$  натяги кінців стрічки

$$F_{\text{н}} \geq F_t \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}; \quad F_{\text{сб}} \geq F_t \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}.$$

Замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$  за умови рівноваги гальмівного важеля при обертанні шківів за годинниковою стрілкою

$$\sum m_A = F_{\text{раб}} l - F_{\text{сб}} a = 0 \quad \text{звідки} \quad F_{\text{раб}} = F_{\text{сб}} \frac{a}{l}.$$

При обертанні шківів проти годинникової стрілки максимальний  $F_{\text{н}}$  та мінімальний  $F_{\text{сб}}$  натяги кінців стрічки поміняються місцями, тобто  $F_{\text{н}}$  буде прикладений в точці  $A$ ,  $F_{\text{сб}}$  – в точці  $B$ . Замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$  у цьому випадку

$$F_{\text{раб}} = F_{\text{н}} \frac{a}{l}, \quad (3.28)$$

тобто для створення на шківу однієї і тієї ж окружної сили  $F_t$  при обертанні шківу проти годинникової стрілки потрібна в  $e^{f\alpha}$  разів більша замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$ , ніж при обертанні за годинниковою стрілкою.

**Диференціальне стрічкове гальмо односторонньої дії** (рис. 3.22) застосовують для механізмів, де потрібна невелика замикаюча сила. У цьому гальмі кінці гальмівної стрічки закріплюються на гальмівному важелі по обидві сторони від осі обертання важеля.

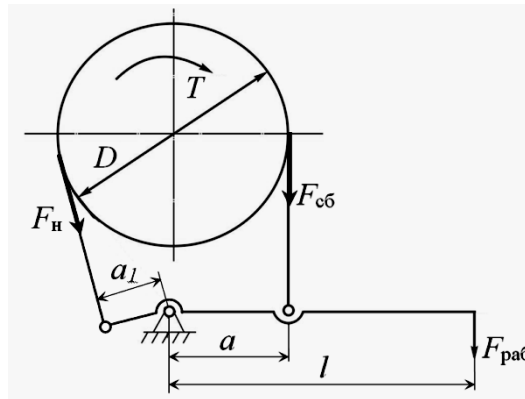


Рис. 3.22. Схема диференціального стрічкового гальма

Замикаюча сила  $F_{\text{раб}}$  за умови рівноваги гальмівного важеля

$$\sum m_A = F_{\text{раб}} l - F_{\text{сб}} a + F_{\text{н}} a_1 = 0$$

$$F_{\text{раб}} = \frac{F_{\text{сб}} a - F_{\text{н}} a_1}{l} = \frac{F_t}{l} \frac{a - a_1 e^{f\alpha}}{1 - e^{f\alpha}}.$$

Через змінність коефіцієнта тертя може мати місце рівність

$$a = a_1 e^{f\alpha}.$$

При цьому гальмівний момент  $T_f = \infty$ , що призводить до миттєвої зупинки (самозатягування гальма) і іноді до аварії механізму. Для виключення самозатягування приймають

$$a > a_1 e^{f\alpha} \text{ або } a = (2 \dots 3) a_1.$$

**Сумуюче стрічкове гальмо** (рис. 3.23) двохсторонньої дії (тобто гальмо, у якого гальмівний момент не залежить від напрямку обертання) застосовують для механізмів, де потрібний однаковий гальмівний момент при обертанні шківу в обидві сторони (наприклад, для механізму пересування). У цьому гальмі обидва

кінця гальмівної стрічки закріплюються на гальмівному важелі по одну сторону від осі обертання важеля.

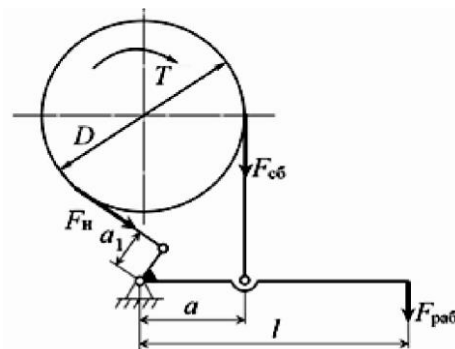


Рис. 3.23. Схема сумуючого стрічкового гальма

Замикаюча сила  $F_{раб}$  за умови рівноваги гальмівного важеля

$$\sum m_A = F_{раб}l - F_{сб}a - F_H a_1 = 0$$

$$F_{раб} = \frac{F_{сб}a + F_H a_1}{l} = \frac{F_t}{l} \frac{a + a_1 e^{f\alpha}}{1 - e^{f\alpha}}. \quad (3.29)$$

**Гальма з осьовим замиканням.** До них відносяться дискові та конічні гальма.

У **дискових гальмах** (рис. 3.24) ряд дисків 1 фіксується з осьовим ковзанням на шпонках або шліцах в нерухомому корпусі 2, а другий ряд дисків 3 – з осьовим ковзанням на шпонках або шліцах на гальмівному валу 4. При стисненні обох груп дисків силою  $F_n$  між ними виникає сила тертя, що створює гальмівний момент

$$T_f = 2i R_{ср} F_n f, \quad (3.30)$$

де  $i$  – число обертових дисків;  $R_{ср}$  – середній радіус гальмівних дисків.

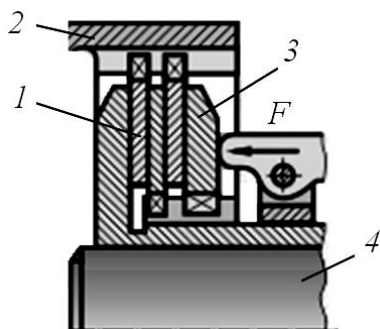


Рис. 3.24. Схема дискового гальма



**Конічне гальмо** (рис. 1.33) складається з рухомого 1 і нерухомого 2 конусів. Осьовим зусиллям  $F_n$  рухомий конус 1 притискається до нерухомого конусу 2, внаслідок чого на конічній поверхні виникає сила тертя, що створює гальмівний момент

$$T_f = \frac{F_n f D_{\text{ср}}}{2 \sin \beta/2}, \quad (3.31)$$

де  $D_{\text{ср}}$  – середній діаметр конуса (див. рис. 3.25);  $\beta$  – кут конуса.

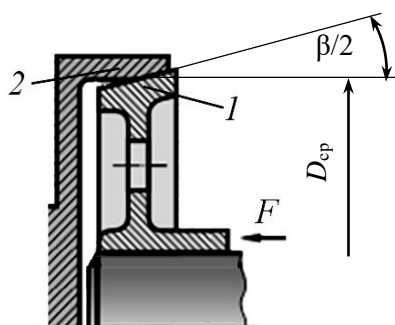


Рис. 3.25. Схема конічного гальма

При зменшенні кута конуса гальмівний момент зростає. Однак, для уникнення заклинювання конусів кут не рекомендується приймати менше  $30^\circ$ .

### 3.6. Вантажозахватні пристрої

Характер вантажу визначає вид вантажозахватного пристрою вантажопідійомної машини. Для штучних вантажів і контейнерів використовують вантажну підвіску з крюком і проміжними захватними пристосуваннями (інвентарні стропа, траверси, кліщові захвати т. ін.), для сипких і кускових матеріалів – грейфер, для рідин – ківш, спеціальна баддя, для металобрухту – електромагніт і ін. Все ширше використовуються автостропи – пристосування для автоматичного захвату й звільнення вантажу.

**Вантажні крюки** є універсальними вантажозахватними пристроями, до яких вантаж прикріплюється за допомогою канатних або ланцюгових стропів. За формою крюки поділяють на однорогі і дворогі (рис. 3.26). Розміри крюків

стандартизовано. Форма крюків забезпечує їх мінімальні розміри й масу при достатній міцності, однакової у всіх перетинах.



Рис. 3.26. Вантажні крюки: однорогий (а), дворогий (б), однорогий з вушком (в)

Вантажні крюки виготовляють куванням або штампуванням з низьковуглецевої сталі 20 або сталі 20Г або пластинчатими з листів сталі товщиною не менше 20 мм (рис. 3.27). Після кування або штампування проводять нормалізацію для зняття внутрішніх напружень. Механічній обробці піддається тільки хвостовик крюка, на якому нарізується трикутна або трапецієвидна різьба для закріплення крюка на траверсі підвіски.

Після виготовлення крюк випробовують на міцність під навантаженням, що перевищує його номінальну вантажопідйомність на 25%. При використанні стандартного крюка його розрахунок на міцність не потрібний.

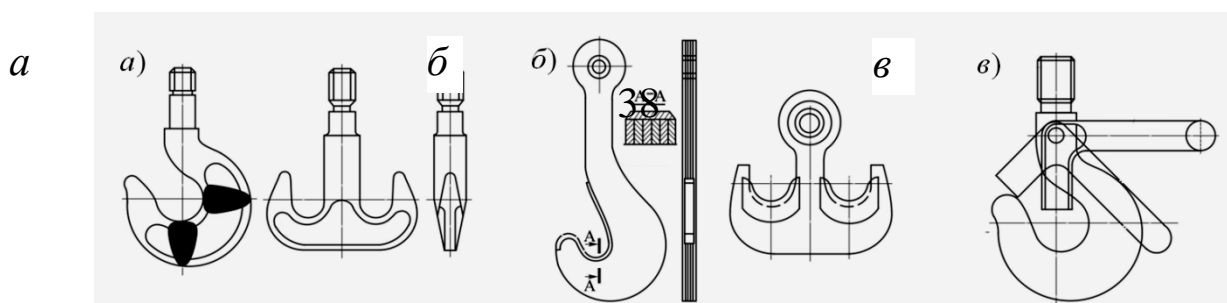


Рис. 3.27. Вантажні крюки: ковані або штамповані (а), пластинчасті (б), з запобіжним замком (в)

Крюки з'єднують з канатом безпосередньо прикріпленням каната до вушка крюка або за допомогою підвісок крюків (рис. 3.28). При з'єднанні каната за допомогою підвісок крюків вантаж висить на декількох гілках каната.



Рис. 3.28. Крюки на крюковій підвісці

**Вантажні петлі.** Окрім крюків застосовуються цільноковані або складові вантажні петлі (рис. 3.29). Петлі не стандартизовані і тому їх необхідно розраховувати на міцність. Цільноковані петлі розраховують як жорсткі рами (статично невизначена система), а складові петлі – як шарнірні системи. Тяги складових петель перевіряють на розтягування, поперечку – на вигин і стиск, як криволінійну двохопорну балку, шарніри – на зминання і на вигин осей. Вантажні петлі мають менші розміри і масу, ніж крюки, що розраховані на ту ж вантажопідйомність, тому що в перетинах петель діють менші згинаючі моменти. Але в експлуатації вантажні петлі менш зручні: стропи доводиться просовувати в отвір петлі.

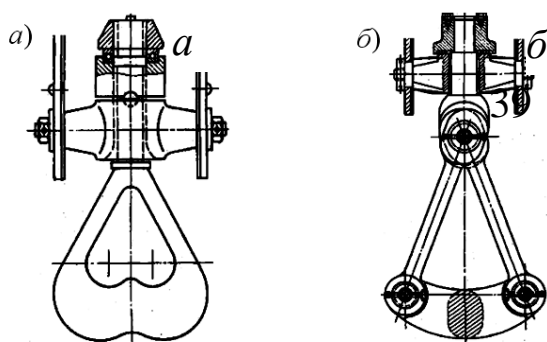


Рис. 3.29. Вантажні петлі: цільнокована (а), складова (б)

**Проміжні захвати.** Для захвату й підвісу штучних вантажів на вантажний крюк або вантажну петлю застосовують проміжні захвати: інвентарні стропа, траверси, спеціальні захвати.

Найбільш поширені **універсальні стропа**. Їх виготовляють з гілок сталевого каната або зварного ланцюга з вантажними крюками на одному кінці і коушами на іншому кінці (рис. 3.30). Кожну пару гілок підвішують до сережки. Серезки з гілками підвішують до однієї загальної серезки стропа.



Рис. 3.30. Інвентарні стропа

При визначенні допустимої вантажопідйомності враховують кут між гілкою стропа й вертикаллю (рис. 3.31). Розрахункове зусилля в гілці:

$$F_{\max} = \frac{Q}{m \cos \alpha}, \quad (3.32)$$

де  $Q$  – вага вантажу;  $m$  – число гілок стропа.

Канат стропа розраховується з запасом міцності  $k \geq 6$  при  $\alpha = 45^\circ$ .

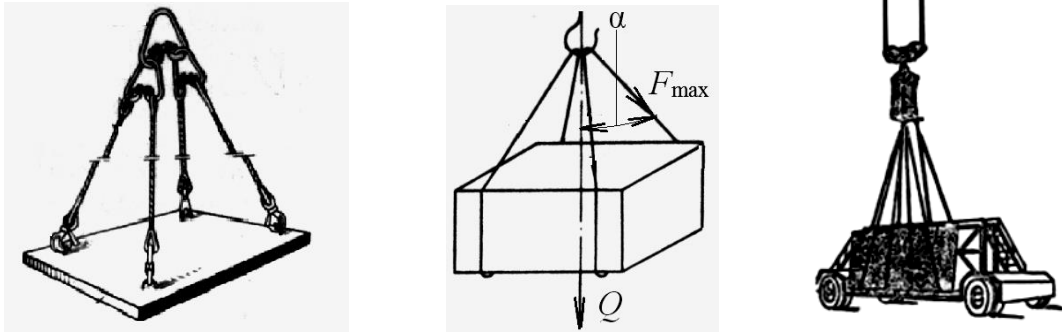


Рис. 3.31. Захват вантажу стропами

### ***Вантажні траверси***

Для підйому балок, ферм, контейнерів, труб, металоконструкцій, технологічного та іншого устаткування використовують вантажні траверси. Траверси поділяють на лінійні і просторові з кріпленням за центр або за краї (рис. 3.32). Лінійні траверси застосовуються для підйому й переміщення вантажів, у яких один із габаритних розмірів (довжина) значно більше двох інших (наприклад, труби), просторові – об’ємних вантажів. Траверси забезпечують при необхідності підйом і переміщення без впливу на вантаж згинальних або стискуючих навантажень та вантажів з несиметричним розташуванням центру тяжіння.

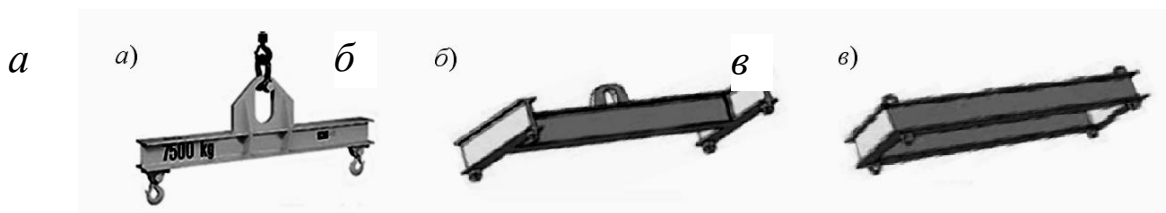


Рис. 3.32. Траверси: лінійна з підвісом за центр (а), просторові з підвісом за центр (б) та за краї (в)

Для скорочення часу на стропування штучних вантажів застосовують спеціальні захвати (***кличові, магнітні або електромагнітні захвати***).

Для підйому й переміщення листового металу та плоских вантажів, дерев'яних та бетонних блоків, легких металевих конструкцій, круглих деталей

(труб, осей, валів, колісних пар), сортового прокату (тавр, двотавр, рейка) та ін. використовують *кліщові захвати* (рис. 3.33). Вони працюють за принципом защемлення вантажу кліщами під дією його ваги. Кліщові захвати складаються з двох важелів із загальною віссю й тяг, що з'єднують важелі з кільцем, за яке захват навішують на крюк вантажопідйомного механізму. При підйомі вантажу кліщовими захватами зусилля стиснення важелів залежить від маси вантажу, співвідношення плечей важелів, конфігурації вантажу.

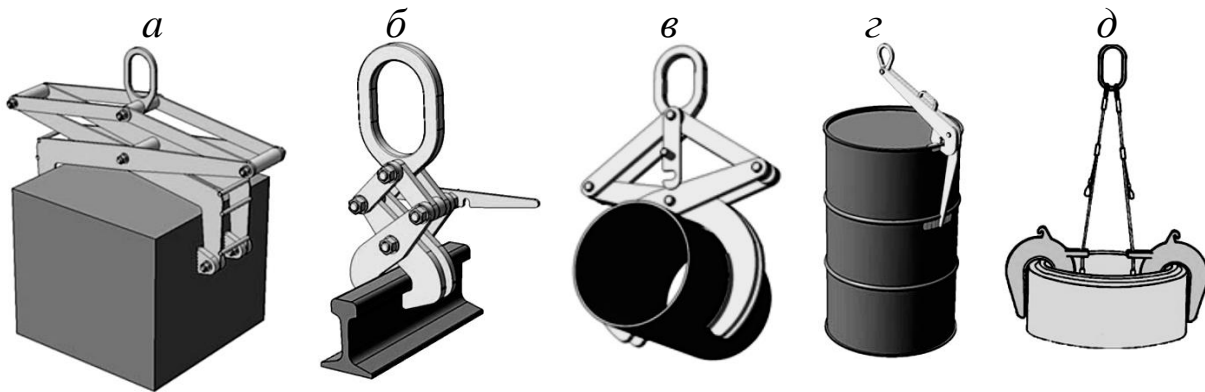


Рис. 3.33. Кліщові захвати: для бетонних блоків (а), рейок (б), труб (в), бочок (з), кілець (д)

*Магніти.* Для сталевих і чавунних вантажів застосовують підймальні електромагніти постійного струму, для феромагнітних вантажів, які мають плоскі поверхні – *постійні магніти*, що не потребують електроживлення (рис. 3.34). Електромагніти і магніти підвішують ланцюгами до крюка підйомного механізму.

Постійний струм подається до електромагніту за допомогою кабелю. Захват вантажу електромагнітом походить при зіткненні їхніх поверхонь і включенні струму, звільнення вантажу – при виключенні струму.



Рис. 3.34. Захвати для ферромагнітних вантажів з постійним магнітом (а), з електромагнітом (б)

Захват вантажу постійним магнітом походить при зіткненні їхніх поверхонь, звільнення вантажу – при виключенні магніту спеціальним кулачковим пристроєм поворотом ручки пристрою.

**Грейфери.** Для захоплення, перевантаження й транспортування на невеликі відстані сипучих і кускових вантажів, металобрухту, лісоматеріалів і ін. використовують грейфери.

Грейфер для сипучих вантажів (**ковшовий грейфер**) працює за принципом заглиблення і захоплення вантажу (рис. 3.35).

Для кращого захоплення вантажу щелепи грейфера можуть бути оснащені зубами. Грейфер для навантаження–вивантаження довгомірних вантажів (балансів, колод, труб і ін.) за пристроєм аналогічний ковшовому грейферу, але має щелепи у вигляді двох кігтеподібних захватів.

За типом приводу замикання щелеп грейфери поділяються на:

- канатні;
- приводні.

У канатних грейферах щелепи приводяться в рух за допомогою канатів вантажопідйомного механізму. В залежності від кінематичної схеми кількість приводних канатів становить від 1 до 4 і більше.

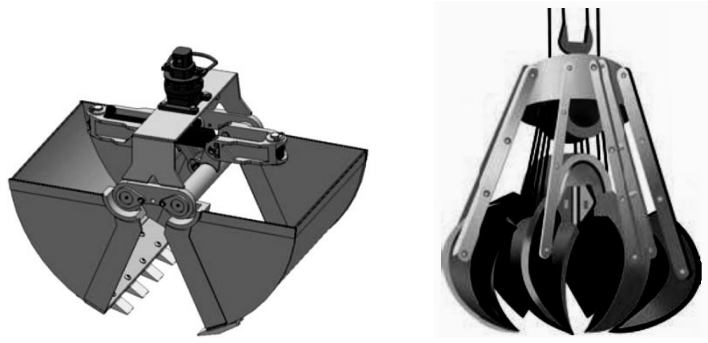


Рис. 3.35. Грейфери для сипучих і кускових матеріалів

**Приводні грейфери** діляться на два види:

1) моторні та електрогідравлічні, у яких грейфер з вантажопідйомним краном пов'язаний живильним кабелем, що подає електроенергію до приводу щелеп (мотору-редуктору або гідростанції з гідроциліндром), встановленому безпосередньо на грейфері;

2) пневматичні й гідравлічні, у яких грейфер з вантажопідйомним краном пов'язаний гідравлічною або пневматичною магістраллю, по якій подається робоча рідина до виконавчих пристроїв (гідро- або пневмоциліндрів), що встановлені безпосередньо на грейфері.

