

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



**Кафедра «ОПХВ
імені професора Ф.Ю. Ялпачика»**

Лабораторна робота №5

**ВИВЧЕННЯ І ВИБІР ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ
МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни
«Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання»
для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за ОПП «Галузеве машинобудування»

Мелітополь
2021

Вивчення і вибір вантажопідйомних механізмів для монтажу обладнання.
Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання». Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування». Ступінь вищої освіти БАКАЛАВР. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Оновлена редакція 2021р.-20 с.

Розробили: к.т.н., доцент Ломейко О.П.
ас. Пупинін А.А.

Рецензент: доктор технічних наук, професор кафедри «Мехатронні системи та транспортні технології» Волошина А.А.

Розглянуто і затверджено на засіданні
кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика
Протокол № __ від _____ 2021р.

Зав. каф., д.т.н., професор

Кирило САМОЙЧУК

Рекомендовано методичною комісією факультету «МТФ»
Протокол № __ від _____ 2021р

Лабораторна робота №5

ВИВЧЕННЯ І ВИБІР ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ

Мета роботи: отримання знань за призначенням, пристроєм, вибору і розрахунку вантажопідйомних механізмів що використовуються при монтажі обладнання.

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

- повторити:

1. Види, типи і характеристики підйомних механізмів (курс дисципліни «Інженерна механіка»);

2. Вибір і розрахунок основних елементів оснащення такелажу

- знати:

1. Основні завдання підйомний-транспортних операцій при монтажі обладнання;

2. Комплекс засобів механізації при виконанні підйомний-транспортних операцій;

3. Основні схеми підйому вантажів в монтажні зони;

4. Методику розрахунку основних елементів оснащення такелажу;

5. Схеми стропування технологічного обладнання;

6. Схеми кріплення поліспастів;

7. Схеми кріплення відвідних блоків.

- вміти:

1. Розробляти схему строповки основних видів технологічного обладнання;

2. Розробляти схему підйому основних видів технологічного обладнання;

3. Виконувати розрахунок відповідальних елементів оснащення такелажу;

4. Розробляти схеми кріплення поліспастів і відвідних блоків.

1.2. Питання для самоперевірки:

1. Які є матеріально-технічні ресурси і яка організація їх постачань на об'єкти монтажу?

2. Які є технічні засоби механізації підйомно-транспортних операцій?

3. Яке є обладнання, пристосування, інвентар, засоби малої механізації монтажних робіт і індивідуального захисту?

4. Яке є технічне забезпечення такелажних робіт?

5. Які вимоги до основних елементів оснащення такелажу?

6. Які методичні основи розрахунку навантажуваних елементів оснащення такелажу?

7. За якими ознаками прийнято класифікувати вантажопідйомні машини?

8. На які групи по режиму роботи розділяють вантажопідйомні машини?

9. Які запаси міцності приймають при розрахунку дротяних канатів?

Рекомендована література

1. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств: Навчальний посібник: Практикум. /В.Ф. Ялпачик, О.П. Ломейко, В.Г. Циб, Ф.Ю. Ялпачик, К.О. Самойчук, В.О. Олексієнко, Т.О. Шпиганович / Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. – 235 с.

2. Монтаж та пусконаладження обладнання переробних підприємств. Навчальний посібник/Ф.Ю. Ялпачик, О.П. Ломейко, В.О. Олексієнко, В.Г. Циб. - Мелітополь, ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2009. – 156с.

3. Гурський П.В. Практикум монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв. / П.В. Гурський, Ф.В. Перневий, І.С. Гулий та ін. – Харків, 2001. – 230 с.

2. Вказівки до виконання роботи

2.1. Програма роботи:

- ознайомитися з видами такелажного оснащення для монтажу машин;
- провести ряд експериментальних досліджень по переміщенню обладнання лебідкою в зону монтажу на лабораторній установці;
- провести розрахунок вибраного оснащення такелажу.

2.2. Теоретичні положення

2.2.1 Засоби для переміщення, монтажу і випробування технологічного обладнання та інженерних комунікацій

До засобів для переміщення і монтажу обладнання і конструкцій в монтажній зоні відносять самохідні стріловидні крани (автомобільні, гусеничні, пневмоколісні), баштові, козлові крани, автотранспортувачі, трубоукладачі, трактори, автомобільні тягачі і причепи-тягловози, транспортери на гусеничному ході. Підйом і установку технологічного обладнання виконують також за допомогою проектних (штатних) мостових кранів і електротельферів.

Монтажні блоки застосовують при підйомі і переміщенні вантажів (вантажні) і для зміни напрямку руху канатів (відведення). По конструкції блоки розділяють на одно- і багато-роликові (до семи роликів). Одно-роликові блоки служать для підйому вантажу невеликої маси і як відведення. Багато-роликові блоки використовують для пристрою поліспастів, призначених для підйому вантажів важкоатлетів. Одно-роликові блоки випускають без відкидної щоки і з відкидною щокою, що має шарнір у вигляді петлі. Багато-роликові блок складається з тяги з отворами для осі, на яку насаджені ролики. На траверсі поміщений вантажний кріюк (скоба). Ролики відокремлені один від одного, а також від тяги щоками, що оберігають канат від сковзання з роликів. Між щоками встановлені втулки розпорів, які фіксують необхідну відстань для вільного обертання роликів. Всі деталі корпусу блоку сполучені на стягнутих болтах. Вантажний кріюк вільно обертається навколо осі. При виборі найменшого діаметру блоку, що допускається, враховують діаметр каната і

коефіцієнти, залежні від типу підйомного пристрою, режиму його експлуатації і конструкції каната. Діаметр роликів блоку повинен складати не меншого 16-20 діаметрів канату.

Поліспасти застосовують для виграшу в силі при підйомі і переміщенні вантажів, маса яких перевищує вантажопідйомність механізму. Поліспаст складається з підвісного блоку з крюком для вантажу і нерухомого блоку з сережкою для підвіски до опори. По роликах блоку пропущений канат, що створює робочі нитки поліспасти. Нитка поліспасти, що йде на лебідку, називається такою, що збігає, а решта ниток — робочими. Вільний кінець каната закріплюють як на рухомому блоці, так і на нерухомому. Для підбору поліспасти необхідно знати масу вантажу, що піднімається, і вантажопідйомність лебідки, а також зусилля в канаті, що набігає на барабан лебідки, і коефіцієнти тертя, що виникають в підшипниках роликів блоків.

Стропом називають вантажозахватний пристрій для підвішування вантажів до кріпів вантажопідйомних машин і механізмів і траверсів. Значна частина обладнання для підйому забезпечена спеціальними пристроями (рим-болтами, скобами, провушинами, кріюками). Вантажні канатні стропа призначені також для строповки вантажів обв'язуванням.

Строп є відрізком сталевого каната (троса) або ланцюга, замкнутого в кільце або утворюючого петлю. Стропи і вантажні канатні випускають наступних типів (рис.1): 1 СК, 2СК, 3СК, 4СК - відповідно одно-, дво-, три-, чотирьох-гілкові.

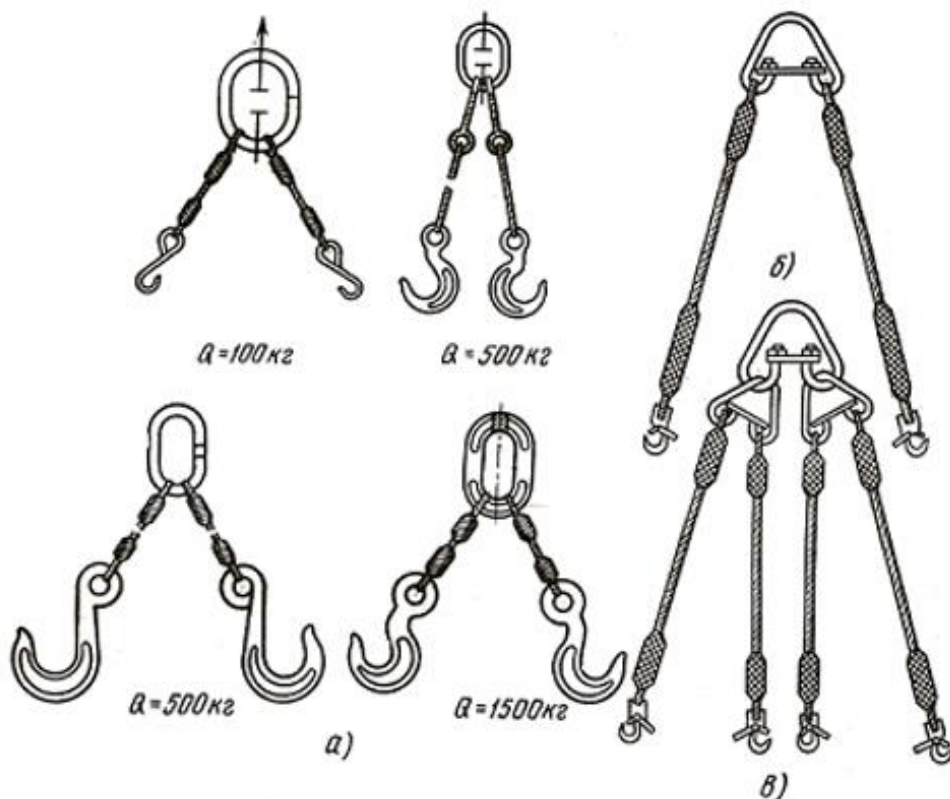


Рис.1 – Стропи вантажні канатні:

а – дво-гілкові з корінним кільцем; б – те ж, з підйомною скобою; в – чотирьох-гілковий з підйомною скобою

До допоміжних матеріалів, вживаних при монтажі, відносять болти, гайки, шайби, прокладки і набивочні, змащувальні, обтиральні і абразивні матеріали.

Самоанкеруючі болти для кріплення обладнання і металоконструкцій безпосередньо до чистих підлог без пристрою фундаментів є кріпленнями розтискного типу, при розклинюванні яких в навколишньому масиві створюються значна напруга стиснення і реактивний тиск, що утримує їх від висмикування. Ці болти застосовують для кріплення обладнання, що працює із статичними і незначними динамічними навантаженнями. Величина динамічних навантажень для болтів обмежується величиною коефіцієнта асиметрії циклу навантаження $\xi = 0,8$, визначуваного по формулі

$$\xi = P_{\min} / P_{\max}, \quad (1)$$

де $P_{\min}$ $P_{\max}$ - навантаження на болт при динамічній дії відповідно мінімальна і максимальна.

Мінімальне навантаження рівне зусиллю попереднього затягування, тобто $P_{\min} = V_z$

Максимальне навантаження

$$P_{\max} = V_z + \chi P_{\text{вн}} \quad (2)$$

де χ - коефіцієнт основного навантаження, що характеризує приріст зусилля в болті від зовнішніх силових дій (при установці обладнання на чисту підлогу $\chi = 0,45$);

$P_{\text{вн}}$ - зовнішнє навантаження (розрахункова) на болт, кг.