Використання грейферів дозволяє повністю механізувати навантажувальні операції.

### 3.7. Механізми вантажопідйомних машин

**Механізм підйому** призначений для підйому й опускання вантажу на необхідну висоту та утримання вантажу на необхідній висоті. Механізм підйому включає в себе двигун, передаточний механізм (зубчастий або черв'ячний редуктор або редуктор і відкриту передачу), гальмо, вантажний барабан, блоки, тягової орган (найчастіше сталевий канат) і вантажозахватний пристрій (крюк, вантажна підвіска, грейфер і ін.).



З'єднання валів механізму здійснюється зазвичай за допомогою зубчастих муфт, які допускають значне відносне зміщення осей валів, що спрощує процес монтажу механізму. Допускається також застосування пружних втулково-пальцевих муфт. Як гальмівний шків можна використовувати одну з напівмуфт муфти, що з'єднує двигун з редуктором. Конструкція механізму підйому повинна виключати мимовільне вимикання або розчеплення муфт.

За нормами Держгірпромнагляду опускання вантажу допускається тільки двигуном.

На рис. 3.36 наведено схему механізму підйому мостового крана зі здвоєним поліспастом. Механізм включає електродвигун 1, муфту 2, муфту з гальмом 3, зубчастий редуктор 4, вантажний барабан 5, блоки 6, сталевий канат 7 і вантажну підвіску з крюком 7.

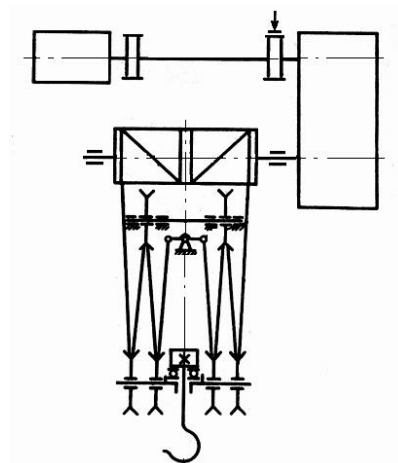


Рис. 3.36. Схема механізму підйому мостового крана

**Вибір електродвигуна.** Робота підйомного механізму характеризується повторно-короткочасним режимом. Кожен цикл включає три періоди: розгін, усталений рух, гальмування. У період розгону потужність двигуна витрачається на подолання статичних й інерційних (динамічних) опорів. Розрахунок потрібної потужності двигуна визначають за статичними опорами. Динамічні опори враховуються при перевірці двигуна на пускове перевантаження.

Необхідна статична потужність електродвигуна для подолання статичних опорів, кВт

$$P_H = Q g v / \eta, \quad (3.33)$$

де  $Q$  – вантажопідйомність крана, т;  $v$  – швидкість підйому вантажу, м/с;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $g = 9,81$  м/с;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму підйому.

Коефіцієнт корисної дії механізму підйому

$$\eta = \eta_{\text{п}} \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{бар}}, \quad (3.34)$$

де  $\eta_{\text{п}}$ ;  $\eta_{\text{ред}}$ ;  $\eta_{\text{бар}}$  – відповідно, коефіцієнти корисної дії поліспасти, редуктора, барабана.

Електродвигун вибирається по статичній потужності за каталогом з урахуванням величини відносної тривалості включення (ТВ%).

**Механізм пересування** – це приводний пристрій для пересування крана або візка по горизонталі. Механізми пересування виконуються для переміщення по рейковому, безрейковому або канатному шляху. По рейковому шляху пересуваються мостові, козлові, баштові, порталні і ряд інших вантажопідйомних машин. Канатний шлях мають візки кабельних кранів. Безрейковий шлях використовується стріловими кранами на автомобільному, пневмоколісному, гусеничному ходу.

Пересування по рейковому шляху здійснюється одним з двох типів механізмів: 1) з приводними колесами; 2) з ланцюговою або канатною тягою.

Механізм пересування з приводними колесами встановлений безпосередньо на візку або мосту крана, а механізм з канатною тягою розташований окремо від об'єкта, що переміщується, і з'єднаний з ним гнучким елементом.

Механізм пересування з гнучкою тягою розглянемо на прикладі механізму переміщення візка по мосту пролітного крана (рис. 3.37). Механізм має ведучий барабан (або зірочку) 1, що встановлений нерухомо разом з приводом на мосту крана 2 і з'єднаний з візком 3 гнучким елементом (канатом) 4. З іншого боку візка гнучкий елемент огинає обвідний блок 5. Для пересування візка 3 необхідно надати обертальний рух барабану 1. При цьому одна гілка тягового каната 4

змотується з барабана 1, а інша – намотується. Візок 3 переміщається вліво або вправо в залежності від напрямку обертання барабана.

На візку 3 також встановлені блоки 6, які огинає канат 7 механізму підйому з вантажним барабаном 8. При переміщенні візка канат 7 переміщається по блоках 6, а підвішений вантаж переміщується разом з візком. Підйом і опускання вантажу відбувається незалежно від переміщення візка.

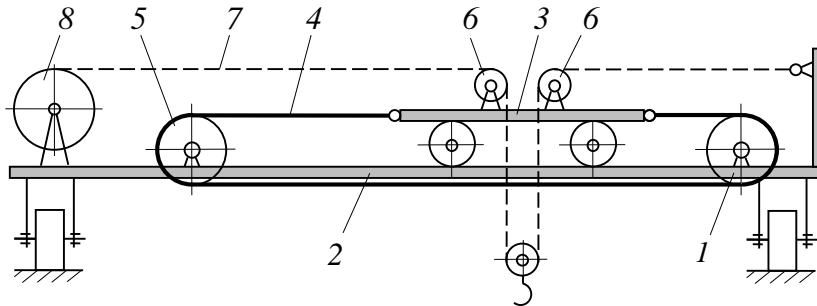


Рис. 3.37. Схема механізму пересування з гнучкою тягою

Механізми пересування з приводними колесами. Крани і кранові візки спираються на ходові колеса. Колеса, що з'єднані з приводом, є приводними (ведучими), інші колеса – холостими (веденими). Привід коліс може бути централізованим, груповим і індивідуальним. Для виключення перекосу рами візка, його забігання приводні колеса повинні розташовуватися з обох сторін візка. Машини з рейковим ходом мають переважно ходові колеса з двома ребордами.

Механізми пересування мостових кранів виконують за такими конструктивними схемами:

- механізм пересування з центральним приводом з тихохідним трансмісійним валом (рис. 3.38, а);
- механізм пересування з центральним приводом з швидкохідним трансмісійним валом (рис. 3.38, б);
- механізм пересування з роздільним приводом (рис. 3.38, в).

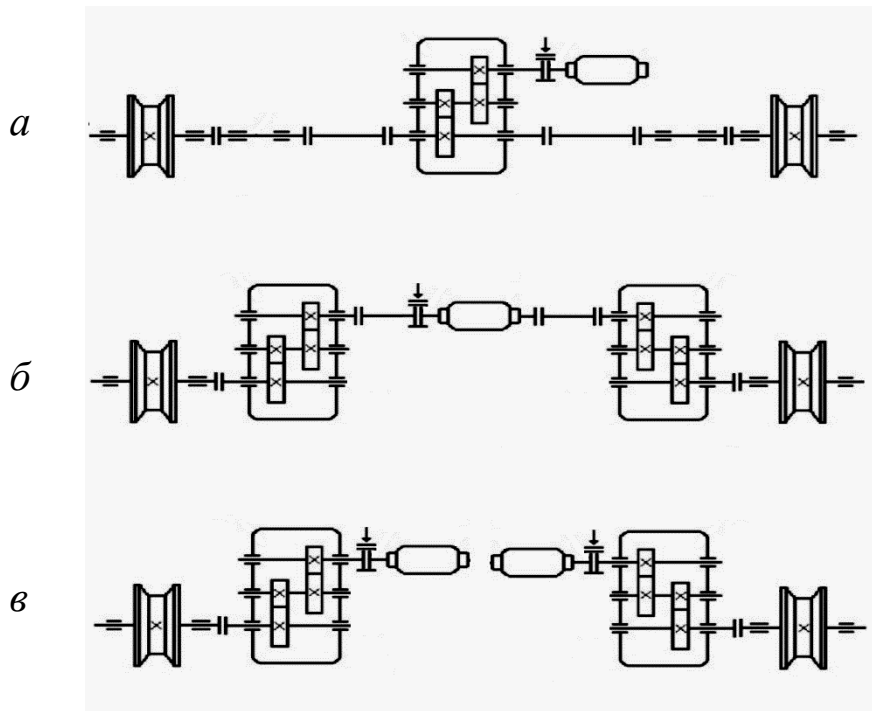


Рис. 3.38. Схеми механізмів пересування з приводними колесами

При використанні механізму пересування з центральним приводом з тихохідним трансмісійним валом (див. рис. 3а) на середній частині мосту крана встановлюють привід механізму, що складається з двигуна 5, муфти 4 і редуктора 3. Вихідний вал редуктора з'єднують з трансмісійним валом 2, що зібраний з окремих секцій. Секції трансмісійного валу встановлюються на підшипниках і з'єднуються між собою та валом приводних ходових коліс за допомогою муфт. Гальмо встановлюється на муфті 4 або на вільному кінці валу двигуна. Трансмісійний вал має ту ж частоту обертання, що і ходові колеса, і передає найбільший крутячий момент. Тому вал, муфти та опори вала мають великі розміри, що збільшує масу механізму.

В механізмі пересування з центральним приводом з швидкохідним трансмісійним валом (див. рис. 3б) трансмісійний вал має ту ж частоту обертання, що і двигун, і передає мінімальний крутячий момент. Муфти, підшипники і трансмісійний вал мають менші розміри. Незважаючи на наявність двох редукторів механізм при значних прольотах виходить більш легким. Однак

через високу частоту обертання необхідна висока точність виготовлення і монтажу трансмісійного вала і проведення його балансування.

В механізмі пересування з роздільним приводом (див. рис. 3в) кожне ведуче колесо моста має самостійний привід з окремими двигуном, редуктором і гальмом. Схема механізму вимагає наявності двох двигунів, двох гальм і двох редукторів, але вона найбільш дешева, має малу масу і проста у виготовленні.

### 3.8. Привід вантажопідйомних машин

Залежно від типу, призначення й характеру роботи вантажопідйомної машини можуть бути використані різні приводи її механізмів.

Привід вантажопідйомних машин класифікується за виглядом вживаної рушійної сили:

- а) ручний привід,
- б) машинний привід

**Ручний** привід застосовується у виняткових випадках при рідких підйомах невеликих вантажів на невелику висоту й за особливих умов, що виключають або утрудняють застосування машинного приводу. Основним принципом технічного прогресу є максимальна механізація й автоматизація виробничих процесів, що закладається в сучасних, передових технологіях.

**Машинний** привід, залежно від типу двигуна, може бути: а) паровий, б) гідравлічний, в) пневматичний, г) електричний, д) внутрішнього згорання.

У вантажопідйомних машинах також широко використовуються комбіновані приводи, наприклад, електрогідравлічний, електропневматичний, дизель-електричний т. ін.

При виборі типу приводу під час проектування вантажопідйомної машини необхідно керуватися наступними міркуваннями: складністю запуску й часом запуску двигуна, величиною пускового моменту двигуна та відношенням пускового моменту до ефективного моменту, пристосованістю двигуна до зміни моменту, що крутить, складністю підведення енергії до двигуна, умовами

перемикання й реверсування, безперервністю та безпекою в роботі, умовами обслуговування двигуна, компактністю приводу й машини в цілому, необхідною продуктивністю вантажопідйомної машини, економічним показником (вартість переробки тони вантажу).

Цим всім вимогам краще за всіх відповідає електричний привід, в слідстві чого він і набув переважне поширення у вантажопідйомних машинах і механізмах.

За видом передач привід буває із: а) зубчастими циліндричними й конічними передачами, б) черв'ячними передачами, в) ланцюговими передачами, г) кривошипно-шатунними передачами.

У вантажопідйомних машинах переважне застосування, в основному, знаходять прямозубі циліндрові передачі, косозубі й шевронні передачі застосовуються не часто. Конічні передачі прагнуть не використовувати, зважаючи на низький їх ККД і лише там вони застосовуються, де необхідно передавати момент, що крутить, під кутом. Черв'ячні передачі у вантажопідйомних машинах, також не знаходять широкого застосування, завдяки невисокому ККД, значному ускладненню монтажу й демонтажу, огляду та розміщення всього приводу, використуванню дефіцитного кольорового матеріалу й підвищеній вартості виготовлення. Проте у теперішній час зустрічаються глобоїдальні черв'ячні передачі, які багато в чому усувають недоліки звичних архимедових черв'ячних передач. Ланцюгові передачі знаходять застосування у приводі спеціальних кранів, механізмах пересування та зміни вильоту стріли й коливання.

У вантажопідйомних механізмах ручний привід застосовується при підйомі невеликих вантажів і не на велику висоту, коли швидкість і продуктивність не є визначальними в технологічному процесі. Наприклад, в будівельних і портових лебідках, таях, домкратах т. ін. Паровий привід застосовується в стріловидних пересувних кранах залізничного типу та в даний час не знаходить застосування у вантажопідйомних машинах. Перевага парового двигуна: а) висока експлуатаційна надійність, б) відносна простота

обслуговування, ремонту й управління, в) можливість плавного регулювання робочих швидкостей, г) гарна перевантажувальна здатність робочої характеристики двигуна.

Недоліки парового двигуна: а) відсутність постійної готовності двигуна до роботи, б) низький ККД, в) великі габарити й маса, г) небезпека в пожежному і санітарному відношенні.

У той же час можливість використання атомної енергії, акумуляція водяної пари, економія традиційних енергоресурсів може привести до використання цього приводу в майбутньому у вантажопідйомних машинах, що вимагають автономного джерела енергії.

**Гідравлічний** привід набув широке поширення в останнє десятиліття в різних механізмах вантажопідйомних машин, дякуючи наступним його перевагам: а) можливість безступінчастого регулювання швидкості руху робочих органів машини, б) володіє великою перевантажувальною здатністю, в) невелика вага й габарити, г) мала інерційність, д) висока надійність і довговічність, е) простота здійснення автоматизації управління. Недоліки гідравлічного приводу: а) знижена економність при роботі з вантажами, вага яких менше за номінальну, б) складність подачі робочої рідини до приводу пересувних машин, в) різко погіршується робота приводу при низьких температурах, г) необхідність ретельного спостереження за станом ущільнень, д) великі гідравлічні опори за наявності довгих трубопроводів, е) висока вартість комплектуючого устаткування (насоси, гідроциліндри, трубопроводи, трансформатори, мінеральні масла, пристрої ущільнення т. ін.).

**Пневматичний** привід набув також широке поширення в невеликих пневматичних підйомниках, автокранах, вантажних маніпуляторах, ливарних і механообробних цехах і у вибухонебезпечних приміщеннях. Переваги пневматичного приводу: а) простота конструкції і управління приводом, б) плавна безударна робота, в) зручність і легкість управління, г) простота ремонту і обслуговування, д) велике допустиме число вмикань в годину. Недоліки пневматичного приводу: а) низький ККД, б) неможливість використання

пневматичного приводу в пересувних кранах з живленням від загальної мережі стислого повітря, в) висока вартість експлуатації, г) велика витрата повітря.

**Привід з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ)** набув широке поширення в пересувних стрілових кранах – залізничних, пневмоколісних, гусеничних, тракторних, плавучих, кранах-екскаваторах і ін. вантажопідйомних машинах і механізмах. Переваги приводу з ДВЗ: а) постійна готовність до роботи, б) відносно невеликі габарити й вага, в) високий ККД, г) висока економність - відсутність витрати палива під час перерв в роботі, д) можливість регулювання швидкістю механізмів вантажопідйомної машини. Недоліки приводу з ДВЗ: а) відсутність можливості розгону під навантаженням, що змушує встановлювати спеціальні фрикційні або гідравлічні муфти, б) обмежена перевантажувальна здатність, що приводить до застосування двигунів з підвищеною потужністю, що приводить до зниження ККД, в) застосування складних реверсивних пристроїв оскільки ДВЗ має постійний напрям обертання валу двигуна, г) необхідність кваліфікованого обслуговування.

**Дизель-електричний** привід дозволяє спростити механічну частину трансмісії. Такий привід складається з дизельного двигуна й генератора постійного струму, що живить енергією електродвигунів окремих механізмів вантажопідйомної машини. Вартість такого приводу висока й він недостатньо економний.

**Електричний** привід набув найбільш поширення у вантажопідйомних механізмах. Перевага електроприводу: а) можливість встановлення самостійних двигунів для кожного механізму, б) безпека й простота управління, в) можливість застосування різних запобіжних пристроїв, г) економність експлуатації, д) постійна готовність до роботи, е) можливість реверсування і регулювання робочих швидкостей в достатньо широких межах. Недоліки електроприводу: а) залежить від зовнішніх джерел електричної енергії. З огляду на те, що швидкість двигуна при зменшенні навантаження зростає, механізм з таким двигуном може працювати з допустимим мінімальним вантажем.



### 3.9. Загальні вимоги до розрахунку вантажопідійомних машин і механізмів

Умови навантаження при експлуатації крана та його механізмів враховуються режимами роботи.

Для визначення режиму роботи механізму необхідні значення відносної тривалості включення механізму, класу використання й класу навантаження. Нижче наводиться їх визначення.

Для вантажопідіймальних машин характерна робота з повторно-короткочасними включеннями, при яких робочий орган і вантаж здійснюють зворотно-поступальні рухи. Повний час циклу роботи механізму вантажопідіймальної машин складається із сум часу пуску  $t_{\text{п}}$ , часу руху з усталеною швидкістю  $t_y$ , часу гальмування  $t_r$  і часу пауз  $t_0$ :

$$t_{\text{ц}} = \Sigma t_{\text{п}} + \Sigma t_y + \Sigma t_r + \Sigma t_0 \quad (3.35)$$

Час роботи механізму за цикл:

$$t_{\text{в}} = \Sigma t_{\text{п}} + \Sigma t_y + \Sigma t_r. \quad (3.36)$$

Інтенсивність використання механізму характеризує відношення часу роботи механізму до повного часу циклу, яке називається відносною тривалістю включення:

$$T_{\text{в}} = (t_{\text{в}} / t_{\text{ц}}) 100\% \quad (3.37)$$

Час роботи механізму за термін служби крану може бути визначений за формулою:

$$T_{\text{роб}} = 365 c_p c_d, \quad (3.38)$$

де  $c_p$  – термін служби крану, роки;  $c_d$  – добовий час роботи механізму, год.

Коефіцієнт навантаження визначають за формулою

$$K = \sum \left( \frac{P_i}{P_{\text{max}}} \right)^3 \frac{t_i}{\sum t_i}, \quad (3.39)$$

де  $P_i$  – навантаження (сила або момент), що діє на механізм за час  $t_i$ ;

$P_{\text{max}}$  – максимальне навантаження (сила або момент), що діє на механізм.

За значеннями  $T_B$ ,  $T_{роб}$ ,  $K$  за стандартом визначають клас використання й клас навантаження, а по них – групу режиму роботи механізму.

Група режиму роботи крана в цілому визначається за стандартом в залежності від класу використання й класу навантаження крана.

Клас використання крана визначають за числом циклів роботи за термін служби за коефіцієнтом навантаження, який розраховується за формулою:

$$K_k = \sum \left( \frac{Q_i}{Q_{ном}} \right)^3 \frac{c_i}{\sum c_i}, \quad (3.40)$$

де  $Q_i$  – маса вантажу, що переміщується за числом циклів  $c_i$ , т;

$Q_{ном}$  – номінальна маса вантажу, т.