Зовнішнє навантаження на самоанкеруючі болти визначають по загальноприйнятій методиці розрахунку фундаментних болтів в груповому з'єднанні. Розрахунок ведуть для найбільш навантажених болтів. Діаметр d (у см) останніх визначають за номінальною площею поперечного перетину болта в його різьбовій частині F_n :

$$d = \sqrt{4F_n / \pi} \quad (3)$$

F_n розраховують по залежностях, що приймаються для затягнутих різьбових з'єднань:

$$F_n = P_{\max} / R_p^d = (V_z + \chi P_{\text{вн}}) / R_p^d, \quad (4)$$

V_z - зусилля затягування болта:

(приймають рівним 100 Мпа (1000 кгс/см²))

R_p^d - розрахункова напруга, що допускається при розтягуванні (приймають рівними 140 Мпа (1400 кгс/см²)).

Для кріплення обладнання і опор до будівельних конструкцій застосовують самоанкеруючі болти типів I і II. Довжина шпильок, мм:

$$L = l + b + 2d \quad (8)$$

де l - глибина анкерування, мм;

b - товщина опорної плити (лапи) обладнання, мм;

d - діаметр болта, мм.

Самоанкеруючий болт типу І складається з шпильки з конічною частиною і цанги, яка внизу має чотири подовжні прорізи. Верхня суцільна частина цанги служить для обмеження величини розпору. Діаметр різьблення для болтів М8 – М36.

Самоанкеруючий болт типу ІІ складається з шпильки з конічною частиною і розрізною трубчастою цангою з трьома подовжніми прорізами в нижній частині. Діаметр різьблення шпильки болта М12 – М24. Для установки болтів діаметром до 16 мм отвори просвердлюють за допомогою електричних ручних перфораторів, отвори діаметром до 10 мм - за допомогою електричних свердлувальних ручних машин.

Для кріплення обладнання і металевих конструкцій до несучих будівельних конструкцій натомість традиційно вживаних фундаментних болтів і заставних металевих деталей використовують дюбелі-втулки розпори. Останні є металевими виробами, що складаються з двох елементів - втулки розпору з внутрішнім різьбленням і чотирма прорізами та конічного елемента, що встановлюється в отвір втулки. Втулку розпору потовщеним кінцем встановлюють в отвір, заздалегідь пробурений в матеріалі будівельного елемента. Потім в отвір втулки розпору поміщають конічний елемент. При цьому відбувається розсовування конічної частини втулки і її вминання в стінки отвору несучого будівельного елемента. Обладнання або металеві конструкції закріплюють за допомогою стандартних болтів або шпильок, угвинчених в різьбові отвори відповідних втулок розпорів.

Основним показником дюбелів-втулок розпорів є розрахунковий опір дії осевих навантажень на розтягування. Величина цього показника для кожного розміру різьблення дюбеля-втулки розпору рівна значенню розрахункового опору розтягуванню відповідного фундаментного болта. Металоемність дюбелів-втулок розпорів в 10-15 разів менше металоемності відповідних фундаментних болтів.

2.2.2 Переміщення обладнання і конструкцій в межах підприємства, що будується або реконструюється

До початку такелажних робіт на монтажному майданчику повинні бути споруджені дороги, що ведуть до монтажної зони, влаштовані під'їзди від залізничних колій до майданчиків для укрупненої збірки і підйому технологічного обладнання. До початку використання стріловидних самохідних кранів вмонтовують виносні майданчики в монтажних отворах багатоповерхових будівель підприємств, що будуються (що реконструюються).

Найбільш продуктивним і поширеним є переміщення обладнання, конструкцій і монтажних заготовок механізованим способом з використанням автотранспорту, навантажувачів, тракторів і трайлерів, а також підйом і установка його в проектне положення за допомогою штатних мостових кранів і електротельферів, самохідних стріловидних і козлових кранів. Переміщення вантажів здійснюють за допомогою лебідок.

Обладнання з складу подають на майданчик для укрупненої збірки і до місця монтажу автотранспортом, рідше - на сталевому листі, що має відгин, за допомогою трактора або ТГС.

Для переміщення обладнання усередині цеху або відділення застосовують спеціальні візки вантажопідйомністю від 0,5 до 3 т з гумованими колесами. Візки пересувають уручну, а при великому навантаженні - навантажувачами або лебідками. Від майданчика для укрупненої збірки або з складу обладнання переміщає до місця установки автонавантажувачем.

Тягове зусилля, необхідне для перевезення важкого обладнання, а також переміщення його лебідкою (у Н)

$$P = Q * f, \quad (5)$$

де Q - маса вантажу, включаючи металевий лист, т;

f - коефіцієнт тертя ковзання.

Тягове зусилля при перевезенні з підйомом більш 15°

$$P = Q * (\sin \alpha + f * \cos \alpha) \quad (6)$$

де α - кут підйому, рад (град).

При куті $< \alpha 15^\circ$ значення $\cos \alpha$ близьке до 1 і формула (6) може бути спрощена:

$$P = Q * (\sin \alpha + f), \quad (7)$$

З огляду на те, що коефіцієнт тертя спокою в середньому в 1,5 разу більше коефіцієнта тертя руху, розрахункове тягове зусилля необхідно збільшити на 50% при зрушенні вантажу з місця:

$$P_{\text{доб}} = 1,5 * P.$$

Значення коефіцієнта f залежать від матеріалу дотичних поверхонь. Так, при поверхнях сталь по бетону $f = 0,45$, сталь по сталі $f = 0,15$, дерево по бетону $f = 0,5$.