Розрахункові навантаження на механізми й металоконструкції вантажопідійомних машин визначають на підставі діючих навантажень з урахуванням групи режиму механізму або крана.

Розрахунок деталей на опір втоми, знос і нагрівання проводять по еквівалентним навантаженням, тобто таким навантаженням для стаціонарного режиму, які викликають ту ж ступінь втоми деталі протягом терміну служби, як і фактично діюче навантаження нестационарного режиму.

Еквівалентна схема навантаження визначається за графіками завантаження від часу. Її будують з урахуванням дійсного режиму роботи механізму. При відсутності таких графіків використовують типові усереднені графіки завантаження кранових механізмів, що побудовані на основі узагальнення досвіду експлуатації вантажопідійомних машин, як, наприклад, для групи режиму роботи 4М на рис. 3.39.

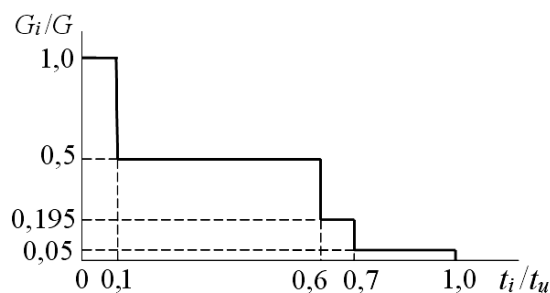


Рис. 3.39. Типовий графік завантаження кранових механізмів

### ***Вихідні дані до розрахунку підйомних машин і механізмів***

Для розрахунку механізму підйому необхідно задати: вантажопідйомність  $Q$ , т; максимальну висоту підйому  $h$ , м; швидкість підйому  $v$ , м/с; графік навантаження, термін служби машини (років), режим роботи механізму; рід струму (постійний або змінний); тип двигуна (постійного струму, асинхронний, синхронний).

### ***Вибір кінематичної схеми механізму***

Для кранів мостового типу зазвичай приймають кінематичну схему з асинхронним двигуном і фазним ротором, який з'єднаний з редуктором за допомогою зубчастої муфти. Крюкову підвіску приймають зі здвоєним поліспастом. Кратність  $u$  здвоєного поліспаста приймають в залежності від вантажопідйомності  $Q$  механізму: при  $Q = 1,6$  т  $u = 2$ ; при  $Q = 10 \dots 15$  т  $u = 2; 3$ ; при  $Q = 20 \dots 30$  т  $u = 3; 4$ ; при  $Q = 40 \dots 50$  т  $u = 4; 5$ .

### ***Вибір крюкової підвіски***

Вибір типорозміру крюкової підвіски здійснюють за умовами:

- вантажопідйомність  $Q_{\text{п}}$  крюкової підвіски не повинна бути меншою заданої вантажопідйомності, тобто  $Q \leq Q_{\text{п}}$ ;
- режим роботи крюкової підвіски повинний відповідати режиму роботи механізму підйому.

### ***Вибір каната***

Визначають максимальне статичне зусилля в канаті. Вибір типорозміру каната здійснюють за умовами:

- добуток максимального статичного зусилля на коефіцієнт запасу міцності не повинний перевищувати розривне зусилля у канаті, тобто  $S_{\text{max}} k_{\text{зап}} \leq S_{\text{розр}}$ ;
- повинно виконуватися співвідношення діаметра каната до діаметра блока крюкової підвіски  $D_{\text{бл}} \geq d_{\text{к}} e$ .

### ***Вибір електродвигуна***

Максимальна статична потужність двигуна визначається за формулою:

$$P_{\max \text{ ст}} = \frac{Gv}{\eta}, \quad (3.41)$$

де  $G$  – вага номінального вантажу та крюкової підвіски, кН;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії приводу механізму; приймають  $\eta = 0,8 \dots 0,85$ .

Вибір типорозміру електродвигуна здійснюють за умовами:

– відносна тривалість включення двигуна  $T_{\text{дв}}$  повинна дорівнювати середньому значенню відносної тривалості включення електроустаткування  $T_{\text{ел}}$  при заданому режимі роботи, тобто  $T_{\text{дв}} = T_{\text{ел}}$ ;

– номінальна потужність електродвигуна повинна бути меншою за максимальну статичну потужність  $P_{\text{дв}} < P_{\max \text{ ст}}$ , тому що еквівалентна потужність електродвигуна, яку він розвиває при роботі з вантажами різної ваги, завжди менша ніж максимальна статична потужність; в кранах загального призначення можна приймати  $P_{\text{дв}} = (0,7 \dots 0,8) P_{\max \text{ ст}}$ .

### ***Вибір передачі***

У механізмах підйому вантажу використовуються двоступінчасті циліндричні редуктори Ц2У, Ц2Н, ЦДНД, ЦДН, Ц2, РК, РМ та ін., які випускаються машинобудівною промисловістю.

Вибір типорозміру редуктора здійснюють за каталогом за умовами:

– розрахунковий еквівалентний момент на тихохідному валу редуктора  $T_{\text{ре}}$  не повинний перевищувати еквівалентний момент редуктора  $T_{\text{рн}}$  за каталогом, тобто  $T_{\text{ре}} \leq T_{\text{рн}}$ ;

– передаточне число редуктора  $u_{\text{р}}$  не повинне відрізнятись від потрібного передаточного числа  $u_{\text{рп}}$  більш ніж на 15%, тобто

$$[(u_{\text{рп}} - u_{\text{р}}) / u_{\text{рп}}] \cdot 100\% \leq 15\%;$$

– допустима частота обертання  $[n_{\text{р}}]$  швидкохідного валу редуктора потрібна бути не меншою номінальної частоти обертання двигуна  $n_{\text{н}}$ , тобто  $[n_{\text{р}}] \geq n_{\text{н}}$ .

### ***Вибір гальма***

В механізмах підйому застосовуються автоматичні нормально замкнуті гальма типів ТКТ, ТКП, ТКГ, ТКТГ з пружинним замиканням та електромагнітним або електрогідравлічним приводом.

Вибір типорозміру гальма здійснюють за каталогом за умови, що номінальний гальмівний момент  $T_{\text{тн}}$  не менший розрахункового гальмівного моменту  $T_{\text{тр}}$ , тобто  $T_{\text{тн}} \geq T_{\text{тр}}$ .

Розрахунковий гальмівний момент визначають за формулою

$$T_{\text{тр}} = k_{\text{т}} T_{\text{ст}}, \quad (3.42)$$

де  $k_{\text{т}}$  – коефіцієнт запасу гальмування (визначається за Правилами ГГТН в залежності від режиму роботи);  $T_{\text{ст}}$  – статичний обертальний момент на гальмівному валу, який створюється вагою  $G$  номінального вантажу;

$$T_{\text{ст}} = 0,5 G D_{\text{б}} \eta_{\text{max}} / u_{\text{мех}}, \quad (3.43)$$

де  $\eta_{\text{max}}$  – коефіцієнт корисної дії, що визначається за максимальними значеннями коефіцієнтів корисної дії ланок кінематичного ланцюга механізму підйому;  $u_{\text{мех}}$  – передаточне число механізму з урахуванням поліспасти;  $D_{\text{б}}$  – діаметр вантажного барабану.

Для обраних гальм з електромагнітним приводом відносна тривалість включення котушки електромагніта повинна відповідати режиму роботи механізму підйому.

### **3.10. Розрахунок підйомного крана**

Складові розрахунку крана наведені на рис. 3.40. Розрахунок складається з розрахунку механізмів:

- підйому;
- металоконструкції.

Перший складається з 6 етапів, а другий з 3 етапів.

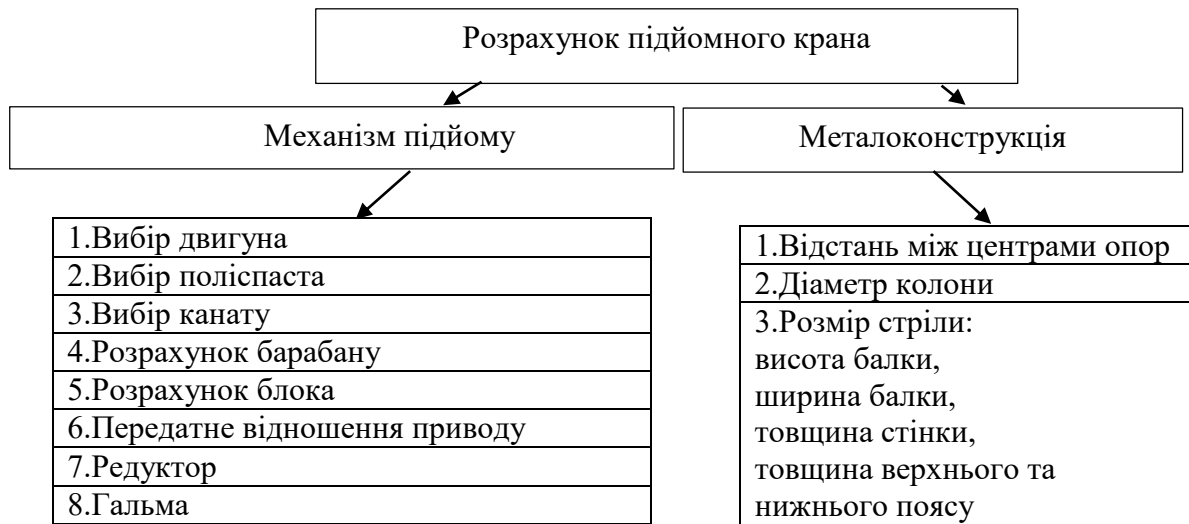


Рис. 3.40. Складові розрахунку підйомного крана

## 1. Вибір двигуна:

- зусилля на вантажозахватному органі найбільше у точці набігання каната на барабан:

$$G_{\text{пр}} = Q \cdot g = 500 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 5000 \text{ Н},$$

де  $Q$  – вантажопідйомність,

$g$  – прискорення вільного падіння

- вага вантажозахватного органу:  $G_{\text{зах}} = 0,03 \cdot G_{\text{пр}} = 0,03 \cdot 5000 = 150 \text{ Н}$

- статична потужність двигуна:

$$P_{\text{ст}} = (G_{\text{пр}} + G_{\text{зах}}) V / 60 \cdot 1000 \cdot \eta = (5000 + 150) \cdot 12 / 60 \cdot 1000 \cdot 0,9 = 1,15 \text{ кВт},$$

де  $V$  – швидкість підйому вантажу, м/хв.

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії (ККД) = 0,9

Вибираємо двигун АИС9056,  $n = 875 \text{ хв}^{-1}$ ,  $P = 1,4 \text{ кВт}$

2. Розрахунок ККД поліспасти  $\eta_n$  (рис. 8.40). Сила натягу 1 гілки не повинна перевищувати 5000 кг (табл. 3.1), де  $i_n$  – кількість гілок

Таблиця 3.1

Q, тис. кг	5	10-15	20-30	40-50	75-125
$i_n$	2	2 ... 3	3 ... 4	4 ... 5	5 ... 6

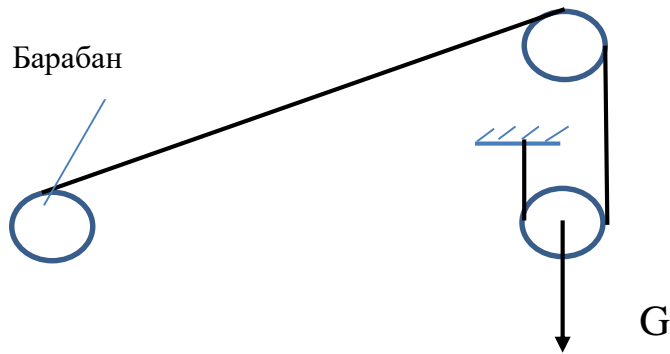


Рис. 3.41. Поліспаст крана

$$\eta_n = \frac{1 + \eta + \eta^{a-1}}{a} \eta^t = \frac{1 + 0,98}{2} 0,98^2 = 0,951, \text{ де } \eta = 0,98 \text{ – ККД блоку, } a \text{ –}$$

кратність поліспасту ( $a=2$ ),  $t$  – кількість обвідних блоків ( $t = 2$ ).

1. Вибір каната:

- найбільша сила натягіння в канаті  $F_{max}$ ;
- розривне зусилля  $F_{розр}$ ;
- вибір канату.

$$F_{max} = \frac{G_{пр} + G_{зах}}{a * m * \eta_n} = (5000 + 150) / (2 * 1 * 0,951) = 2655 \text{ Н,}$$

де  $a$  – кратність поліспасту;

$m$  – число канатів;

$\eta_n$  – ККД поліспасту.

Отримали, що найбільша сила натягіння майже у 2 рази менша за найбільший вантаж.

$$\text{Розрахуємо розривне зусилля: } F_{розр} \geq k * F_{max} = 5 * 2655 = 13275 \text{ Н,}$$

де  $k=5$  – це запас міцності.

Отримали, що розривне зусилля у 5 разів більше за найбільший вантаж.

Приймаємо  $F_{розр} = 14 \text{ кПа}$

За розривним зусиллям приймаємо канат ЛК 06\*7+1 о. с. діаметром

$d_{кан} = 4,9 \text{ мм}$ , площею перерізу усіх дротів  $9,76 \text{ мм}$ , масою  $1000 \text{ м}$   $83,7 \text{ кг}$  з

розривним зусиллям  $14,35 \text{ кН}$ .

2. Розрахунок барабану:  $D_{бар} \geq d_{кан} (e - 1) = 5,1(16 - 1) = 76,5 \text{ мм,}$

де  $\epsilon$  – коефіцієнт запасу міцності

Приймаємо більший типовий розмір  $D_{\text{бар}} = 140$  мм.

Крок нарізки барабану  $P = (1,1 - 1,2) * d_{\text{кан}} = 1,15 * 4,9 = 5,635$  мм.

Приймаємо  $P = 6$  мм з товщиною стінки  $\delta = 10$  мм.

Визначимо розмір елементів барабану:

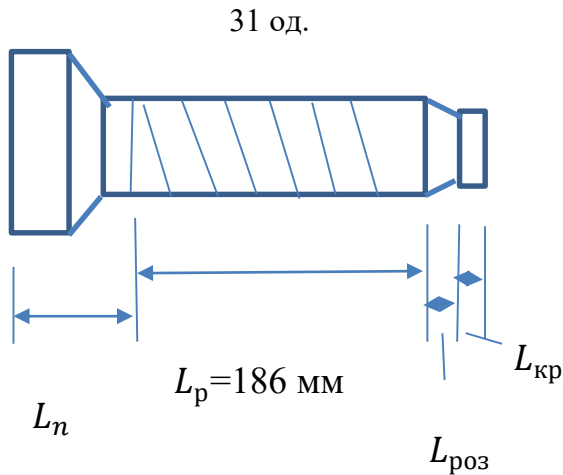


Рис. 3.42. Елементи барабана

$1,5 * p = 1,5 * 6 = 9$  мм – відстань до початку нарізки

$L_{\text{роз}} = 1,5 * p = 1,5 * 6 = 9$  мм – місце розміщення витків, що розвантажують

$L_{\text{кр}} = 3 * p = 3 * 6 = 18$  мм – місце кріплення канату

$L_p = Z_p * p = 31 * 6 = 186$  мм – довжина робочої частини барабану

$Z_p = a * H / \pi * (D_{\text{бар}} + d_{\text{кан}}) = 2 * 7 / 3,14 (0,4 + 0,0051) = 31$  м

де  $H$  – висота підйому, м

Довжина барабану наступна:

$L_{\text{бар}} = L_n + L_p + L_{\text{роз}} + L_{\text{кр}} = 9 + 186 + 9 + 18 = 222$  мм

Міцність барабану:

$\sigma_{\text{сж}} = F_{\text{max}} / \delta * P = 2655 / 10 * 6 = 44 \leq [\sigma_{\text{сж}}]$ , де  $[\sigma_{\text{сж}}] = 180$  Н/мм<sup>2</sup> –

допустиме напруження стиснення

$44$  Н/мм<sup>2</sup> <  $180$  Н/мм<sup>2</sup>

Навантаження підшипників:

-першого:  $F_{\text{max1}} = F_{\text{max}} (l - l_1) / l = 2655 * (242 - 36) / 242 = 2260$  Н

де  $l$  – відстань між центрами підшипників;



$l_1 = 6 * p = 6 * 6 = 36$  мм – відстань від центру першого підшипника до точки прикладання сили;

$l_2 = 6 * p + 40 = 36 + 40 = 76$  мм – відстань від центру другого підшипника до точки прикладання сили.

$$l = L_{\text{бар}} + 40 - 2p = 222 + 40 - 2 * 10 = 242 \text{ мм}$$

$$F_{\text{max1}} = 2260 \text{ Н}$$

$$F_{\text{max2}} = (l - l_1) F_{\text{max}} / l = 2655 * (242 - 76) / 242 = 1821 \text{ Н}$$

Еквівалентне радіальне навантаження:

$F_0 = F_{\text{max2}} * K_{\text{не}} = 1821 * 0,5 = 911 \text{ Н}$ , де  $K_{\text{не}}$  – коефіцієнт еквівалентності

Приймаємо підшипник шаровий 2-х рядний 1204 з внутрішнім діаметром 35 мм, зовнішнім діаметром 72 мм та шириною 17 мм.

Проведемо перевірку підшипника на статичне навантаження  $G_0$ :

$$G_0 = f_s * F_0 = 1 * 0,911 = 0,911 \text{ кН} < [G_0] = 6,95 \text{ кН}$$

де  $f_s$  – коефіцієнт надійності при статичному навантаженні ( $f_s = 1$ )

Висновок – підшипники підібрані вірно.

Проведемо розрахунок блока:

Основні розміри струмка:

$$R = (0,6 \dots 0,7) * d_{\text{кан}} = 0,65 * 5,1 = 3,6 \text{ мм}$$

$$h = (2 \dots 2,5) d_{\text{кан}} = 12 \text{ мм}$$

$$\text{Діаметр блока: } d_{\text{бл}} \geq d_{\text{кан}} * (e - 1) = 5,1 * (16 - 1) = 75 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_{\text{бл}} = 80$  мм

Вибираємо підшипник блоку: шариковий радіальний однорядний 1000805 (діаметри внутрішній й зовнішній 25 мм і 37 мм, ширина 7 мм, еквівалентне навантаження  $C_0 = f_n * P_0 = 1 * 828,8 = 0,83 \text{ кН} < 1,98 \text{ кН}$

Висновок: підшипники підібрані вірно.

Передатне відношення приводу  $U = 18,9$ . Приймаємо  $U = 20$

Фактична швидкість  $V_{\text{ф}} = 11,5 \text{ м/хв}$ .

Проведемо вибір редуктора:

Крутний момент на барабані 188 Н\*м

Найбільший момент на тихохідному валу редуктора 192 Н\*м

Приймаємо редуктор 2Ц2У-100.

Проведемо розрахунок гальма:

Визначимо необхідного моменту гальма – 9,4 Н\*м

Необхідний момент тормозу з урахуванням запасу гальмування 4641,2 Н\*мм

Приймаємо гальмо ТКП-100.

Діаметр колони 408 мм

Розмір стріли: висота балки – 240 мм, ширина балки – 120 мм, товщина стінки – 1,5-2,4 мм. Приймаємо 2 мм.

Товщина верхнього й нижнього поясу 3 мм.

### Контрольні питання та завдання

1. Навести приклади використання простих механізмів на транспорті.
2. Які закони й правила діють при функціонуванні простих механізмів?
3. Виберіть правильну відповідь:

- вантажопідйомні машини поділяються на: а) багажна карусель, канатна дорога, конвеєр, норія; б) прості (блок, ворот, домкрат, лебідка або таль, поліспаст), складні (автомобіль-вишка, брашпиль, кран, ліфт, маніпулятор, меблевий ліфт, підйомник у формі ножиць, підйомник, стіл, тельфер); в) автонакопичувач елеваторного типу, автоматичний паркінг; г) транспортувальник піддонів, тягач, штабелер, електрокар;

-різновиди транспортувальних підйомно-транспортних машин: а) автомобіль-вишка, брашпиль, кран, ліфт, маніпулятор, підйомник, стіл, тельфер; б) блок, ворот, домкрат, лебідка або таль, поліспаст; в) багажна карусель, канатна дорога, конвеєр, норія, патерностер, траволатор, елеватор, ескалатор; г) вагоноперекидач, ковшовий навантажувач, навантажувач, річстакер;

-підйомно-транспортні машини підвісного однорейкового транспорту: а) підвісний конвеєр, підвісний електротягач, електро- та автовізок; б) блок, ворот, домкрат, лебідка або таль, поліспаст; в) системи паркування автомобілів: автомобільний накопичувач елеваторного типу, багатоярусний автоматичний паркінг; г) транспортувальник піддонів, тягач, штабелер, електрокар;

-підйомно-транспортні машини наземного транспорту: а) автомобіль-вишка, брашпиль, кран, ліфт, маніпулятор, меблевий ліфт, підйомник у формі ножиць, підйомник, стіл, тельфер; б) блок, ворот, домкрат, лебідка або таль, поліспаст; в) багажна карусель, канатна дорога, конвеєр, норія, патерностер, траволатор, елеватор, ескалатор), г) транспортувальник піддонів, тягач, штабелер, електрокар;

-вантажно-розвантажувальні підйомно-транспортні машини: а) багажна карусель, канатна дорога, конвеєр, норія, патерностер, траволатор, елеватор, ескалатор; б) автомобіль-вишка, брашпиль, кран, ліфт, маніпулятор; в) системи паркування автомобілів: автомобільний накопичувач елеваторного типу, багатоярусний автоматичний паркінг; г) вагоноперекидач, ковшовий навантажувач, навантажувач, річстакер.

### **Список використаної літератури**

1. Савенков В. М., Тимохіна В. Ю., Тимохін Ю. В. Підйомно-транспортні машини: Конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей. Донецьк, 2013. 78 с.

2. Пилипенко В. І. Аналіз конструктивної особливості автомобілів високоефективної прохідності. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5/2007 (46). Частина 1. С. 72-75.

## 4. ТРАНСПОРТУЮЧІ МАШИНИ

### 4.1. Класифікація транспортуючих машин

Класифікація транспортуючих машин наведена на рис. 1.



Рис. 4.1. Класифікація транспортуючих машин

### 4.2. Машини з тяговим органом

Поділяються на:

1. Стрічкові (кількість роликкоопор – 1, 3, 5, стаціонарні, пересувні, телескопічні, горизонтальні, похилі, вертикальні – елеватори, які можуть бути ковшовими, поличними, люлечними). Стрічка може бути прогумована або ланцюгова (для барів, ресторанів);
2. Скребкові (скребки транспортують вантаж по риштаку);
3. Кареткові;
4. Ковшові;
5. Пластинчасті (один або два ланцюги, а до них кріпляться пластини);
6. Пруткові (нескінчене пруткове полотно, яке рухається навколо двох валів з зірочками);
7. Вантажоведучі та підвісні (авто- приєднані до тягового ланцюга і рухаються

### 4.3. Машини без тягового органу

Поділяються на:

1. Гравітаційні (похилий спуск з машини у склад, гвинтовий спуск: на ділянці з більшим нахилом є рух вантажу, а на гвинтовій – його тормоз і зупинка, розсувні телескопічні рольганги для розвантажування фур);
2. Гвинтові (сипучі матеріали переміщуються у корпусі гвинтом, а штучні – двома гвинтами з лівою й правою нарізкою, при зустрічному обертанні вантаж переміщується по поверхні гвинтів. Гвинт може бути суцільний, стрічковий, лопатевий);
3. Роликові (є приводний ролик, а інші обертаються і транспортують);
4. Крокуючі (передача деталей штангою або рамкою, яку рухає гідроциліндр, з однієї позиції в іншу);
5. Вібраційні (неурівноважений вал передає вібрацію на похилу площину, по якій рухається вантаж);
6. Несучі труби (транспорт під дією сил гравітації здійснюється по трубах);
7. Гідравлічні (самопливний та напірний транспорт по трубах);
8. Пневматичні (а) аерожолоби – транспорт насипних вантажів, які насичуються повітрям, б) пневмоконтейнери або пневмопошта – повітря рухає контейнери або пет-тару);
9. Склизи (гладкі, роликові).

### 4.4. Машини наземного транспорту

*Наземні машини* представлені через:

1. Наземні узкоколейні дороги;

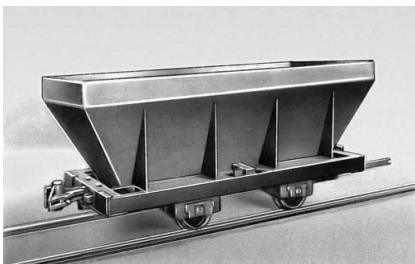


Рис. 4.2. Вагонетка на вузькоколейній дорозі

## 2. Автотракторні причепи:

- за типом ходової частини (колісні, гусеничні, санны);
- одновісні, 2-х, 3-х та багатовісні;
- за типом кузова (самоскиди, фургони, цистерни);



Рис. 4.3. Одновісний причеп

## 3. Ручні та самохідні візки.

### Візок ТТ-125

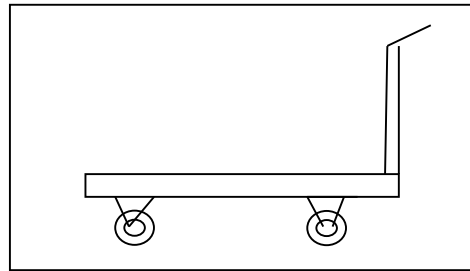
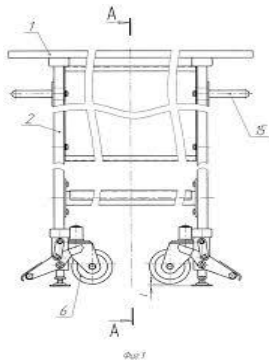


Рис. 4.4. Ручний візок для тарно-штучних вантажів до 250 кг (4 колеса з гумовими шинами – задні самовстановлюючі)

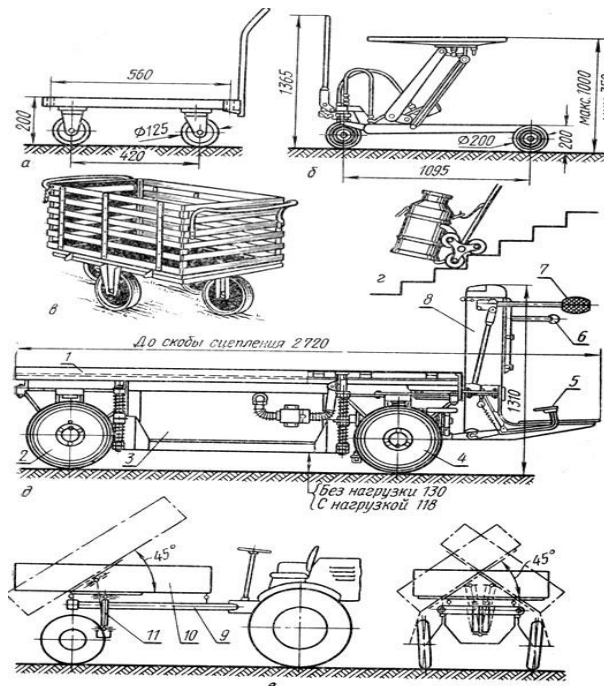


Рис. 4.5. Ручні та самохідні візки (

а – ТТ-125;

б - візок-стіл з гідропідйомом;

в – універсальний візок;

г - спеціальний візок;

д, е – акумуляторні візки)

Універсальний візок призначений для транспортування у з'ємних кузовах сіна, соломи, коренеплодів, жидких кормів вагою до 300 кг на фермах з твердою підлогою (4 колеса з гумовими шинами, переднє та заднє вище на 20 мм від бокових, зусилля штовхання 18 кг, кузов 0,35 куб. м. Спеціальний візок використовується для транспортування бідонів по сходах. Акумуляторні візки складаються з наступних елементів: 1 – платформа, 2 – ведуче та 4 – керуюче колесо, 3 – акумуляторна батарея, 5 – гальмівна педаль, 7 та 8 – рукоятка та механізм управління; д – автовізок, де 9 – платформа, 10 – кузов, 11 – гідроциліндр.

Підвісні машини мають різні схеми транспортування (рис. 4.6).

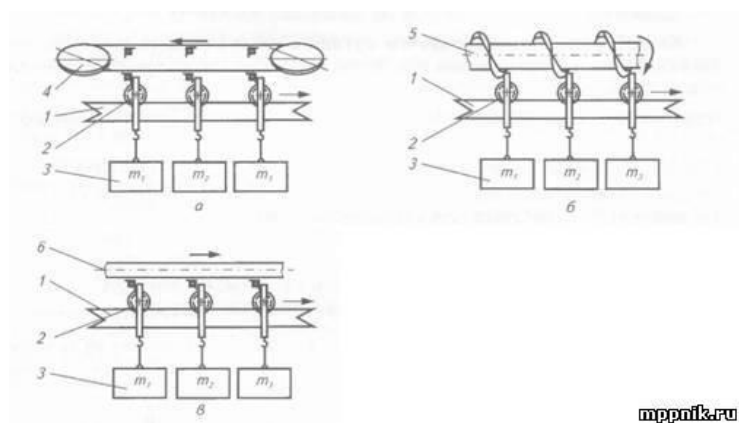


Рис. 4.6. Підвісні штовхаючі машини (конвеєри)

Підвісні тягнучі машини (рис. 4.7).

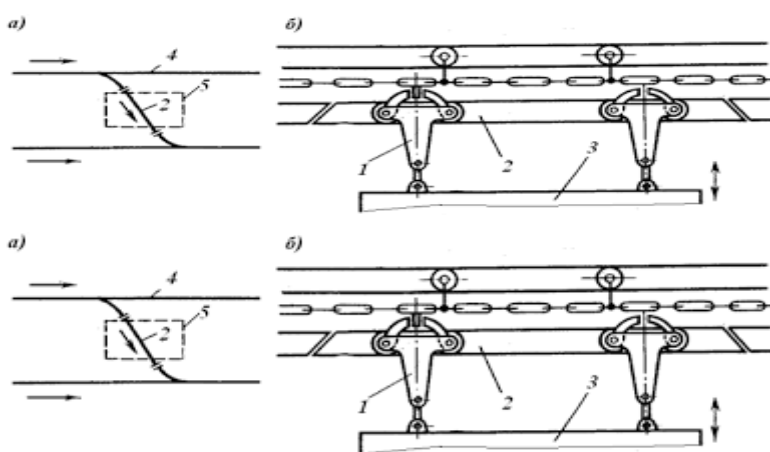


Рис. 4.7. Підвісні тягнучі

машини (конвеєри), де 1 – роликівна обойма, 2 – рейка, 3 – вантаж

Підвісний несучий конвеєр має гаки, які кріпляться до стрічки та несуть вантаж у нижньому положенні стрічки, а підлоговий тягнучий – має штовхачі, які штовхають візки на колесах по підлозі.

## 4.5. Конвеєри

За призначенням розділяють конвеєрний транспорт:

- внутрішньо цеховий - призначений для транспортування вантажів у цеху між відділеннями, внутрішніми складами, окремими агрегатними і робочими місцями;

- міжцеховий - забезпечує перевезення вантажів між цехами, а також для вивезення продукції цеху;

- зовнішній - служить для доставки вантажів до підприємства і для вивозу його готової продукції.

Для зовнішніх перевезень використовуються конвеєри:

- стрічкові (несучий елемент – стрічка);

- пластинчасті (несучий елемент – пластини на ланцюгу);

- ковшові (сипкі вантажі переміщуються в ковшах);

- люлечні (використовують для важких нестандартних вантажів);

- підвісні (вантажонесучі, штовхаючі, вантажоведучі) – тяговим елементом є ланцюг або канат, до якого приєднані каретки з ходовими катками та крюками;

- скребкові (несучим елементом є шкребки на ланцюгу);

- крокуючі візкові (мають підлогове, підпільне або підвісне розташування тягового ланцюга);

- гвинтові (вантаж переміщається волочінням уздовж нерухомого жолоба лопатями обертового гвинта);

- вібраційні (жолоб або труба, по яких транспортується вантаж із-за дії вібрації).;

- роликові (вантажі переміщуються роликами, що закріплені недалеко один від одного).

В промисловості нерудних будівельних матеріалів широко використовуються стрічкові і стрічково-канатні конвеєри для транспортування вапняку від кар'єрів до цементних заводів, гравію і щебню від кар'єрів до гравійно-щебених і збагачувальних фабрик, піску від кар'єрів до вантажних



причалів, сипучих матеріалів від складів до агрегатів, а також для вивозу готової продукції на склад.

У будівництві для транспортування щебню, піску, гравію та інших наповнювачів від приймальних відділень на склади бетонних заводів або безпосередньо в бетонозмішувальні цехи.

В даний час найрозповсюдженими є чотири типи конвеєрів за призначенням: стаціонарні загального призначення; шахтні; стаціонарні важкого типу; конвеєри у складі роторних комплексів.

При транспортуванні дрібно кускових вантажів швидкість руху конвеєрів загального призначення може бути прийнята 3,15 - 4 м/с.

Стаціонарні конвеєри (стрічкові) загального призначення використовуються для перевезення вантажів в різних галузях промисловості.

Стрічкові конвеєри важкого типу використовуються для перевезення сипучих і шматкових матеріалів з насипною щільністю 1.6 - 3.5 т/м<sup>3</sup> з максимальним розміром шматків до 400 мм. у горизонтальному і похилому напрямкові. Для транспортування сипучих матеріалів краще використовувати жолобчасту стрічку на трироликівій опорі або на двороликовій опорі:

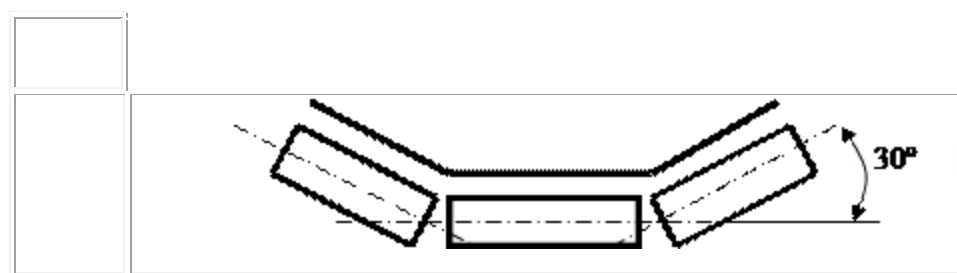


Рис. 4.8. Розташування роликів і стрічки

Стрічка обертає приводні барабани тільки чистим боком.

Шахтні конвеєри використовуються для транспортування вугілля з максимальними розмірами шматків 300 мм. по горизонтальним і похилих прямолінійних у плані гірських виробках у шахтах небезпечних по газу й пилу.

Стрічкові конвеєри у складі роторних комплексів використовуються для транспортування порід і корисних копалин при відкритому способі видобутку.

### ***Стрічковий конвеєр***

Стрічкові транспортери використовуються для транспортування будь-яких вантажів: ящиків, коробок, мішків, піску, зерна т. ін. Тому обладнання підбирається з урахуванням габаритів і ваги продукції, а також поставленого завдання. Найбільш поширеними є конвеєри:

горизонтальні (прямі);

похилі;

вертикальні;

жолобчаті;

поворотні;

пересувні;

змішаного типу;

телескопічні.

Причому їх можна використовувати як самостійно, так і з іншими видами обладнання – бункерами, дозаторами, фасувальними машинами.

### ***Горизонтальні стрічкові конвеєри***

В основі горизонтальних (прямих) стрічкових конвеєрів лежить гнучка нескінченна стрічка, робоча і холоста гілки якої підтримуються роликоопорами. Рух стрічки забезпечується за рахунок приводного барабана, а її натяг – за рахунок натяжного барабана.



Рис. 4.9. Горизонтальний стрічковий конвеєр

Максимальна продуктивність прямих конвеєрів може становити 25 т/год, а довжина – 10 км. Але це в теорії. На практиці подібне обладнання не часто використовується, оскільки вартість стрічкового конвеєра безпосередньо залежить від його довжини. Чим більше – тим дорожче.



Рис. 4.10. Горизонтальний стрічковий конвеєр

Горизонтальний стрічковий конвеєр є найбільш поширеним видом обладнання завдяки своїй універсальності. Його можна застосовувати для транспортування штучної, кускової та сипучої продукції. Він підходить для сортувальних ліній, а також для організації роботи на складах і базах. Працювати з ним дуже просто..

### *Похилі стрічкові конвеєри*

Ще один тип стрічкового конвеєра – похилий. Основна його відмінність від горизонтальних (прямих) моделей – розміщення стрічки під кутом. При цьому вона може мати як заданий кут нахилу, так і регульований. Принцип дії даного обладнання той же, але до несучої сторони стрічки приклеєні перпендикулярні полоси для удержання сипучого матеріалу.



Рис. 4.11. Похилий стрічковий транспортер

Похилий стрічковий конвеєр використовується для транспортування насипних і штучних вантажів на верхні/нижні рівні в складських приміщеннях і на логістичних комплексах, а також в різних сферах промисловості. Універсальність пристрою дозволяє експлуатувати його як всередині цеху, так і на вулиці.

### *Вертикальні стрічкові конвеєри*

Вертикальні стрічкові конвеєри використовуються для підйому або спуску ящиків, коробок та інших вантажів з одного рівня на інший. І при цьому – з високою пропускною спроможністю і швидкістю.

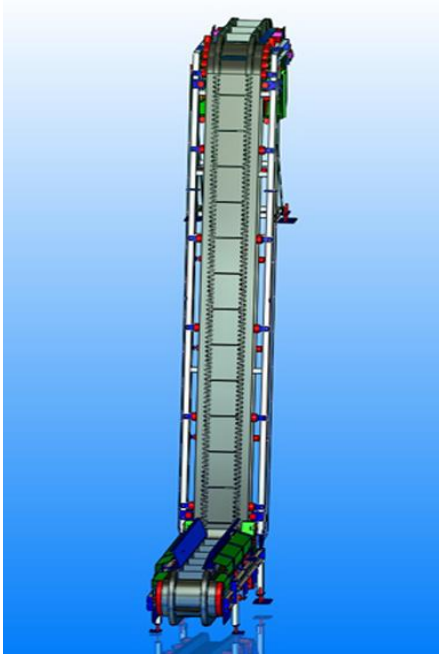


Рис. 4.12. Схема стандартного вертикального стрічкового конвеєра

На відміну від похилого обладнання такі моделі займають небагато місця і дозволяють швидше транспортувати продукцію до потрібної точки. Принцип роботи: стрічка складається з секцій тонких металевих пластин довжиною у розмір ящика, який транспортується; у верхній точці вона розбивається на горизонтальні транспортуючі униз площадки за рахунок 2-х ланцюгів (чіпляють її спереду й ззаду), а унизу знову перетворюється на вертикальну стрічку та йде уверх.

### ***Жолобчаті стрічкові конвеєри***

В якості основи стрічки такого транспортера використовується жолобчата роликів опора, виготовлена з алюмінієвого або сталевого профілю. Жолобчатий стрічковий транспортер призначений для переміщення штучних, крупно-кускових і сипучих вантажів в безперервному режимі.



Рис. 4.13. Жолобчатий стрічковий конвеєр

Найчастіше експлуатується для транспортування сипучих вантажів: зерна, борошна, цукру та ін. Хоча його використовують не тільки в харчовій або аграрній, а й в будівельній або хімічній галузях.

#### *Поворотні стрічкові конвеєри*

Широко поширені поворотні стрічкові конвеєри. Основна їхня відмінність полягає в можливості змінювати напрямок подачі продукції. Тобто, конвеєрна стрічка може огинати кути, повертати в інші приміщення, робити розворот на 180 градусів, подавати вантажі на іншу платформу.