При переміщенні обладнання на катках з труб необхідне тягове зусилля визначають по наступних формулах:

по горизонтальній поверхні

$$P = Q * (K1 + K2) / d;$$

по похилій поверхні ($> 15^\circ$)

$$P = Q[\sin \alpha + \cos \alpha (K1 + K2) / d],$$

де d - діаметр катків, см; $K1$ і $K2$ - коефіцієнти тертя кочення відповідно між поверхнею кочення і катками і між катками і вантажем (для сталі по бетону 0,06; для сталі по сталі 0,05; для сталі по дереву 0,07).

При куті $< \alpha 15^\circ$ тягове зусилля

$$P = Q[\sin \alpha + (K1 + K2) / d].$$

По знайдених зусиллях P розраховують тяговий канат або поліспаст і підбирають тяговий механізм.

Для переміщення обладнання усередині будівлі найчастіше застосовують електричні і ручні лебідки важелів.

Для кріплення лебідок до будівельних конструкцій роблять підрахунок несучої здатності конструкції з урахуванням місця додатку навантаження і

погоджують кріплення лебідки з проектною організацією або генпідрядником (замовником).

Зусилля, що перешкоджає горизонтальному зсуву лебідки:

$$P = S - T_c, \quad (8)$$

де S - зусилля в канаті, що йде на барабан лебідки, Н;

T_c - сила тертя рами лебідки об опорну поверхню, Н.

$$T_c = (Q_{\text{л}} + Q_{\text{б}}) * f \quad (9)$$

де $Q_{\text{л}}$ - маса лебідки, т;

$Q_{\text{б}}$ - маса баласту (якщо він є), т.

Для зміни напрямку руху тягового каната (троса), встановлюють відвідні блоки, які кріплять так, щоб канат тягової лебідки підходив до них в горизонтальному або близькому до горизонтального положенні. Відвідні блоки повинні бути встановлені від лебідки на відстані більшому двадцятикратної довжини барабана лебідки. Кут сходу каната з лебідки повинен бути не меншого 0,105 рад (6 град), що забезпечує нормальне укладання каната на барабан.

Зусилля, що сприймається будівельними конструкціями в точці кріплення відвідного блоку, більше тягового зусилля лебідки

$$P = 2 * S_{\kappa} * \cos \alpha / 2 \quad (10)$$

де S_{κ} - натягнення каната, Н

α - кут між гілками каната, град (рад)

При використанні барабанних лебідок невеликої вантажопідйомності в умовах, де відсутні будівельні конструкції для їх закріплення, для сприйняття перекидаючого моменту застосовують баласт, що укладається на раму лебідки. Маса баласту для забезпечення стійкості лебідки (у т)

$$Q_{\text{б}} = K * \frac{P * h - Q_{\text{л}} * l}{l_1} \quad (11)$$

де K - коефіцієнт стійкості лебідки, що приймається рівним 2;

P - зусилля в канаті, що набігає на барабан лебідки, Н;

h - висота від низу рами лебідки до каната, що набігає на барабан, м;

l_1, l - відстань від ребра перекидання рами до осі, що проходить відповідно через центр тяжіння лебідки і через центр тяжіння баласту, м.

Для підйому вантажів, маса яких перевищує тягове зусилля лебідки, використовують поліспасти, що дають виграш в силі (рис. 2).

Тягове зусилля, необхідне для переміщення візка з вантажем по похилих тимчасових рейкових шляхах

$$P = Q * (\sin \alpha + f_0 * \cos \alpha) \quad (12)$$

де Q - маса візка з вантажем, т;

α - кут нахилу рейкового шляху до горизонту;

f_0 - коефіцієнт тяги.

$$f_{\sigma} = \frac{f * d - 2 * K}{D} \quad (13)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання в цапфах осей візка;

d - діаметр цапф осей візка, см;

K - коефіцієнт тертя кочення для коліс, рівний 0,05;

D - діаметр колеса, см.

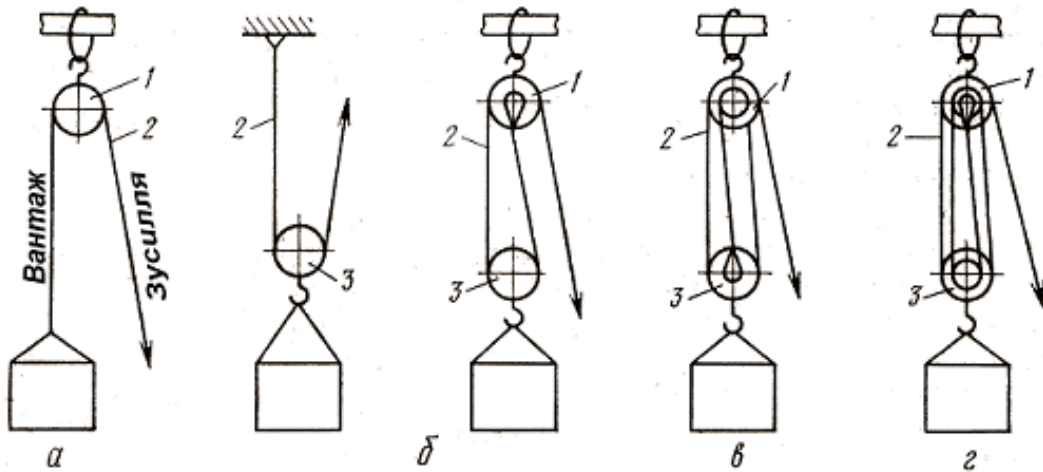


Рис. 2 – Приклади використання системи поліспастів для підйому вантажів: *а* – без поліспаста; *б* – з використанням двократного поліспаста; *в* – з використанням триразового поліспаста; *г* – з використанням чотирикратного поліспаста; 1 – нерухомий блок; 2 – канат; 3 – рухомий блок.

Коефіцієнт тяги для візків з підшипниками кочення приблизно приймають рівним 0,01, з підшипниками ковзання - 0,02. Для зрушення візка з вантажем з місця розрахункове тягове зусилля збільшують на 50%.

Розрахунок міцності сталевих канатів проводять по методу коефіцієнтів запасу: максимальні розрахункові зусилля в гілках канатів визначають по нормативних навантаженнях (без урахування коефіцієнтів динамічності і перевантаження), множують на коефіцієнт запасу міцності і порівнюють з розривним зусиллям каната в цілому.

Розрахунок сталевих канатів на міцність проводять по формулі:

$$P_k / S \geq K_z, \quad (14)$$

де P_k - розривне зусилля каната в цілому, що приймається по сертифікату або по ГОСТу;

S - найбільше натягнення гілки каната (без урахування динамічних навантажень);

K_z - коефіцієнт запасу міцності (для вантажних канатів з ручним приводом 4, з машинним 5-6; для поліспастів 3,5-5; для расчалок і відтяжок 3-5; для стропів 5-6)

Найбільше натягнення для канатів поліспаста, розчалок і стропів

$$S = \alpha * P;$$

$$S = P / \cos \alpha * n,$$

де P - розрахункове навантаження, прикладене до рухомого блоку поліспасти (розчалці, стропу);

α - кут між віссю дії розрахункового зусилля і гілкою каната;

n - загальне число гілок каната.

Сталеві канати слід призначати залежно від маркувальної групи їх по тимчасовому опору розриву і розривного зусилля.

Розрахунок стропів із сталевих канатів проводять з урахуванням числа гілок n і кута нахилу їх до вертикалі α по формулі

$$S = (1/\cos\alpha) * (Q/n) = m(Q/n) \quad (15)$$

де S - натягнення галузь стропа;

Q - маса вантажу, кг;

m - коефіцієнт, при $\alpha = 0^\circ, 30^\circ$ і 45° рівний відповідно 1; 1,15 і 1,42.

При використанні навантажувачів слід враховувати, що їх вантажопідйомність для вантажів рівної маси, але різної ширини неоднакова, оскільки вона залежить від розташування центру тяжіння вантажу щодо переднього моста навантажувача.

Вантажопідйомність (у кН) навантажувача в даному випадку

$$G = M / [K(\alpha + l)] \quad (16)$$

де M - момент стійкості навантажувача ($M = Gn * e$; Gn - маса навантажувача, кН;

e - відстань від переднього моста навантажувача до горизонтальної проекції центру його тяжіння, м), що приймається рівним 10-12 кН*м;

K - коефіцієнт стійкості навантажувача ($K = 1,3-1,5$);

α - відстань від центру тяжкості вантажу до вертикальної стінки вилок, м;

l - відстань від осі переднього моста навантажувача до вертикальних стінок вилок, м (приводиться в технічному паспорті навантажувача).

Зависимість вантажопідйомності навантажувача від розташування центру тяжіння вантажу на вилках у вигляді графіка приводиться в технічному паспорті навантажувача, а також в кабіні або на його стрілі. Навантажувач для виробництва робіт такелажів і навантажувально-розвантажувальних вибирають виходячи з габаритів і маси переміщуваних вантажів.

2.2.3 Підйом і установка обладнання і конструкцій за допомогою оснащення такелажу

Підйом і установку обладнання і конструкцій за допомогою оснащення (стріл, монтажних щогл, поліспастів) такелажу виконують в окремих випадках, коли неможливо застосувати прогресивні і економічні вантажопідйомні машини і механізми.

При невеликих об'ємах робіт, пов'язаних з реконструкцією, технічним переозброєнням і капітальним ремонтом обладнання, на багатоповерхових підприємствах для підйому обладнання і конструкцій використовують переносні монтажні стріли. Стрілу можна повертати уручну в горизонтальній

площині на кут до 180° (3,141 рад) або за допомогою стріловидного поліспада у вертикальній площині, змінюючи виліт.

Стріли необхідно перевіряти на навантаження, що виникають при їх роботі залежно від розташування монтажною стріли і стріловидного поліспада щодо горизонтальної площини.

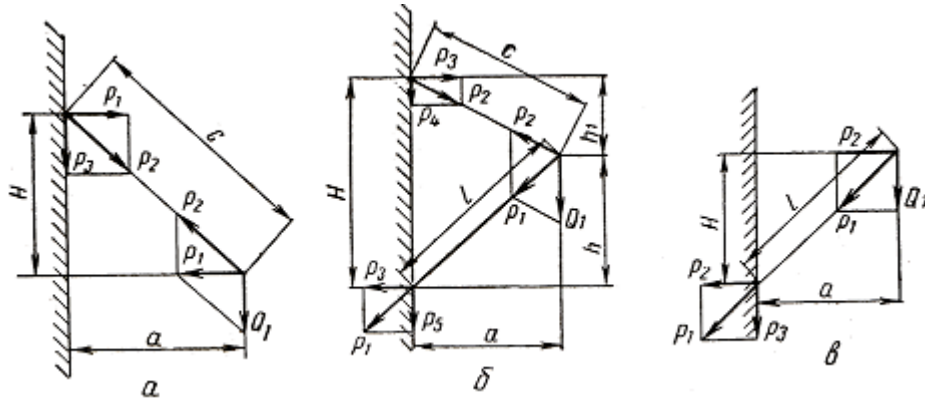


Рис. 3 – Розрахункові схеми підйому вантажу: *а* - стріла горизонтальна, стріловидною поліспада нахилений; *б* - стріла і стріловидний поліспада нахилені; *в* - стріла нахилена, стріловидною поліспада горизонтальний.