Рис. 4.14. Поворотний стрічковий конвеєр

Використовувати поворотний стрічковий транспортер можна в багатьох галузях, але найчастіше його експлуатують в харчовій та аграрній.

*Наприклад, він відмінно підходить для виробництва кондитерських виробів, де виконує роль передавальної ланки в технологічному ланцюжку. Адже можливість робити будь-який кут повороту дозволяє побудувати виробничу лінію потрібної конфігурації.*

Принцип роботи: стрічка переміщається по направляючих з поворотної сторони, а з внутрішньої – трішки топорщиться, що не заважає транспортуванню.

### ***Пересувні стрічкові конвеєри***

Пересувний стрічковий транспортер (він же переносний або мобільний) – ще один популярний на сьогодні вид даної техніки. Оснащений спеціальними колесами, що робить його ефективним пристроєм для транспортування вантажів. Адже його можна встановлювати в будь-якому місці, переміщаючи по периметру складу.



Рис. 4.15. Мобільний стрічковий конвеєр

А ще пересувний стрічковий конвеєр можна використовувати для завантаження-розвантаження продукції безпосередньо з транспорту – для цього достатньо лише встановити обладнання біля машини. Сфера застосування такої моделі не обмежена: вона здатна транспортувати будь-які види вантажів (кускові, сипучі, штучні). Можна регулювати рукояткою висоту підймання або опускання (трикутник складається та розкладається).

### ***Стрічкові транспортери змішаного типу***

Змішаний тип по суті являє собою комбінацію всіх вище перелічених видів складського обладнання. Наприклад, для складських приміщень з обмеженим простором, де немає можливості встановити прямі або похилі моделі, встановлюються Z-образні або L-образні конвеєри.



Рис. 4.16. L-образний стрічковий транспортер

Як ви вже могли здогадатися, вони поєднують в собі відразу 2 види: горизонтальний і вертикальний. За бажанням замовника виготовляються транспортери різноманітних конструкцій: горизонтальні пересувні, похилі жолобчастого типу (для транспортування зерна).

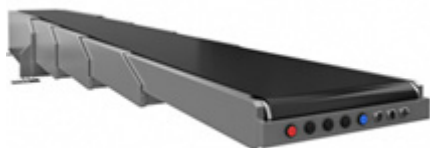


Рис. 4.17. Телескопічний стрічковий конвеєр

Сучасні телескопічні конвеєри для переміщення різних штучних вантажів. Особливістю даних конвеєрів є можливість регулювання довжини конвеєра за допомогою висунення його додаткових гілок.

Використання телескопічних шнеків дає можливість покращити ефективність перевантаження сільськогосподарських вантажів в польових умовах. Це реалізується шляхом вигвинчування однієї секції шнека з іншої і дозволяє ефективно проводити процес перевантаження на потрібну відстань. Коротко проаналізуємо різні типи сільськогосподарської техніки в конструкціях яких використовуються шнеки.

В універсальних агрегатах-перевантажувачах сільськогосподарських вантажів в польових умовах шнековий конвеєр розташовується як позаду так і спереду причепа (рис. 4.18.а, б, в). При цьому для досягнення необхідної відстані перевантаження шнековий конвеєр виконується складним і розкладається-складається з допомогою гідро чи пневмо устаткування, що робить конструкції універсальних агрегатів перевантажувачів надто складними. Тому використання



принципу телескопу в шнеках може мати широке застосування в різноманітних конструкціях сільськогосподарської техніки. Проблемою в телескопічних шнеках є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа, що забезпечує ефективність транспортування вантажів.



а) Універсальний агрегат при завантаженні сівалки



б) Універсальний бункер-перевантажувач фірми «EGRITECH»



в) Технологічні схеми універсального перевантажувача фірми «Лилиани МВА»

Рис. 4.18. Використання шнеків

#### 4.6. Розрахунок кількості та продуктивності транспортуючих машин

За технологічними ознаками розрізняють:

- сільськогосподарські машини, що сполучають ряд функцій агротехнічного характеру з виконанням навантажувальних операцій (переважно комбайни);
- засоби механізації, що призначені для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.

Окрім того, засоби механізації, що використовуються при виконанні перевезень сільськогосподарських вантажів, можуть розділятися й за такими ознаками:

- тільки для навантажувальних операцій;
- тільки для розвантажувальних операцій;
- використовуються як при навантаженні, так і при розвантаженні вантажу (зернонавантажувачі, комбайни для збирання цукрового буряка, автомобілерозвантажувачі т. ін.).

Необхідна кількість навантажувально-розвантажувальних механізмів визначається таким чином:

$$N_{np} = \frac{Q_{п}}{P_{r}}, \quad (7.1)$$

де  $Q_{п}$  - обсяг годинного вантажообігу пункту навантаження-розвантаження;

$P_{r}$  - експлуатаційна продуктивність засобу механізації навантажувально-розвантажувальних робіт.

Середня змінна продуктивність машини розраховується як  $P_c = P_{зм} / T_m$ , т/зміну,

де  $P_{зм}$  – змінна продуктивність, а  $T_m$  – машинний час (протягом якого машина працює).

Якщо надходження вантажу відбувається нерівномірно і в окремі періоди зростає у  $K$  разів по відношенню до середньої продуктивності, то продуктивність машини повинна бути не меншою за  $P = K \cdot P_c$ , т/зміну, т/годину або кг/годину.

У разі насипних вантажів продуктивність указують в об'ємних одиницях. Об'ємну продуктивність  $V_c$  знаходять з виразу:  $V_c = P_c / \gamma$ , м<sup>3</sup>/год, де  $\gamma$  - об'ємна насипна маса вантажу, кг/м<sup>3</sup>.

Продуктивність стрічкового конвеєра, т/год.:

$$\Pi = 3,6 \cdot F \cdot V \cdot g \cdot k, \text{ т/год};$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу матеріалу на стрічці в м<sup>2</sup>;

$V$  – швидкість руху, м/с;

$g$  – густина матеріалу в т/м<sup>3</sup>;

$k$  – коефіцієнт зниження продуктивності похилого (22°...10°) конвеєра,  $k=0,86...0,95$ .

#### 4.7. Приводи та натяжні пристрої транспортуючих машин

Приводний пристрій призначений для передачі руху від двигуна до тягового елемента. Його складовими є:

- барабан;
- електродвигун;
- передаточний механізм між двигуном та барабаном.

Натяжні пристрої:

- пружинний;
- механічно-різьбовий.

-натяг лебідкою (регульований натяг стрічки виконується лебідкою за допомогою гідравлічного датчика контролю натягу. Датчик обладнаний електроконтактними манометрами, які реагують на зміну тиску в гідросистемі датчика від впливу натягу стрічки через систему блоків і важелів на шток гідроциліндра. Манометри дають команду електроприводу лебідки підтягти або послабити канати для встановлення необхідного початкового натягу стрічки й переміщення натяжного візка. Цей лебідочний натяжний пристрій може

забезпечити збільшений натяг при пуску конвеєра й підтримувати необхідний натяг при сталому русі, але завдання підбору початкового натягу залежно від необхідного натяжного зусилля він не вирішує);

-гравітаційний (вантажно-магнітний, коли натяг збільшується через притягнення додаткового вантажу; гідровантажний, коли вантаж – це бак з водою, яка або закачується у період пуску конвеєра, або відкачується насосом у період його роботи) через розміщення натяжної головки на візку, який відтягується підвішеним на блоці вантажем.

**Проблема проектування.** У момент пуску конвеєра в хід, для виключення пробуксовки стрічки по поверхні приводного барабана, необхідно (як показав досвід експлуатації) збільшений до 50% у порівнянні з номінальним натяг стрічки. Але, якщо створювати такий збільшений на 50% натяг стрічки постійно, то строк її служби суттєво зменшиться. При номінальному ж натягу стрічки пуск конвеєра в хід супроводжується пробуксовкою стрічки по приводному барабану. Це також істотно скорочує строк її служби. Крім того, пуск із пробуксовкою приводить до значного виділення тепла. Через підвищення температури можливі серйозні аварії через загоряння стрічки, що неприпустимо. У ряді випадків це змушує вводити заборону на пуск конвеєра під навантаженням. Для того щоб забезпечити задовільний пуск і прийнятний термін служби стрічки, у практиці проектування стрічкових конвеєрів застосовують постійний збільшений на 15 ... 20% попередній натяг стрічки. Оптимальним буде мінімальний попередній натяг і мінімально підвищений пусковий натяг стрічки конвеєра, що забезпечують роботу стрічкового конвеєра без пробуксовки стрічки по приводному барабану та її надмірного провисання між роликami як при пуску в хід, так і при сталому русі стрічки.

#### **4.8. Типи стрічки та роликoопop**

Вартість стрічки становить до 50 % вартості конвеєра.

Типи стрічки:

1) за конструкцією: гумовотканинні; металеві завтовшки 0,6-1,2 мм (у т. ч. з гумовим покриттям); спеціальні (сітчасті, з рифленою поверхнею, із скловолокна, ПВХ та поліуретану);

2) за призначенням: загального призначення; морозостійкі; теплостійкі; вогнетривкі; для харчових продуктів; трубчасті (для пилоподібних і отруйних вантажів).

### **ПВХ та поліполіуретанові стрічки**

**Матеріал ПВХ** - стійкий до води, водних розчинів нейтральних солей, кислот. Не стійкий до більшості органічних розчинників, а також розчинників, які містять хлор, тому що стає твердим після вилучення пластифікатора. Відносно стійкий до мінеральних, машинних, оливкових, соняшникових і кукурудзяних олій, а також до бензину і вуглеводнів. Спеціальний ПВХ пластикат використовується для транспортування різних харчових продуктів, оскільки в якості основного матеріалу він схвалений Міністерствами охорони здоров'я різних країн.

**Матеріал ПУ** – може бути термопластичним або терморективним. Поліуретан має хорошу стійкість до олів і змазок будь-якого типу. Його стійкість до розчинників перевершує стійкість ПВХ. Термопластичні поліуретани не надто стійкі до гідролізу. Це означає, що механічні властивості втрачаються при тривалому контакті з кислотою або лужними розчинами, а також з гарячою водою.

### **Гумово-тканинні стрічки (важкі стрічки)**

**Гума** – продукт вулканізації композицій на основі каучуку. Головна перевага гуми - її еластичність.

Вона може розтягуватися й гнутися, а потім приймати початкову форму. Гума може бути як і м'яка, так і тверда. Натуральну гуму виробляють з особливої рідини — латексу, який одержують із соку каучукового дерева.

Після Другої світової війни з нафти хімічним шляхом одержали синтетичну гуму, яка набула широкого застосування. Зараз частка синтетичної гуми становить дві третини світового виробництва гуми.

Двома основними різновидами стрічок є конвеєрна *стрічка на тканинній основі і гумотросова стрічка*, що володіє підвищеною міцністю на розрив.

Слід враховувати, що при експлуатації конвеєрних стрічок, у разі несправності окремих вузлів конвеєра, може виникати підвищене тертя стрічки. Тому, з метою пожежобезпеки, в стрічках для хімічних підприємств, вугільних шахт та інших, потенційно небезпечних, об'єктів може застосовуватися термостійка гума.

**Роликові опори.** Вимоги: довговічні, недорогі, зручні в експлуатації та при монтажі, мати малий опір обертанню. Види:

рядові (по всій трасі),

спеціальні (у окремих місцях із збільшеним навантаженням).

Типи: одно-, двух-, трьох-, п'ятироликові опори. Для насипних вантажів – 3-х роликові жолобчасті опори для верхньої гілки та прямі – для нижньої.

Найпростіша з роликоопор – пряма, що має вигляд циліндричного ролика. Вона застосовується у всіх різновидах конвеєрів для підтримки неробочої гілки стрічки. Для робочої гілки роликоопори встановлюються в тому випадку, якщо стрічка транспортує штучні вантажі.

Для транспортування сипучих вантажів прямі роликоопори робочої гілки використовуються в двох випадках: по-перше, при невеликій продуктивності і великих розмірах шматків вантажу; по-друге, якщо конвеєр використовується для ручного сортування вантажу (наприклад, якщо це будівельна кераміка, керамічний камінь або цегла).

Якщо використовується тканинна прогумована транспортерна стрічка, довжина прямої опори робиться трохи більше ширини стрічки, для того, щоб край конвеєрної стрічки міг спиратися на ролики.

Так як на плоскій стрічці поміщається мало вантажу, то такі конвеєри мають невелику продуктивність.

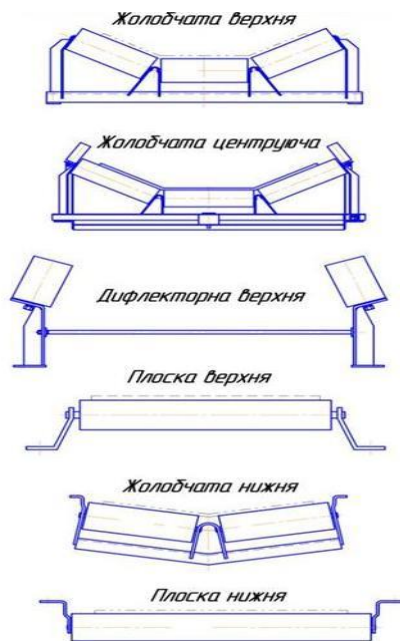


Рис. 4.19. Роликоопори

Щоб збільшити продуктивність стрічки, її роблять у формі жолоба. Для прогумованої конвеєрної стрічки застосовують жолобчасті роликоопори, які складаються з декількох роликів.

Якщо конвеєрна стрічка вузька і сам конвеєр застосовується не часто, то допускається використання двухроликової опори. Для дуже широких конвеєрних стрічок, ширина яких більше 1000 мм, можуть використовуватися п'ятироликові опори. Так як вони досить дорогі, то застосовуються в рідких випадках, коли необхідно транспортувати особливо важкі крупнокускові матеріали.

#### 4.9. Розрахунок стрічкового конвеєра

**Вихідні дані:** Максимальна годинна продуктивність  $Q = 350$  т/год.

Насипна маса вантажу  $\gamma = 0,8$  т/м<sup>3</sup>.

Максимальний розмір шматка  $a_{\text{макс}} = 350$  мм.

Кут природного укосу:

- у спокої  $\alpha_{\text{сп}} = 30$  град.

- у русі  $\alpha_p = 20$  град.

Траса конвеєра: довжина  $L = 430$  м, ділянки  $L_1 = 200$  м,  $L_2 = 30$  м,  $L_3 = 200$  м

Кут нахилу на ділянці  $L_2$   $\beta = 15$  град.

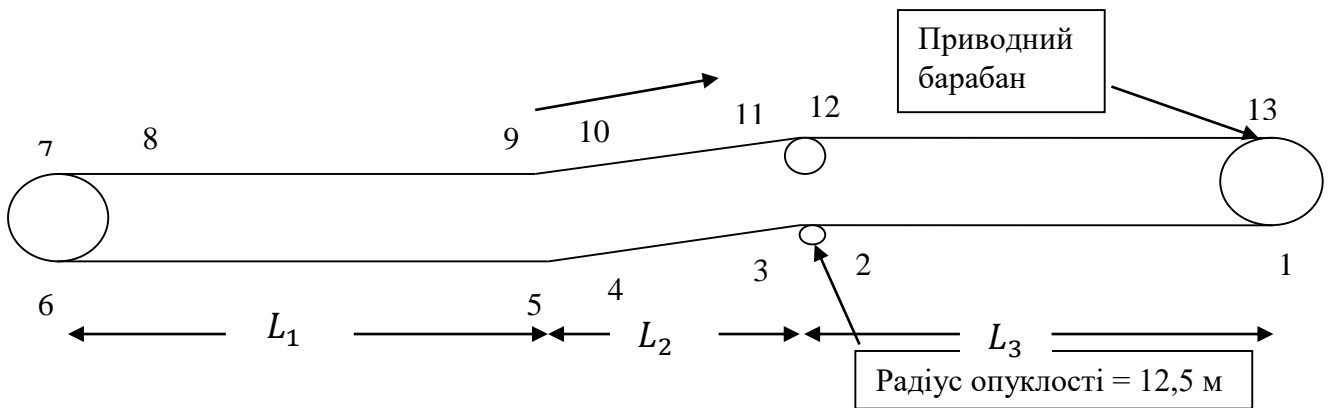


Рис. 4.20. Схема стрічкового транспортера

### *Попередній розрахунок*

1. Вибір ширини стрічки та швидкості транспортування:

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q}{k \cdot c \cdot \gamma \cdot v}} + 0,05 \right) = 0,8 \text{ м} - \text{за продуктивністю};$$

де  $Q$  – продуктивність,  $\gamma$  - щільність,  $k$  – коефіцієнт зменшення продуктивності внаслідок зсипання вантажу вниз із-за нахилу конвеєра (для  $\beta=15$  град.  $k=0,9$ );  $c=625$  для жолобчастої трироlikової опори з кутом нахилу кутового ролика 30 град. та кутом нахилу насипного вантажу на стрічці при її русі  $\alpha_p = 20$  град.

$B = 2,7 a_{\text{макс}} = 0,94$  м – за розміром шматків.

Приймаємо  $B = 1$  м.

Швидкість руху стрічки  $v = Q / 3600 \cdot k \cdot \gamma \cdot F = 350 / 3600 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,09 = 1,5$  м/с

де  $F$ - площа поперечного перерізу потоку вантажу,  $F = 0,09$  м<sup>2</sup> ( $l_{\text{рол}} = 0,4$  В).

2. Проводиться попередній розрахунок:

- сили натягіння;



- кількості прокладок в стрічці;
- діаметру та ваги барабанів;
- типу роликоопор.

Вибір приводу та встановлення геометричних параметрів траси та роликоопор:

- приймаємо привод конвеєра з одним приводним барабаном, кут обхвату якого  $\alpha=240$  град. (або  $4,19$  радіан,  $1 \text{ рад} \times 180/\pi = 57,296^\circ$ ), а поверхня футерована гумою;

- радіуси перегину стрічки на кривих  $R \geq 12 * V = 12 * 1 = 12$  м (приймаємо  $12,5$  м), а довжина дуги  $L = 2\pi R * \alpha / 360 = 2 * 3,14 * 12,5 * 18 / 360 = 3,27$  м

- відстань між роликооперами робочої гілки  $G_p$  приймаємо  $1,3$  м, а холостої  $G_x = 2,25 * G_p = 2,25 * 1,3 = 2,93$  м. Приймаємо  $3$  м. Вага частин роликоопор, що обертаються, для трироликової опори нормального виконання  $G_p = 250$  Н,  $G_x = 215$  Н;

- характеристика роликоопор та стрічки: діаметр роликів  $127$  мм, довжина для робочої гілки  $D = 0,06 * V = 0,06 * 1000 = 600$  мм, а холостої –  $D = 1120$  мм. Кут нахилу роликів  $30$  град. Приймаємо число прокладок стрічки  $i=6$ , тоді її погонна вага  $q_0 = 1100 * V * g(\delta * n + h_1 + h_2) = 1100 * 1 * 9,8 (0,00125 * 6 + 0,004 + 0,002) = 145,7$  Н/м, де  $\delta$  – товщина прокладки,  $1100$  – питома вага стрічки, Н / м<sup>3</sup>,  $h_1$  та  $h_2$  – товщина верхньої та нижньої обкладок.

### **Уточнений розрахунок**

#### **1. Визначення погонних навантажень:**

- від вантажу, що транспортується:  $q = Q * g / 3,6 * v = 350 * 9,8 / 3,6 * 1,5 = 636$  Н/м

- від ваги роликів, які обертаються:

а) робочої гілки:  $q_1 = G_p / L_p = 250 / 1,3 = 192$  Н/м

б) холостої гілки:  $q_2 = G_x / L_x = 215 / 3 = 71,1$  Н/м

- від ваги стрічки:  $q_0 = 145,7$  Н/м

#### **2. Визначення натягів стрічки:**

- натяг у гілці, що набігає, (точка 13) за формулою Ейлера дорівнюється

$S_{13} \leq S_1 * e^{f*a} = S_1 * e^{0,4*4,19}$  (3.1), де  $f$  – коеф. тертя стрічки по гумі,  $a$  – кут обхвату стрічкою барабана, рад. Маємо рівняння з двома змінними  $S_{13} = 5,34 * S_1$ .

Для складання другого рівняння необхідно мати значення натягу по контуру від точки 1 до точки 13, виражаючи натяг у всіх точках через натяг у точці 1 ( $S_1$ ).

Використовується метод обходу за контуром:

$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + 1522$ , де  $S_2$  – натяг в точці 2,  $W_{1-2}$  – сила опору на ділянці 1-2,  $W = 0,035$  – коефіцієнт опору рухові стрічки, який залежить від типу підшипника.  $W_{1-2} = (q_0 + q_2) L_3 * W = (145,7 + 71,1) * 200 * 0,035 = 1522$  Н

$S_3 = k * S_2 = 1,03 * S_1 + 1567$  Н, де  $k$  – коеф. опору переміщення при огинанні ролика чи барабана й т. ін. Остаточню  $S_{13}$  підставляється у формулу (3.1) та знаходиться  $S_1 = 5438$  Н. Послідовним його підставленням у проміжні формули визначається натяг у всіх точках:  $S_1 = 5438$  Н;  $S_2 = 6960$  Н;  $S_3 = 7169$  Н;  $S_4 = 6261$  Н;  $S_5 = 6444$  Н;  $S_6 = 6443$  Н;  $S_7 = 7965$  Н;  $S_8 = 8364$  Н;  $S_9 = 8423$  Н;  $S_{10} = 15200$  Н;  $S_{11} = 15239$  Н;  $S_{12} = 22187$  Н;  $S_{13} = 22854$  Н;  $S_{14} = 29041$  Н.

На похилій холостій гілці натяг мінусується на складову гравітації, а на грузовій гілці додається.

За обчисленими значеннями будується діаграма натягу стрічки (рис.4.21).

**3. Максимальне провисання стрічки** між роликкооперами робочої гілки в місці найменшого натягу має бути  $u_{\max} = (q_0 + q) * L_p^2 / 8 * S_{\min} = 0,02 \leq 0,025$  /  $L_p = 0,039$  м.

Вимога виконується.

**4. Розрахунок привода конвеєра:** Опір пересування стрічки  $W_0 = W_{13} - W_1 = 29040 - 5438 = 23602$  Н

Розрахункова потужність двигуна приводу становить:  $N_p = W_0 * v / 1000 * \text{ККДтр.} = 23602 * 1,5 / 1000 * 0,8 = 40,9$  кВт, де ККДтр. – коеф. корисної дії трансмісії (сукупність агрегатів, призначених для передавання **крутного моменту** від **двигуна** до ведучих **коліс**).

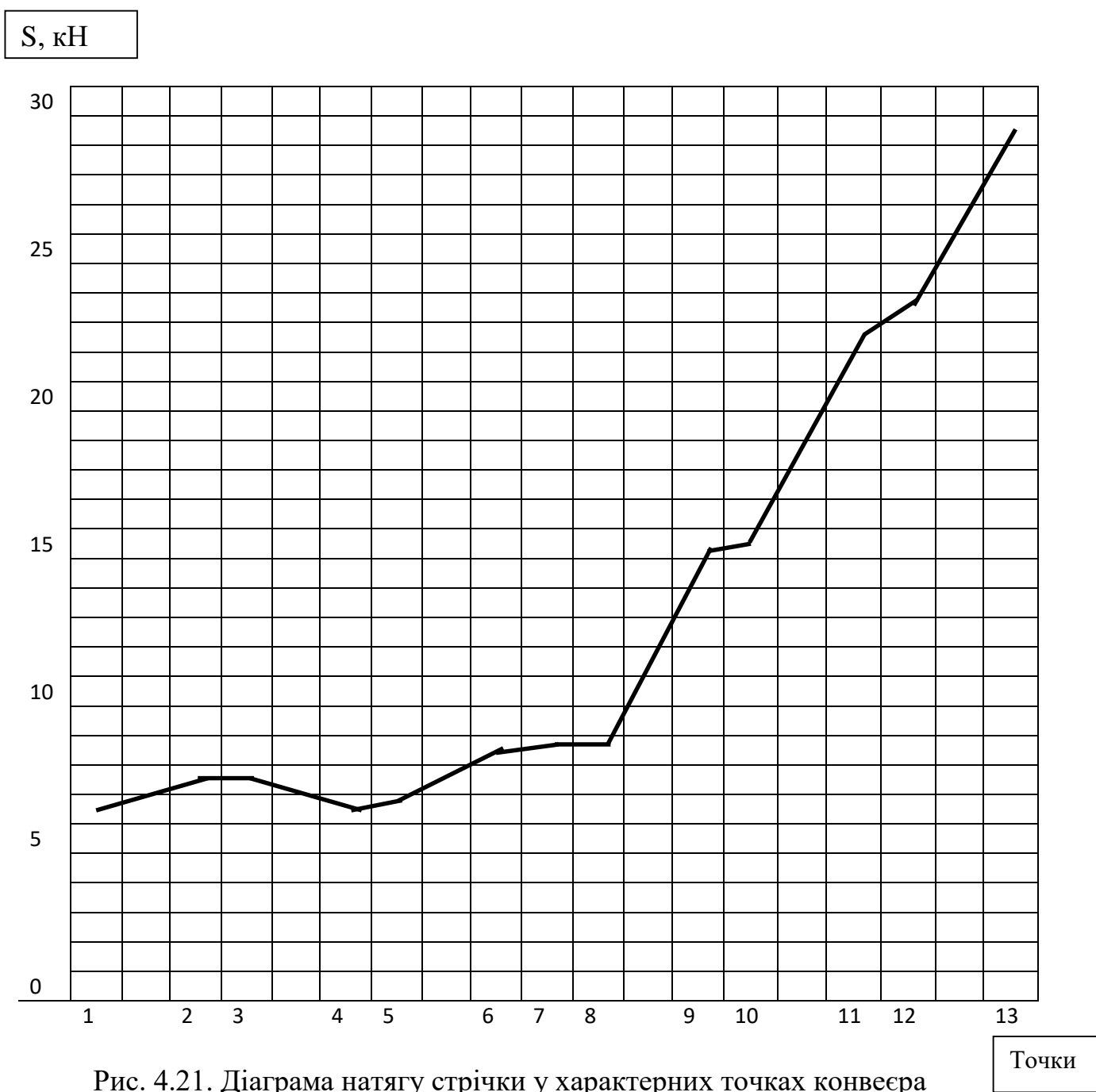


Рис. 4.21. Діаграма натягу стрічки у характерних точках конвеєра

Встановлена потужність:  $N_0 = k_3 N_p = 1,1 * 40,9 = 45$  кВт, де  $k_3$  - коеф. запасу.

За каталогом обираємо асинхронний двигун 4A250S6Y3 з характеристиками:

потужність 45 кВт, частота обертів 1000 об/хв. або 104,7 рад./с.

**5. Уточнення вибору стрічки:** оскільки кут бічних роликів 30 град., то беремо стрічку з синтетичної тканини (капрону) з межею міцності однієї

прокладки  $\sigma_p = 1800$  Н/см. Стрічка приймає максимальний натяг 29041 Н з запасом міцності  $n=10$ . Число основних прокладок стрічки  $i = S_{\text{макс}} * n / \sigma_p * B = 29041 * 10 / 1800 * 100 = 1,6$ .

Приймаємо стрічку з двома основними прокладками та двома з уточнювальною тканиною. Оскільки спочатку була взята стрічка з 6-ма прокладками, то перераховувати конвеєр не треба.

#### **6. Визначення діаметра барабанів:**

- приводного:  $D_{\text{п}} = k * i = 200 * 2 = 400$  мм, де  $k = 180 \div 200$  для стрічок з прокладками із синтетичної тканини. З конструктивних міркувань приймаємо  $D_{\text{п}} = 500$  мм. З врахуванням товщини  $\Delta_{\text{ф}}$  гумової футеровки  $D_{\text{ф}} = D_{\text{п}} + 2 * \Delta_{\text{ф}} = 0,556$  м;

- кінцевого та натяжного:  $D_{\text{к}} = D_{\text{н}} = 0,8 * D_{\text{п}} = 320$  мм. З конструктивних міркувань приймаємо 500 мм;

- того, що відхиляє стрічку:  $D_{\text{в}} = 0,65 * D_{\text{п}} = 260$  мм. Приймаємо 320 мм найближче більше значення з існуючих типорозмірів.

Довжина барабанів:  $L_{\text{б}} = B + a_{\text{б}} = 1000 + 150 = 1150$  мм

Частота обертання приводного барабана  $n_{\text{б}} = 60 * v / 3,14 D = 60 * 1,5 / 3,14 * 0,556 = 52,6$  1/об.

**7. Вибір редуктора:** Передавальне число редуктора  $U_{\text{р}} = 1000 / n_{\text{б}} = 1000 / 52,6 = 19,01$ , де 1000 – число обертів швидкохідного вала, об. / хв., а  $n_{\text{б}}$  – число обертів тихохідного вала, об. / хв. Розрахункова потужність редуктора  $= K_{\text{р}} * N_{\text{р}} = 1,25 * 40,9 = 51,13$  кВт

За каталогом вибираємо редуктор Ц2-650 двоступінчастий з міжосьовою відстанню між швидкохідними та тихохідними валами 650 мм, передавальним числом 19,88 та потужністю 89,4 кВт.

**8. Перевірка привода конвеєра на пуск та гальмування:** Розраховують методом обігу по контуру тяглове зусилля при пуску  $W_{13-1} = S_{13-S1} = 29041 - 5438 = 23603$  Н. Момент інерції усіх мас конвеєра  $4,7$  кг\*м<sup>2</sup>. Пусковий момент  $M = 650$  Н\*м. Час пуску  $t = 4,16$  с  $\leq 6$  с. Вимога виконується.

Коефіцієнт динамічності  $K_d = S_{\max} / S_{13} = 1,3$ . За розрахунком гальма не потрібні, але приймаємо ТКТГ-300м з гальмовим моментом 800 Н\*м.

**9. Натяжний вантаж** при пуску – 28502 Н, а при сталій роботі – 16769 Н.

**10. Розрахунок очисного пристрою:** Двигун щітки: тип АІР 100L4У3; 4,0 кВт; 1500 об/хв.

Безпека обслуговування транспортуючих машин:

- проведення інструктажу на робочому місці;
- не допускається понаднормове перевантаження машини;
- забороняється транспорт пиловидних матеріалів без пиловсмоктувальних пристроїв;
- не допускається включення несправної машини та її ремонт на ходу;
- усі обертові частини, що рухаються, закриваються знімними кожухами, останні встановлюються також у місцях перевантаження і проходів для людини (0,8-1,0 м);
- влаштовується заземлення (занулення) металевої станини;
- електроустаткування повинно відповідати нормативам;
- на похилих та вертикальних ділянках розміщають зупинники, які перевіряють 1 раз у зміну;
- щодня проводять огляд несучих та тягових елементів;
- завантажувальні отвори у бункерах закриваються ґратами;
- спуск працівників у бункер допускається на мотузці з запобіжним поясом;
- треба бути обережним у бункері з сипким вантажем (борошно) від повного засипання.

### **Контрольні питання та завдання**

1. У чому полягає особливість транспортуючих підйомно-транспортних машин?

2. Відповісти на тестові питання:

-багажна карусель – це: а) круговий стрічковий конвеєр, що складається з поворотної кільцевої стрічки, натяжного й приводного барабанів та опорних роликів для транспортування багажу в аеропортах; б) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника; в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; г) усе перераховане;

-канатна дорога: а) машина для транспортування кабін, крісел, вагонів, ковшів у підвішеному на несучому канаті стані за допомогою тягового каната; б) таль, яка переміщається з вантажем вздовж балок (двотаврів); в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу та підйомника; г) усе перелічене;

-конвеєр – це: а) машина безперервного транспорту для переміщення сипких, кускових або штучних вантажів; б) машина періодичної дії для переміщення сипких, кускових або штучних вантажів; в) машина для просторового переміщення вантажів; г) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника для транспортування меблів;

-норія – машина для підйому рідин (підливне водяне колесо) або сипких матеріалів у вертикальному напрямку; б) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника для транспортування меблів; в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; г) усе перераховане;

-патерностер – це: а) пасажирський ліфт з кабінами без дверей, що постійно рухається; б) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу і підйомника; в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; г) усе перераховане;

-ескалатор – підйомно-транспортна машина у вигляді похилих сходів зі ступенями, що рухаються та прикріплені до замкненого ланцюга; б) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні

намотується ланцюг або канат, що пересуває вантаж; в) система рухомих і нерухомих блоків для виграшу в силі або швидкості; г) усе перелічене;

-траволатор або тротуар, що рухається: а) рухома безступінчаста доріжка для прискорення або полегшення переміщення пішоходів; б) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; в) машина для просторового переміщення вантажів; г) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника.

3. Перелічити види конвеєрів.

4. Відповісти на тестові питання:

-ковшовий елеватор: а) вертикальний стрічковий (або цепний) конвеєр з ковшами, що переміщуються у прямокутній трубі; б) таль, яка переміщається з вантажем вздовж балок (двотаврів); в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу та підйомника; г) усе перелічене;

-підвісний конвеєр – машина безперервної дії для внутрішньоцехового переміщення тарних і штучних вантажів у вигляді замкненої у просторі рейки, по якій рухаються візки з крюками, траверсами, люльками, захватами, площадками; б) круговий стрічковий конвеєр, що складається з поворотної кільцевої стрічки; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника; г) усе перераховане;

-транспортувальник піддонів – це: а) машина для переміщення (захоплення вильчастим захватом, підйом на 15-20 см і транспортування) вантажів 1,2-3,5 т на піддонах (палетах) з ручним приводом і гідродомкратом або електричним приводом від кислотного акумулятора з кріслом, кабіною або без них оператора; б) машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу; г) усе перелічене

-тягач – це: а) самохідна безрейкова наземна машина (автомобіль, трактор, спеціальна машина), призначена для буксирування причепів і напівпричепів, несамохідних або несправних самохідних машин, вантажів на санях і волокушах; б) машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна

конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника; г) усе перераховане;

-електрокар: а) електромобіль спрощеної конструкції з приводом від акумулятора; б) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; в) машина для просторового переміщення вантажів; г) усе перераховане;

-вагоноперекидач – це: а) спеціальна споруда для механізованого розвантаження вагонів з насипними й навалочними вантажами (руда, вугілля, зерно); б) таль, яка переміщається з вантажем вздовж балок (двотаврів); в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; г) усе перераховане;

-класифікації навантажувачів: а) періодичної дії (вилковий, ковшовий, платформний, навантажувач-маніпулятор, навантажувач-копновоз) і безперервної дії (стрічковий, скребковий, роторний, шнековий, ручний); б) ІТА: (Клас I – електричні, Клас II – для роботи у вузьких проходах – річтраки, бічні вантажники, Клас III – штабелери, Клас IV – з двигуном внутрішнього згоряння й суцільнолитими шинами, Клас V – з двигуном внутрішнього згоряння й пневматичними шинами, Клас VI – транспортери, Клас VII – «Позашляхові» навантажувачі; в) телескопічні (вилковий, ковшовий – Маніту), грейферні, контейнерні; г) усе перелічене;

-вилковий навантажувач призначений для: а) підняття, транспортування вантажів; б) завантаження, розвантаження вантажів; в) штабелювання вантажів за допомогою вил; г) усе перелічене.

5. Перелічити вимоги до розрахунку стрічкового конвеєра.

6. Відповісти на тестові питання:

-ковшовий (будівельний) навантажувач: а) вид навантажувача, у якому робочим органом є ківш на стрілі, наповнення якого проводиться під час руху машини, у сполученні з поворотом або підйомом самого ковша; б) машина для переміщення вантажів 1,2-3,5 т на піддонах (палетах); в) машина для підйому



вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу; г) усе перелічене;

-вилковий навантажувач с противагою: а) вид спеціального складського підлогового транспорту, призначений для підняття, переміщення, розвантаження, навантаження, складування (штабелювання) різних вантажів за допомогою вил або інших робочих пристосувань (начіпного обладнання); б) машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу; г) усе перелічене;

-роторний навантажувач: а) навантажувач з робочою частиною у формі роторного колеса, до якого жорстко прикріплені ковші, а саме колесо закріплене на кінці стріли, що є рамою стрічкового конвеєра; б) машина безперервної дії у формі пластинчастого конвеєра; в) різновид вилкового навантажувача з платформою; г) усе перелічене;

-штабелер – це: а) транспортний засіб, обладнаний механізмом для підйому, штабелювання (зберігання й перевезення вантажів з установкою їх один на одного) або переміщення інтермодальних транспортних одиниць (вантажі, що пристосовані для перевезення різними видами транспорту); б) пристрій, що складається з вертикально встановленого вала, на який при обертанні намотується ланцюг або канат, що пересуває вантаж; в) система рухомих і нерухомих блоків для виграшу в силі або швидкості; г) усе перелічене;

-річтрак: а) вдосконалена конструкція електричного штабелера для штабелювання висотою до 12 м і вантажопідйомністю до 2,5 т; б) машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу; г) усе перелічене;

-ричстакер: а) навантажувач з двигуном внутрішнього згорання для роботи с контейнерами (захоплює по всій довжині й підіймає контейнер з переміщенням на нове місце); б) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу й підйомника; в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів на платформах по жорстким напрямним; г) усе перераховане;

-автомобільний накопичувач елеваторного типу: а) парковочна система роторного (карусельного) типу для довготермінового зберігання автомобілів на **несучих платформах**; б) машина для підйому вантажів на платформі у вигляді столу; в) мобільна конструкція на пересувній платформі у вигляді автопричепу; г) усе перелічене;

-многоярусний автоматичний паркінг – це: а) багаторівневий паркінг металевої або бетонної конструкції з парковкою автомобілів в автоматичному режимі без людини; б) мобільна конструкція на пересувній платформі; в) машина для вертикального або похилого переміщення вантажів; г) усе перераховане

### **Перелік використаної літератури**

1. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища школа, 1998. 424 с.
2. Иванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. К.: Вища школа, 2008. 413 с.
3. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 432 с.
4. Савенков В. М., Тимохіна В. Ю., Тимохін Ю. В. Підйомно-транспортні машини: Конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей. Донецьк, 2013. 78 с.
5. Гейман А.А. Грузоподъемные и транспортные устройства в целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности. 3-е изд., перераб. М.: Лесная промышленность, 2005. 288 с.
6. Жигулін О. А. Підйомно-транспортні машини та механізми у сільськогосподарському виробництві. Технології АПК ХХІ століття: проблеми і перспективи розвитку: зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф. Ніжин, 2017. С. 119 – 125.

## 5. СИСТЕМА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИКОНАННІ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ

Підйомно-транспортне обладнання в аграрному секторі України можна поділити на групи: вантажопідйомне; транспортує. Перша група представлена навісними перевантажувачами (на тракторах), вантажопідймальними кранами, спеціальними машинами підймання сіна, кормів та іншими машинами й механізмами циклічної дії. Друга група обладнання включає транспортуючі машини, які переміщують сільськогосподарські вантажі на невелику відстань (конвеєри: стрічкові, гвинтові, скребкові, пневматичні т. ін.).

### *Система охорони праці при обслуговуванні ПТМ*

Системний підхід до безпеки підйомно-транспортних операцій в аграрному секторі України наведений на рис. 5.1.