При горизонтальному розташуванні стріли і похилому розташуванні стріловидного поліспада (рис.3 *а*) сумарне навантаження на оголовок стріли (т):

$$Q = q_1 k + q_n + q'_n / 2 + q_{cmp} / 2 \quad (17)$$

де q_1 - маса вантажу, що піднімається, т;

k - коефіцієнт динамічності ($k = 1,1$);

q_n - маса вантажного поліспада, т;

q'_n - маса стріловидного поліспада, т;

q_{cmp} - маса стріли, т.

Зусилля в стрілі P_1 знаходиться в наступній залежності від сумарного навантаження Q :

$$P_1 = Qa / H, \quad (18)$$

де a - виліт стріли, м; H - відстань від місця кріплення стріли до точки кріплення стріловидного поліспада, м.

Зусилля в стріловидному поліспаді

$$P_2 = Qc / H \quad (19)$$

де $c = \sqrt{a^2 + H^2}$

Вертикальна реакція в точці кріплення стріловидного поліспада $P_3 = Q$. Сумарна вертикальна реакція в точці підвісу стріловидного поліспада

$$N_1 = P_3 + S_1 \quad (20)$$

де S_1 - зусилля в збігаючій нитки стріловидного поліспада.

Сумарне зусилля, що стискає стрілу

$$N_2 = P_1 + S_2 \quad (21)$$

де S_2 - зусилля в збігаючій нитці вантажного поліспада.

У разі, коли монтажна стріла і стріловидний поліспаст нахилений (рис. 3 б), сумарне навантаження Q на оголовок стріли визначають по формулі (17). Зусилля в стрілі від навантаження Q

$$P_1 = Ql / H \quad (22)$$

де l - довжина стріли, м.

Зусилля в стріловидному поліспасті P_2 розраховують по формулі (19), в якій

$$c = \sqrt{a^2 + h_1^2}.$$

де h_1 - відстань по вертикалі від оголовка стріли до точки кріплення стріловидного поліспада, м:

$$h_1 = H - h. \quad (23)$$

тут h - відстань по вертикалі від оголовка стріли до точки кріплення стріли, м.

$$h = \sqrt{l^2 - a^2}. \quad (24)$$

Горизонтальна складова реакції в крапці підвісу стріловидного поліспада рівна горизонтальній складовій в опорі стріли:

$$P_3 = Qa / H. \quad (25)$$

Вертикальна складова реакції в крапці підвісу стріловидного поліспада

$$P_4 = Qh_1 / H. \quad (26)$$

Сумарна вертикальна реакція в точці кріплення стріли (п'яті стріли)

$$P_3 = Qh / H + Qc / 2 + S_2 \quad (27)$$

Сумарна вертикальна реакція в точці підвісу стріловидного поліспада

$$N_1 = P_4 + S_1. \quad (28)$$

Сумарне зусилля, що стискає стрілу

$$N_2 = P_1 + S_2. \quad (29)$$

Якщо монтажна стріла нахилена, а стріловидною поліспаст горизонтальний (рис.3, в), сумарне навантаження на оголовок стріли і зусилля в стрілі визначають аналогічно варіанту з похилим розташуванням стріли і стріловидного поліспада (див. рис. 3, б).

Зусилля в стріловидному поліспасті P_2 знаходять по формулі (19). Вертикальна реакція в точці кріплення стріли $P_3 = Q$. Сумарна вертикальна реакція в точці кріплення стріли

$$P_4 = P_3 + Qc / 2 + S_2. \quad (30)$$

Вертикальна реакція в крапці підвісу стріловидного поліспада $N_1 = S_1$.

Сумарне зусилля, що стискає стрілу

$$N_2 = P_1 + S_2 \quad (31)$$

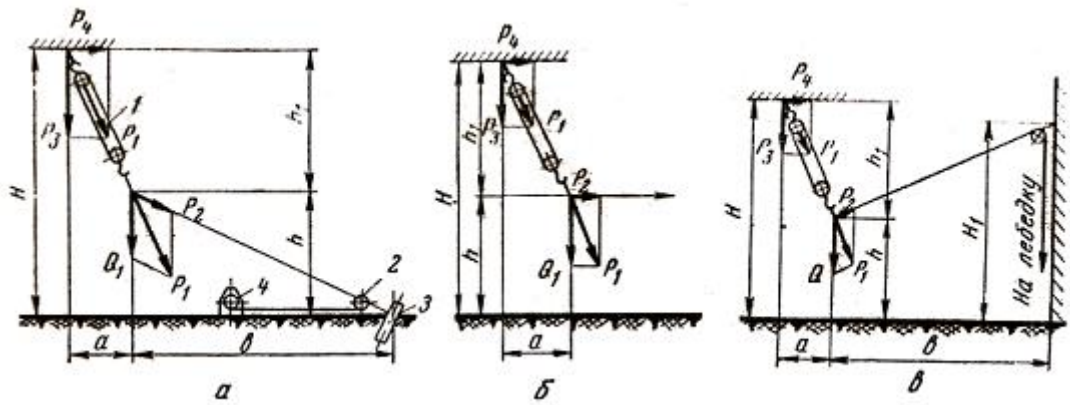


Рис. 4 – Схема підйому вантажу за допомогою поліспасти, підвішеного до будівельних конструкцій

а - відтяжка направлена вниз (1 – поліспаст; 2 – відвідний блок; 3 – якір; 4 – барабанна лебідка) ; *б* – відтяжка розташована горизонтально; *в* - відтяжка направлена вгору.

При підйомі вантажів одним поліспастом, підвішеним до будівельних конструкцій, з відтяжкою його під час роботи зусилля у вантажному поліспасті, вертикальну і горизонтальну складові реакцій в точці його підвісу визначають залежно від напрямку відтяжки. Коли відтяжка направлена вниз (рис. 4, а), зусилля у вантажному поліспасті

$$P_1 = q_1 b \sqrt{a^2 + h^2} / (bh_1 - ah) . \quad (32)$$

де q_1 - маса вантажу, що піднімається, з урахуванням маси оснащення такелажу, т;

b - відстань по горизонталі від точки кріплення відтяжки до вантажу до якоря відтяжки при максимальному зусиллі у відтяжці, м;

a - відстань по горизонталі від точки підвісу вантажного поліспасти до точки кріплення відтяжки до вантажу при її максимальному значенні, м;

h_1 - відстань по вертикалі від точки підвісу вантажного поліспасти до точки кріплення відтяжки до вантажу при її максимальному значенні, м ;

h - відстань по вертикалі від точки кріплення відтяжки до вантажу до поверхні землі (підлоги), м.

Зусилля у відтяжці:

$$P_2 = q_1 a \sqrt{b^2 + h_1^2} / (bh_1 - ah) . \quad (33)$$

Вертикальна складова реакції:

$$P_3 = P_1 h_1 \sqrt{a^2 + h_1^2} . \quad (34)$$

Горизонтальна складова реакції в крапці підвісу вантажного поліспасти:

$$P_4 = P_1 a \sqrt{a^2 + h_1^2} . \quad (35)$$

При горизонтальному розташуванні відтяжки (рис. 4, б) зусилля у вантажному поліспасті:

$$P_1 = Q \sqrt{a^2 + h_1^2} / h_1 . \quad (36)$$

Зусилля у відтяжці:

$$P_2 = q_1 a / h_1 . \quad (37)$$

Вертикальна складова реакції $P_3 = q_1$, а горизонтальна реакція P_4 , що становить в точці підвісу вантажного поліспада визначається по формулі (37).

Коли відтяжка направлена вгору (рис 4, в), зусилля у вантажному поліспасті:

$$P_1 = q_1 b \sqrt{a^2 + h_1^2} / [a(H_1 - h) + b h_1] . \quad (38)$$

де H_1 - відстань по вертикалі від поверхні землі (підлоги) до точки кріплення відвідного блоку відтяжки, м:

Зусилля у відтяжці:

$$P_2 = q_1 a \sqrt{b^2 + (H_1 - h_1)^2} / [a(H_1 - h) + b h_1] . \quad (39)$$

Вертикальну P_3 і горизонтальну P_4 реакції, що становлять, в точці підвісу вантажного поліспада визначають по формулах (34) і (35).

При підйомі обладнання і конструкцій монтажними щоглами (коли неможливо використовувати крани) необхідно:

- дотримувати правильність складання розрахункової схеми і визначення зусиль в оснащенні;
- вибрати висоту і нахил щогли, що забезпечують зазор близько 500 мм між вантажем, що піднімається, і самою щоглою при верхньому положенні вантажу;
- підібрати вантажопідйомність верхнього і нижнього блоків вантажних поліспастів, а також відвідних блоків відповідно до максимальних фактичних зусиль, що виникають при підйомі вантажу;
- вибрати тип, діаметр, довжину і розривне зусилля канатів з урахуванням нормативних коефіцієнтів запасу міцності, а також кріплення канатів до осей і провущин;
- визначити місце прив'язки нижнього відвідного блоку і його положення;
- вибрати лебідку за типом, вантажопідйомністю, канатоємністю і її положення;
- визначити конструкцію пристрою основи під щоглу і лебідку з урахуванням максимального допустимого і питомого тиску на ґрунт;
- вказати місця строповки вантажу і можливість їх розстроповки після підйому і установки;
- визначити місця розташування і вантажопідйомність якорів;
- розробити вказівки про порядок виконання роботи за даною схемою підйому обладнання або конструкцій.

При підйомі вантажів щоглою (рис. 5, а), що вертикально стоїть, необхідно:

- правильно визначити центр тяжіння вантажу, що піднімається;
- врахувати при розрахунку можливе перевантаження на одну сторону в 20%;

- врахувати при виборі вант і якорів навантаження, що виникають при підйомі самої щогли, і розрахунок вести по найбільшому навантаженню, що доводиться на оснащення такелажу (вітрове навантаження приймати при неробочому стані, а при робочому стані — з урахуванням перевантаження на одну сторону в 20%).

При підйомі вантажів щоглою, що вертикально стоїть, при її консольному навантаженні з відтяжкою вантажу (рис. 5, б) основну робочу ванту закріплюють за основну вісь консолі щогли. Задня ванта, осі щогли і поліспаста та відтяжки знаходяться в одній площині. Якщо задню ванту не можна розташувати в цій площині, слідує дві задні ванти встановити симетрично щодо вказаної площини.

Вантажопідйомність якоря задньою вантою і зусилля в задній ванті визначають по найбільшому зусиллю, що виникає при підйомі вантажу з урахуванням дії відтяжки і вітрового навантаження робочого стану. Зусилля в передній і бічних вантах і вантажопідйомність якорів відповідних вант обчислюють по вітровому навантаженню неробочого стану з урахуванням попереднього натягнення і власної маси гвинт.