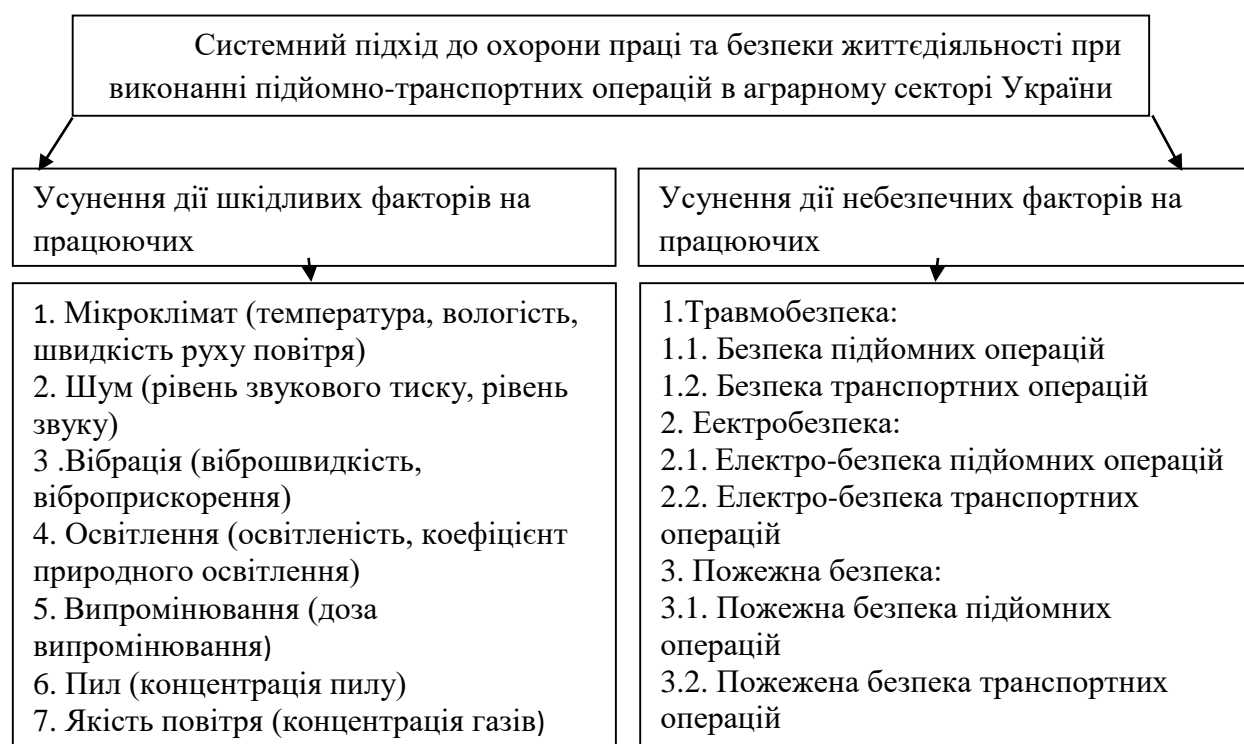


Рис. 5.1. Системний підхід до охорони праці та безпеки життєдіяльності при виконанні підйомно-транспортних операцій в аграрному секторі України

Кожна сільськогосподарська машина у своїй конструкції містить підйомно-транспортне обладнання. Наприклад, у зернозбиральному комбайні працюють: гвинтовий конвеєр-перевантажувач зерна з бункера комбайна в автомобіль, скребковий конвеєр для внутрішнього транспортування матеріалу, ковшовий елеватор т. ін. Безпека експлуатації даного обладнання забезпечується конструкцією машини. Тому предметом дослідження є самостійне підйомно-транспортне обладнання, небезпечна експлуатація якого є актуальною.

Мікрокліматичні умови обслуговування ПТО в аграрному секторі України нормуються Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99). Додержання даних нормативів усуває вплив на працюючих шкідливих метеорологічних факторів виробничого середовища та можливість захворювань внаслідок переохолодження та перегрівання. Параметри мікроклімату в кабіні трактора при виконанні операцій перевантаження зерна зі складу у фуру (навісним підйомником) можна підтримувати за рахунок кондиціонера або обігрівача. Вирішення проблем мікроклімату при виконанні ПТО на свіжому повітрі досягається за допомогою засобів індивідуального захисту (одяг, взуття) та режиму праці.

Шум в аграрному секторі нормується Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99), які сприяють усуненню таких захворювань, як неврози та приглухуватість. При перевантажувальних операціях від шуму працівника повинна захищати кабіна машини (трактор, автокран, спеціальні перевантажувачі «Маніту», «Скорпіон» т. ін.), а ззовні техніки – засоби індивідуального захисту (навушники, біруші, шоломи).

Вібрація нормується Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації (ДСН 3.3.6.039-99), додержання яких захищає працівника від руйнування суглобів та судин. Попередити віброхвороби можна через: або зменшення вібрації, або дозу, яку отримує працівник. Для цього випускається техніка з малим вібраційним впливом на працівника (противібраційний захист тракториста та оператора конвеєра), розраховується та витримується гранична доза вібрації.

Вимоги до освітлення в аграрному секторі визначаються ДБН В.2.5-28-2006. Їх дотримання зменшує можливість травматизму на захворювань очей при виконанні ПТО. Впроваджуються електронні системи підтримки нормованого рівня освітлення, нові лампи та освітлювальні прилади, спеціальні вправи для тренування очей, коли управління операціями ведеться за допомогою комп'ютера.

Вимоги до випромінювання викладені в Державних санітарних нормах і правилах при роботі з джерелами електромагнітних полів (ДСанНіП 3.3.6.096-2002).

Забороняється проводити ПТО під лініями високовольтних електричних мереж.

Якість повітря та шкідливий вплив пилу нормуються ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Засобами зниження шкідливого впливу пилу на людину є зменшення його концентрації та використання респіраторів.

Шкідлива складова системи охорони праці та безпеки життєдіяльності при виконанні підйомно-транспортних операцій в аграрному секторі України дозволяє попередити такі захворювання, як хвороби переохолодження та перегрівання, неврози, приглухуватість, захворювання суглобів, судин та очей, пневмоконіози та отруєння газами.

Небезпечна складова системи охорони праці та безпеки життєдіяльності при виконанні підйомно-транспортних операцій в аграрному секторі України наведена на рис. 5.2.

Вона регламентована:

Правилами будови і безпечної експлуатації вантажно-підймальних кранів, ліфтів (НПАОП 0.00-1.01-07),

Правилами будови і безпечної експлуатації навантажувачів (НПАОП 0.00-1.22-08) т. ін.



Рис. 5.2. Усунення дії небезпечних факторів на працюючих при обслуговуванні підйомно-транспортного обладнання

Основні види небезпечних чинників, що можуть виникнути під час експлуатації та в разі порушення умов експлуатації навантажувачів, конвеєрів, ліфтів:

1. Механічні види небезпеки, пов'язані з підймальними операціями навантажувачами і спричинені: а) падінням вантажу, зіткненням, перекиданням навантажувача внаслідок: недостатньої його стійкості; неконтрольованого завантаження, перевантаження, перевищення перекидного вантажного моменту; неконтрольованої амплітуди руху механізмів і складових частин; несподіваного або непередбаченого руху вантажу; невідповідних змінних вантажозахоплювальних пристроїв і тари; зіткнення декількох навантажувачів або навантажувачів з іншими транспортними засобами; б) недостатньою механічною міцністю складових частин і деталей; в) неправильним вибором

ланцюгів, змінних вантажозахоплювальних пристроїв та їх неправильним установленням (навішуванням); г) неконтрольованим опусканням вантажу механізмом з фрикційним гальмом; д) дією вантажу на працівників (нанесення удару вантажем або противагою).

Наведемо небезпеки, пов'язані зі складовими частинами навантажувача, з вантажами, що переміщуються, наприклад, з формою (гострі крайки, ріжучі елементи, гострокінцеві частини тощо), з місцем установлення, масою та стійкістю (потенційна енергія частин, що можуть бути урухомлені під дією сили тяжіння), з масою та швидкістю (кінетична енергія частин під час контрольованого чи неконтрольованого рухів), з прискорюванням, недостатньою механічною міцністю, що може призвести до небезпечних поломок чи до руйнувань, з накопиченням енергії усередині навантажувача (у пружних елементах, у рідинах, газах, що перебувають під тиском), з порушенням безпечних відстаней: а) здавлювання; б) поріз; в) розрізнення чи відсікання; г) намотування, утягування чи захоплення частин одягу, кінцівок тощо; д) удар, укол або проколювання; е) розбризкування рідини під високим тиском; є) утрата стійкості елементів; ж) ковзання, спотикання або падіння (на навантажувачі чи з навантажувача) працівників.

2. Електричні види небезпеки від електрошоку чи опіків можуть призвести до травм або смерті внаслідок чинника несподіваності, викликаного електричним ударом, а також до падіння працівника з причини: а) контакту працівників з частинами автотранспорту, що звичайно перебувають під напругою (прямий контакт); б) контакту працівників з частинами автотранспорту, що перебувають під напругою через несправність (непрямий контакт); в) дії електростатичних процесів, наприклад контакту працівників з електрично зарядженими частинами; г) термічного випромінювання або таких процесів, як розбризкування розплавлених речовин, хімічних процесів під час коротких замикань тощо;

3. Термічні види небезпеки призводять до опіків, обмороження та інших травм, викликаних: а) контактом працівників з предметами або матеріалами з

дуже високою або низькою температурою; б) полум'ям або вибухом; в) роботою в гарячому або холодному виробничому середовищі.

4. Організаційні види небезпек наступні. Небезпека, яка спричинена нехтуванням ергономічних вимог і принципів під час розроблення машин, така:

- а) незручна робоча поза або надмірне чи повторюване фізичне навантаження на організм водія; б) нехтування засобами індивідуального захисту; в) недостатнє місцеве освітлення; г) розумове перевантаження, стрес тощо, що виникають під час робочого процесу та контролю за роботою навантажувача або технічного обслуговування в межах їх використання за призначенням; д) незручна конструкція.

Небезпека, спричинена несподіваним запуском, перевищенням швидкості тощо, має місце унаслідок:

- а) виходу з ладу або порушень в роботі системи керування; б) припинення подавання енергії і відновлення енергопостачання після перерви; в) зовнішнього впливу на електрообладнання; г) дії природних атмосферних чинників; д) помилки водія в керуванні завантажувачем.

Має місце небезпека, спричинена помилками виробника під час складання настанови з експлуатації. Небезпекою є, поломка під час роботи, унаслідок:

- а) утомного руйнування; б) неприпустимої величини деформації; в) критичного спрацювання; г) корозії.

Небезпека, спричинена предметами, що падають (інструменту, деталей навантажувача, речей обслуговуючого і ремонтного персоналу тощо). Небезпека, спричинена рухом навантажувача:

- а) рух під час запускання двигуна; б) рух за відсутності водія на своєму місці; в) рух за відсутності надійного закріплення всіх складових частин, деталей.

Небезпека, пов'язана з робочим місцем водія навантажувача, виникає внаслідок:

- а) падіння водія під час спроби зайняти або покинути робоче місце; б) викидів газів на робочому місці; в) пожежі (займистість кабіни, нестача засобів вогнегасіння); г) механічних видів небезпеки на робочому місці (контактування з рухомими частинами, наїзд, падіння предметів); д) недостатнього огляду з робочого місця; з) невідповідного освітлення; к) незручного місця для сидіння; л) шуму на робочому місці; м) вібрації на робочому місці.

Небезпекою, пов'язана із системою керування, є:

- а) неправильне розміщення органів керування; б)



неправильна конструкція органів керування та неправильний режим їх роботи. Небезпека, пов'язана з джерелами та передаванням енергії, така: а) небезпека, пов'язана з двигуном та акумуляторними батареями; б) небезпека, пов'язана з передаванням енергії між обладнанням навантажувача; в) небезпека, пов'язана із з'єднаннями та засобами буксирування. Небезпека, пов'язана з третіми особами, наступна: а) несанкціонований запуск або експлуатація; б) відсутність або невідповідність візуальних або звукових попереджувальних сигналів. Небезпека, пов'язана з несприятливими природними факторами, така: а) вітрове навантаження; б) снігове навантаження; в) ожеледиця, зледеніння; г) сейсмічне навантаження; д) грозові електричні розряди.

Ризики обслуговуючого і ремонтного персоналу від впливу вищенаведених небезпек повинні бути унеможливлені або зведені до мінімуму за рахунок виконання запобіжних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки під час експлуатації ПТО.

Прикладом засобів горизонтального транспорту є стрічкові і ланцюгові конвеєри, що широко застосовуються в промисловості. Аналіз травматизму показує, що 90% нещасних випадків на них відбувається внаслідок захоплення частин тіла людини чи одягу частинами устаткування, що рухаються або набігають, у момент усунення на ходу неполадок конвеєра. Тому на працюючому конвеєрі забороняється виправляти зсув (стік) стрічки й усувати її пробуксовку, забирати матеріал, що просипався, підмітати під конвеєром, знімати налиплі матеріали. Важливим є вміння правильно застосувати пристрої, що виключають чи зменшують необхідність ручної праці, зокрема використання шкребків і щіток для механічного очищення стрічок від матеріалів, що налипають. Привідний і натяжний барабани відгороджують, встановлюють на них два кінцеві вимикачі, що зупиняють систему при перевантаженні тягових органів чи при обриві стрічки. На муфті, що з'єднує електродвигун приводу з приводним барабаном, улаштовують запобіжний палець, що працює на зріз при підвищенні тягового зусилля на 25% порівняно з нормальним.

Вимоги безпеки при експлуатації кранів наступні: під впливом землетрусу, крани повинні мати особливу конструкцію, що дозволяє переносити поштовхи низької та середньої частоти; механізми підймання вантажу та стріли повинні унеможливити вимикання приводу без накладення гальма, а опускання вантажу або стріли повинно здійснюватися тільки від двигуна, що працює; гальма на механізмах пересування вантажопідіймальних кранів і машин та їх вантажних візків установлюються, якщо вони призначені для роботи під відкритим небом; електропостачання вантажопідіймального крана має здійснюватися через увідний пристрій з ручним або дистанційним приводом; важлива наявність системи керування електродвигунами вантажо-підіймального крана чи машини для унеможливлення самозапуску електродвигунів; кабіна повинна розташовуватися таким чином щоб по неї не вдарив вантаж. Двері для входу до кабіни виконуються розкривними або розсувними і обладнуються із внутрішнього боку засувом.

Згідно законодавчої бази України в сфері охорони праці, існує поняття небезпечної зони підйомно-транспортного обладнання: простір, у якому працівники піддаються ризику щодо свого здоров'я або безпеки внаслідок переміщення вантажозахоплювального органу чи пристрою з вантажем чи без нього або внаслідок падіння вантажу під час його переміщення з урахуванням горизонтальної проекції на землю траєкторії переміщення найбільшого зовнішнього габариту вантажу та відстані відлітання вантажу. Також небезпечним в масштабах робочої зони машини є неумисний контакт працівника з рухомими частинами обладнання, можливими ударами, падіння вантажів, конструкцій будь-якого характеру.

Взагалі можна відокремити окремі види безпеки, небезпечних ситуацій та небезпечних випадків, що можуть виникнути під час нормальної експлуатації та в разі порушення умов експлуатації підйомно-транспортного обладнання, які можуть погрожувати життю громадян.

Таким чином розглянувши основні види підйомно-транспортного обладнання та проаналізувавши найбільш характерні види безпеки при його

експлуатації, можна вважати дане обладнання вкрай небезпечним до життя громадян. Саме тому для недопущення та зменшення випадків проявів небезпеки при застосуванні підйомно-транспортного обладнання необхідно керуватися чіткими правилами безпеки та нормами, що призначені законодавством України в сфері охорони праці.

### **Контрольні питання та завдання**

1. Поясніть структуру системи охорони праці й безпеки життєдіяльності при виконанні підйомно-транспортних операцій.
2. Що таке небезпечна зона підйомно-транспортного обладнання?
3. Перелічити види небезпек при виконанні підйомно-транспортних операцій.

### **Перелік використаної літератури**

1. Бабічев В.В., Сорокін Г.Ф. Охорона праці та техніка безпеки. Київ: Дніпро, 1996. 224 с.
2. Жигулін О. А. Конкурентоспроможність системи управління охороною праці в аграрній сфері України: навчальний посібник. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2015. 164 с.
3. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основы охраны труда. Львов : Афіша, 2000. 351 с.
4. Носовський Т.А. Основы техніки безпеки. Київ: Лібідь, 1992. 140 с.
5. НПАОП 0.00-5.03-95. Типова інструкція з безпечного ведення робіт для кранівників (машиністів) стрілових самохідних (автомобільних, гусеничних, залізничних, пневмоколісних) кранів [Електронний ресурс]. URL: <http://www.dnaop.com/html/2094.html>
6. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів 20.08.2002 N 409 (v0409203-02) [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon.nau.ua/doc/code=v0409203-02>

## ДОДАТКИ

Додаток А

### **Підйомно-транспортні машини при механізації зернового, овочевого, кормового потоків сільськогосподарських вантажів і потоку добрив**

У рослинництві є чотири вантажопотоки, в яких застосовуються підйомно-транспортні машини: 1) зерновий (агрегати комбайну, причеп-перевантажувач з гвинтовим конвеєром – рис. 2), розвантажуюча платформа автомобілів у зерносковище або елеватор – рис. 4, стрічковий конвеєр, ковшовий елеватор та транспортуючі труби елеваторного комплексу, тепловоз-тягач, вагоноперекидач, портовий кран);

2) овочевий (трактор з навісним обладнанням, фронтальний або поворотний навантажувач контейнерів з овочами, причеп-перевантажувач, стрічковий конвеєр, візок супермаркету);

3) кормовий (навантажувач «скорпіон» зі спеціальним захватом для складання тюків сіна на причеп та у скирту – рис. 1);

4) добрив (гвинтовий конвеєр на складі, розкидач добрив по полю – рис. 3).



Рис. 1. Телескопічний навантажувач CLAAS SCORPION 9055-6530



Рис. 2. Причеп з гвинтовим конвеєром Horsch Titan 34 UW



Рис. 3. Розподільник добрив Amazone ZG-B 8200

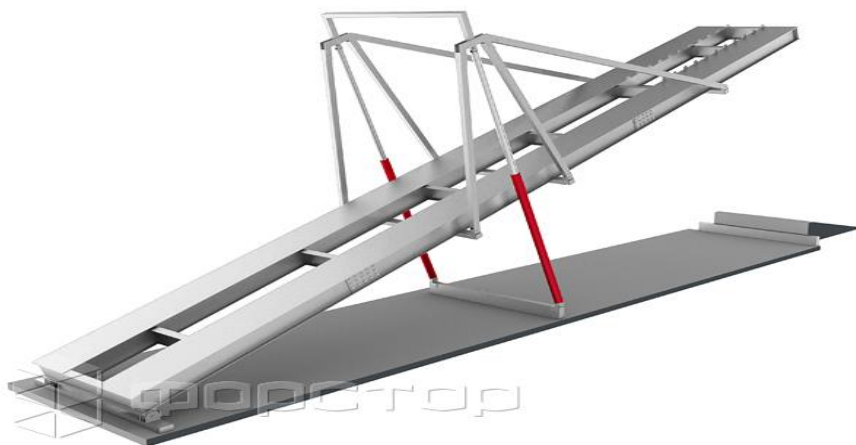


Рис. 4. Авторозвантажувач універсальний для зерносховищ та елеваторів



**Підйомно-транспортні машини при механізації збору фруктів, ягід, овочів, бавовни та квітів**

**Оливки:**

- під дерево підстилається (розгортається) стрічка;
- дерево трясуть механічною «рукою»-маніпулятором;
- плоди падають на стрічку, розрізану навпіл;
- стрічку згортають, плоди перевантажуються з широкого скребкового конвеєра на похилу площину, а з неї – на конвеєр з вузькою стрічкою й у причеп.

**Полуниця 1.** Водій сидить у креслі, машина пересувається уздовж грядки полуниці, збирає її, транспортує до водія, який щільно заповнює тару:

- грядка із звисаючими у жолоб з риштаків плодами;
- 6 маніпуляторів, які за допомогою фото-датчика розпізнають і зрізають спілі (червоні) плоди;
- ягоди скребковим транспортером доставляються угору до водія-фасувальника (рис. 5а).

**Полуниця 2.** Самохідна платформа на 3 робочі місця (водій і 2 збиральника): людина лежить на матах, упирається лобом у м'яку подушку, двома руками вибирає спілі ягоди й кладе їх у піддон з 12-ма тарними упаковками; ритм просування платформи 7 сек.; 3 колеса (1 – попереду, 2 – ззаду по міжряддю); одна людина зависає над грядкою консоллю.

**Полуниця 3.** Збір здійснюється з платформи у формі велосипеда (рис. 5б).



А



Б

Рис. 5. Збір полуниці (А) і платформа-велосипед для збору ягід (Б)

**Черешня.** Машина наближається до дерева й охоплює його з двох сторін саморозкладуючою конструкцією з брезенту та упорних шарнірних стоек, яка приймає конусообразну форму. Основою машини є нижня рама на 4-х колесах і верхня рама зі скребковим конвеєром та ящиком. Конвеєр переміщує черешню із нижньої частини конуса у ящик через похилий риштак з попутним відділенням листя. Цикл збирання:

- просування машини між рядами дерев;
- зупинка напроти дерева;
- пересування домкратом-штовхачем верхньої рами під дерево;
- розкладання конусообразної конструкції;
- захоплення й трясіння дерева механічною «рукою»-маніпулятором;
- осипання черешні у нижню частину конуса й транспорт її скребковим конвеєром у ящик;
- вирівнювання ягід у ящику.

**Малина.** Машина на 3-х колесах з водієм пересувається по міжряддю з захопленням правого ряду малини. З правого боку стоять ящики й 3 працівника-сортувальника для рівномірного наповнення ящиків (50-70 од.):

- кущ обробляється двома поліпропіленовими щітками, які вібрують й обертаються назустріч одна до одної;
- струшена з гілок малина осипається униз і попадає на скребковий конвеєр, а з нього – на стрічковий конвеєр та у ящик.

**Яблука 1.** Машина у вигляді великої палатки (висота 3,5 м) з розімкнутою лівою стороною захоплює дерево зверху та з боків. Знизу до стовбура висувається платформа: маніпулятором яблука струшуються з гілок; по похилій площині вони попадають спочатку на нижній скребковий конвеєр, а з нього по похилому конвеєру – угору та у ящик.

**Яблука 2.** Комбайн для збору яблук, у якому плоди знімаються з дерева або маніпулятором у формі «механічної руки», або вакуумною присоскою й транспортуються конвеєрами (рис. 6).



Рис. 6. Комбайн для індивідуального збору яблук

**Брюсельська капуста.** Попереду гусеничного трактора прикріплена брезентова палатка, на вході у яку сидять 2 працівника, а перед ними стирчать 2 ножі у формі ножиць (гойдаються вправо-вліво) для зрізання капусти:

- капуста у формі міні-пальми підрізається знизу ножицями;
- працівником підіймається та завантажується на конвеєр, який під днищем кабіни трактора доставляє її спочатку у очисне відділення, а потім – у бункер.

**Арахіс.** Трактор транспортує за собою уборочний агрегат, який захоплює три куці горіхів. Щітки із металевих спиць видаляють («вичісують») із куца горіхи, які конвеєром транспортуються у ящики. Швидкість руху трактора – 7 - 10 км/год.

**Білокачанна капуста.** Комбайн зрізає, робить первинне очищення верхніх листів гвинтовим очищувачем і транспортує капусту на сортувальний стіл:

- два працівника сортують і направляють капусту на транспортер (шкребки у формі рядів штирів) для транспортування у бункер;
- спеціальним маніпулятором у капусти вирізається качан-серцевина.

**Селера.** Агрегат захоплює кущики селери за верхнє листя гумовим захоплювачем, транспортує й паралельно обрізає корені. На кільці обрізаються верхки. Обрізані з обох боків стандартні куці складаються у ящики двома працівниками, які дорізають не обрізані машиною поодинокі корені (роблять остаточну обрізку).



**Петрушка.** Збирається комбайном з жаткою барабанного типу (МКС-2TR) й великим сітчастим бункером.

**Квіти тюльпанів:**

-жаткою барабанного типу зрізаються квіти (рис. 7).



Рис. 7. Комбайни для збору тюльпанів

**Бавовна.** Валки стискають коробочки бавовни до розкриття. Щітками вичісується бавовна й транспортується угору пневмоконвеєром, який має конструкцію пілососу (рис. 8).



Рис. 8. Комбайни для збору бавовни

Отже, розглянуто приклади використання підйомно-транспортних машин при механізації збору фруктів, ягід, овочів, бавовни та квітів.



## АВТОРСЬКА СПРАВКА ЖИГУЛІН ОЛЕКСАНДР АНДРІЙОВИЧ

кандидат технічних наук, доктор економічних наук, доцент

Автор понад 170 наукових та навчальних праць  
Напрями наукових досліджень:

Представник Наукової школи д. е. н., професора Гудзинського Олексія Дмитровича (39 кандидатів наук, 7 докторів наук, які працюють в Україні, США, Франції й Канаді) з питань управління інноваційно-креативним розвитком соціально-економічних систем. Особливістю школи є формування соціально-еколого-економічної моделі розвитку підприємств й установ, де найвищою цінністю є людина, а головною рушійною силою розвитку – реалізація її креативного потенціалу. Праці представників школи містять дієві рекомендації щодо роботи суб'єктів господарювання в умовах глобальної й національної кризи.

### **1. Логістика, управління, конкурентоспроможність підприємств:**

**Монографії:** Управління конкурентоспроможністю підприємств аграрної сфери, 2016; Актуальні проблеми розвитку, 2013; Конкурентоспроможність підприємств – основа конкурентоспроможної економіки країни, 2012; Забезпечення конкурентоспроможності підприємств в умовах організаційно-економічних перетворень, 2011; Потенціал регіону: вектори формування та використання, 2011; Проблемы современности: наука, практика, методология, 2010; Ефективність методів управління підприємством у ринковій економіці.

**Статті в наукових і фахових виданнях:** Соціально-еколого-економічна модель логістичного управління конкурентоспроможністю агробізнесу в умовах глобальної кризи, 2020; Розвиток агробізнесу в умовах глобальної кризи на основі людиноцентризму й логістики, 2020; Логістика в управлінні матеріальними й інформаційними потоками для підвищення конкурентоспроможності підприємницьких структур агробізнесу, 2019; Результативне управління безпекою праці й життєдіяльності в Україні, 2019; Публічний менеджмент конкурентоспроможності підприємницьких структур агробізнесу України, 2018; Людино-центричний підхід в управлінні конкурентоспроможністю сільськогосподарських підприємств, 2018; Методичний підхід до оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємницьких структур агробізнесу, 2018; Управління конкурентоспроможністю підприємств аграрного сектору: інноваційно-креативний підхід, 2017; Інноваційно-креативне забезпечення конкурентоспроможності підприємств агробізнесу, 2015; Конкурентная стратегия инновационно-креативной дифференциации в культуре и туризме, 2014; Дизайн-проект методів забезпечення конкурентоспроможності підприємств туристичного бізнесу, 2014; Методология дисипативности споживчого впливу на формування системи методів управління підприємством, 2013; Выбор конкурентной стратегии предприятия в условиях инновационного развития экономики, 2013;

Конкурентная стратегия туристического предприятия в условиях информатизации общества, 2012; Індивідуальна диференціація пропозиції туристичного підприємства, 2012; Методология управления туристическим предприятием в условиях экономических кризисов и информатизации общества, 2012; Механизм функционирования конкурентной стратегии туристического предприятия в условиях информационного общества, 2012; Національні особливості глибинної мотивації споживачів туристичних послуг, 2011; Самоактуалізація і напрямлення диференціації туристических услуг, 2011; Основна споживча властивість товару, 2010; Мотивація сучасного споживача, 2010; Споживчий вплив як основний чинник формування системи управління підприємством, 2010; Механізм оцінки ефективності методів управління збутом, 2009; Інформаційне забезпечення ефективного управління підприємством, 2009; Механизм оценки эффективности методов управления предприятиями, участвующими в подготовке и проведении «Евро – 2009/2012»; Методология прийняття управлінських рішень у епоху клієнтської економіки, 2008; Ефективність методів управління як запорука економічної безпеки підприємства, 2008; Інструментарій економічної оцінки ефективності управління підприємством, 2008; Методология управління страховою компанією за цілями, 2008; Методология нарощення споживчої цінності продукту, 2008; Роль людського фактора в управлінні підприємством; 2008; Контролінг методів управління підприємством в епоху клієнтської економіки, 2008; Реінжиніринг методів управління підприємством, 2007; Ефективність методів управління маркетингом, 2007; Оценка методов управления предприятием на соответствие нормам государственного регулирования, 2007; Методология процесного підходу к управленію підприємством, 2007; Синергія методів управління компанією, 2006; Механизм оценки эффективности методов управления, 2007; Эффективность методов управления крупным предприятием в эпоху клиентской экономики, 2007; Реінжиніринг процесного підходу к управленію, 2007; Оцінка методів управління на відповідність конкурентній стратегії підприємства; 2007; Основное конкурентное преимущество предприятия: идентификация, значение, обеспечение, 2006; Управление підприємством по цілям в контексте маркетинг-менеджмента, 2006; Проблема традиційної класифікації методів управління, 2006; Конкурентоспособность в условиях глобализации, 2002; Маркетинг в бизнес-образовании, 2001; Управление процессом развития туризма в Донецком регионе: Стратегия управления социально-экономическим развитием региона на период до 2010 года, 1999.

**Закордонні публікації:** Конкурентная стратегия инновационно-креативной дифференциации в культуре и туризме, Казахстан, 2014; Теоретические и методологические основы обеспечения конкурентоспособности предприятий туристического бизнеса, Росія, 2014; Формирование методов управления деятельностью конкурентоспособного предприятия, Росія, 2014; Методы обеспечения конкурентоспособности предприятий в сфере охраны труда, Росія, 2014.

**Підручники:** Конкурентоспроможність системи управління охороною праці в аграрній сфері України, 2015; Конкурентоспроможне управління персоналом в аграрній сфері України, 2015; Менеджмент охорони праці в сфері туризму, 1999; Логістика, управління й конкурентоспроможність в агробізнесі, 2020; Підйомно-транспортні машини, 2020.

**Автореферат:** дис. д. е. н., 08.00.04 «Напрями удосконалення управління конкурентоспроможністю підприємницьких структур агробізнесу України».

## **2. Цивільна безпека (безпека праці та життєдіяльності):**

**Авторські свідоцтва:** №1305344. Бюл. №15, №1355722. Бюл. №44, №1566834. Бюл. №46, № 1645497. Бюл. №16 //Открытия. Изобретения.

**Статті:** Безпека праці та життєдіяльності в Україні, 2019; Безпека праці в енергоустановках, 2019; Безпека виробничих процесів в агроінженерії, 2019; Способи й засоби рятування людей і тварин при пожежі, 2019; Травматизм на транспорті, 2019; Безпека транспортних засобів в Україні, 2019; Результативне управління безпекою праці й життєдіяльності в Україні, 2019; Активна система управління пожежною безпекою підприємницьких структур агробізнесу, 2018; Охорона праці та безпека життєдіяльності при виконанні підйомно-транспортних операцій в аграрному секторі України, 2017; Людино-центрична система управління охороною праці та безпекою життєдіяльності при роботі з комп'ютером, 2017; Концепція управління безпекою життєдіяльності та охороною праці в аграрному секторі України, 2017; Сучасна техніка безпеки при обслуговуванні сільськогосподарських машин, 2017; Принципи людино-центричної системи управління охороною праці в сільськогосподарському виробництві, 2017; Система впровадження нових технологій охорони праці, 2016; Охорона праці в системі управління розвитком персоналу, 2016; Конкурентоспроможні методи управління охороною праці, 2016; Показник ефективності системи управління охороною праці на сільськогосподарському підприємстві, 2016; Управління ліквідацією пожежі на елеваторі, 2016; Методы обеспечения конкурентоспособности предприятий в сфере охраны труда, 2014; Экологические проблемы развития шахтерских городов Донбасса и пути их решения, 2008; статті в фахових журналах «Безпека праці в промисловості», «Розробка родовищ корисних копалин».

**Підручники:** Цивільний захист, безпека праці та життєдіяльності, 2020; Безпека транспортних засобів, 2020; Безпека праці в енергоустановках, 2020; Безпека виробничих процесів в агроінженерії й харчовій промисловості, 2020; Менеджмент охорони праці в сфері туризму, 1998; Теорія викидів та програмування викидодбезпеки; Запобігання викидів вугілля за допомогою щільного розвантаження; Конкурентоспроможність системи управління охороною праці в аграрній сфері України, 2015.

**Методичні посібники:** 13 публікацій, у т. ч. 5 – 2018 р.

Методичні вказівки до практичних занять та самостійного вивчення дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів технічних, економічних спеціальностей денної та заочної форми навчання вищих навчальних закладів України, 2018.

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів технічних та економічних спеціальностей вищих навчальних закладів України, 2018.

Методичні вказівки до практичних занять та самостійного вивчення дисциплін «Охорона праці та безпека життєдіяльності», «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці» для студентів технічних, економічних спеціальностей денної та заочної форми навчання, 2018.

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисциплін «Охорона праці та безпека життєдіяльності», «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці» для студентів технічних та економічних спеціальностей вищих навчальних закладів України, 2018.

Методичні вказівки до практичних, лабораторних занять та самостійного вивчення дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів технічних, економічних спеціальностей денної та заочної форми навчання вищих навчальних закладів України

**Автореферат:** дис. канд. техн. наук, спец. 05.26.01 «Охорона праці та пожежна безпека».

Основні напрями наукових досліджень автора (логістика, управління, конкурентоспроможність, безпека) є підставою формування «Концепції діяльності підприємств і країн щодо виходу із стану глобальної й національної кризи» (табл. 1).

Причиною впливу на громадян України глобальної й національної кризи є порушення умов розвитку людини у гармонії з природою та суспільством (рис. 1).

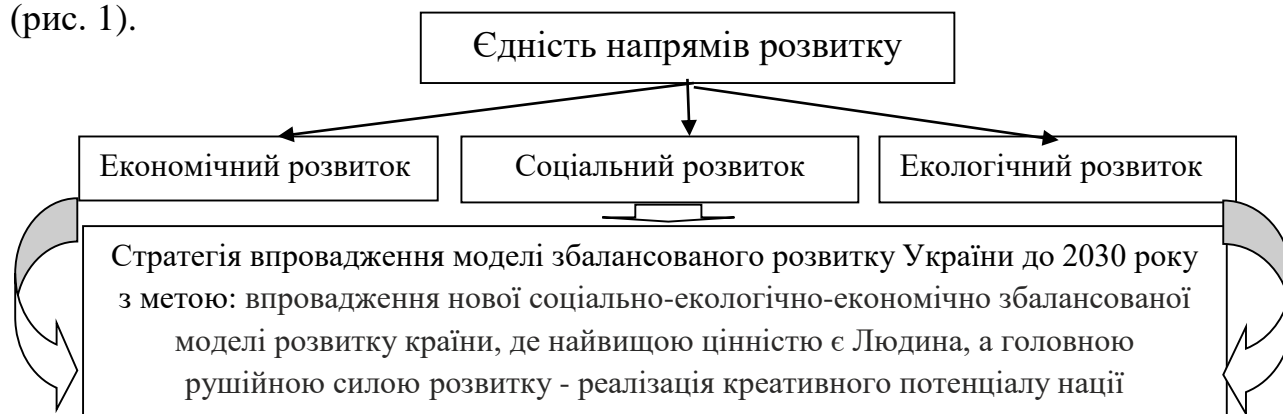


Рис. 1. Єдність напрямів екологічного, соціального й економічного розвитку людини інформаційного суспільства

Практика свідчить, що соціально-еколого-економічної збалансованої моделі розвитку, де найвищою цінністю є людина, не існує навіть у країнах з розвинутою економікою й демократією (США-вийшли з угоди по клімату).

Наведене свідчить про те, що у сучасних умовах кожна управлінська теорія, модель, практична розробка повинні бути націлені на розвиток людини та враховувати екологічну, соціальну й економічну ефективність.

### Концепція діяльності підприємств і країн щодо виходу з глобальної й національної кризи

<b>Забезпечення умов розвитку людини у гармонії з природою й суспільством передбачає зростання рівня свідомості через накопичення позитивних якостей особистості</b>		
	<b>Якості особистості впливають на розвиток у сферах:</b>	
<b>Екологічній</b>	<b>Соціалній</b>	<b>Економічній</b>
<b>Розвиток людини у пристосованій до земних умов арійській цивілізації (еталон):</b>		
<b>Екологічна сфера</b>	<b>Соціальна сфера</b>	<b>Економічна сфера</b>
1. Екологічно-безпечні технології й енергія 2. Збереження біосфери та обмеження техносфери 3. Підтримка родючості землі через екологічно чисте землеробство та органічні добрива 4. Заборона забою живих істот, що унеможлиблює їх розвиток, еволюцію 5. Сприятливі кліматичні умови	1. Розвиток людей через зайнятість у сферах, які відповідають рівню свідомості 2. Освіта за рівнем свідомості; 3. Справедлива винагорода за працю 4. Боротьба з хворобами як проявом негативних якостей особистості 5. Вживання молоко- й рослинних продуктів для попередження інфарктів, інсультів, раку, вірусних хвороб	1. Поділ суспільства на класи за рівнем свідомості: працівник, підприємець, адміністратор, науковець 2. Вирішення конфліктів через справедливі війни для заміни неефективного правителя на ефективного 3. Ведична економіка: якщо не витратити продукти на відгодівлю живих істот для забою, то Земля здатна прогодувати людей і усіх ін.
<b>Розвиток людини у сучасній, не пристосованій до земних умов, цивілізації (недоліки):</b>		
1. Технології й енергія, що забруднюють навколишнє середовище 2. Знищення біосфери та розвиток техносфери 3. Забій живих істот для харчування та землеробство, що виснажує землю 4. Несприятливі кліматичні умови	1. Зайнятість за правом народження, протекцією 2. Освіта за протекцією або фінансовими можливостями 3. Несправедлива винагорода за працю 4. Вживання ліків, які пом'якшують симптоми, але розладжують організм та повністю не усувають хворобу 5. Використання харчів із плоти живих істот, що веде до інфарктів, інсультів, раку	1. Нестача с/г земель, води, палива, енергії та погроза голоду 2. Вирішення конфліктів через несправедливі війни, коли гинуть цивільні люди й насаджується економічна колонізація народів, або через санкції й курс валюти 3. Додержання положень «економікс» – жорстка боротьба за ресурси планети, які обмежені
<b>Способи корекції негативних явищ в умовах глобальної й національної кризи:</b>		
<b>Природні</b>		
1. Геологічні, кліматичні й біологічні катаклізми (землетруси, потопи, віруси)	1. Втрата зайнятості із-за погрози масового багатозаразного зараження людей	1. Зупинка економіки через вимушений карантин
<b>Штучні</b>		
1. Додержання екологічних нормативів 2. Пропаганда позитивних якостей людини (у т. ч. заборона забою живих істот) 3. Підтримка родючості землі через органічні добрива	1. Зайнятість, освіта й винагорода за працю у відповідності до рівня свідомості 2. Профілактика інфарктів, інсультів, раку, вірусів через вживання молоко- й рослинних продуктів харчування	1. Перехід від м'ясного до молочного скотарства для нейтралізації погрози голоду 2. Поділ суспільства на класи за рівнем свідомості 3. Додержання положень етичних економіки, політики

Актуальність і дієвість концепції буде перевірена практикою виходу із кризи.



Наукове видання

**ЖИГУЛІН ОЛЕКСАНДР АНДРІЙОВИЧ**  
**МАХМУДОВ ІЛЬХОМ ІСАКОВИЧ**  
**ЖИГУЛІНА НАТАЛЯ ОЛЕКСАНДРІВНА**

# **ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ**

**Навчальний посібник**

Технічний редактор – І. П. Борис

*Видання друкується за авторським редагуванням*

---

Підписано до друку 03.01.2020 р.  
Гарнітура Times New Roman  
Замовлення № 1409

Формат 60x84/16  
Обл.-вид. арк. 5,50  
Ум. друк. арк. 8,71

Папір офсетний  
Тираж 100 прим.

---



Видавництво  
Ніжинського державного університету  
імені Миколи Гоголя.  
м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3/4  
(04631) 7-19-72  
E-mail: vidavn\_ndu@ukr.net

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 2137 від 29.03.05 р.