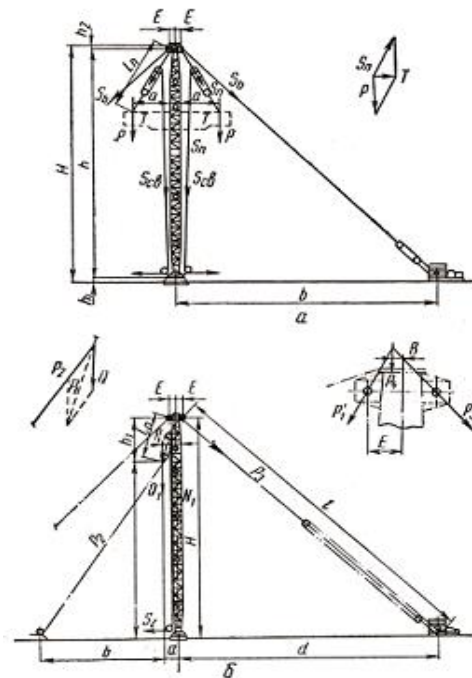


Рис.5 – Схема підйому вантажу вертикальною монтажною щоглою:

a – при симетричному навантаженні ($S_{cб}$ - зусилля в збігаючій гілці поліспаста; S_n - зусилля в поліспасті; S_e - зусилля у ванті; l_n - довжина поліспаста); *б* – при консольному навантаженні з відтяжкою вантажу (S_e - зусилля в горизонтальній гілці до якоря)

Оснащення такелажу розраховують таким чином. Сумарне розрахункове навантаження на металоконструкції монтажної щогли з урахуванням коефіцієнта динамічності

$$Q_p = q_1 K + q / 2 . \quad (40)$$

де q_1 - маса вантажу т;

K - коефіцієнт динамічності (зазвичай 1,1);

q - маса вантажного поліспада, кг.

Сумарне розрахункове навантаження на верхній блок вантажного поліспада і вант без урахування коефіцієнта динамічності:

$$Q_p = q_1 + q/2, \quad (41)$$

Сумарна вертикальна складова від попереднього натягнення вант:

$$P_0 = (S_1 n H) / l, \quad (42)$$

де S_1 - зусилля попереднього натягнення однієї вант;

n - число вант монтажною щоглою;

H - висота монтажною щоглою, м;

l - довжини вант, м.

$$l = \sqrt{H^2 + a_1^2}. \quad (43)$$

Зусилля попереднього натягнення бічних вант знаходиться в наступній залежності від вантажопідйомності монтажною щоглою.

Вантажопідйомність монтажною щоглою, т	10	15	20	25	30	40	50
Зусилля попереднього натягнення бічних вант, т	1,5	1,5	1,5	2	2	3	3

Зусилля у вантажному поліспасті:

$$P_1 = Q_p b \sqrt{a^2 + h_1^2} / (b h_1 - a_1 h) \quad (44)$$

де b - відстань від якоря відтяжки до вертикальної осі вантажу, м;

a_1 - відстань до якоря відтяжки вантажу від осі монтажною щоглою, м;

h_1 - висота від горизонтальної осі оголовка монтажною щоглою до точки підвісу вантажу, м ;

h - висота від рівня земля до точки підвісу вантажу, м.

Зусилля, що діє на оголовок щоглою:

$$P'_1 = Q'_p P_1 / Q_p \quad (45)$$

де Q'_p - розрахункове навантаження на оголовок щоглою.

Зусилля у відтяжці:

$$P_2 = Q_p a \sqrt{b^2 + h^2} / (b h_1 - a h). \quad (46)$$

Зусилля в робочій ванті:

$$P_3 = P_1 a l \sqrt{a^2 + a_1 h_1^2} \quad (47)$$

де a_1 - відстань від вертикальної осі монтажною щоглою до осі якорів вант, м.

Зусилля, що діє на оголовок монтажною щоглою від робочої вант:

$$P'_3 = Q'_p P_3 / Q_p. \quad (48)$$

Зусилля в монтажній щоглі від натягнень вантажного поліспада і вант, що знаходиться в площині вантажу і відтяжки:

$$P_4 = P'_1 h_1 / \sqrt{a^2 + h^2} + P'_3 H / l \quad (49)$$

Зусилля в підставі щогли:

$$N_1 = P_4 + q_m + P_0 \quad (50)$$

де q_m - маса монтажної щогли, т.

Сумарне зусилля в середині висоти щогли:

$$N_2 = P_4 + q_m / 2 + P_0 + S_2 \quad (51)$$

де S_2 - зусилля в збігаючій нитці вантажного поліспада.

Мінімально допустимий діаметр сталевго каната слід вибрати за стандартом на сортамент відповідної конструкції каната по розрахунковому розривному зусиллю в цілому (у Н):

$$R_T = SK_3 \quad (52)$$

де S - найбільше розтягуюче зусилля в гілці при вітку каната, Н;

K_3 - коефіцієнт запасу міцності.

Розривне зусилля каната R , вибраного по стандарт на сортамент відповідної конструкції каната, повинне бути не менш розрахункового R_T .

Значення K_3 канатів монтажних лебідок і поліспастів слід приймати залежно від співвідношення діаметрів канатного блоку, зміряного по дну канавки, або барабана (D) і каната (d): при D/d від 12 до 15-3,5 ; при D/d понад 15-3.

Значення K_3 залежно від призначення канату приводу і режиму його роботи приведені в додатку А. Співвідношення діаметрів D/d відповідних канатних блоків для багатогілкових нерегульованих по довжині під навантаженням расчалок повинно бути не менше 10.

2.3 Опис лабораторного місця

- 1) Консальний кран;
- 2) Лабораторна установка для виконання дослідів по переміщенню технологічного обладнання;
- 3) Дерев'яний і залізобетонний щити, стальний лист;
- 4) Рекомендована література.

2.4. Оформлення звіту

В процесі виконання роботи студент готує звіт по роботі у який входить інформація відповідно до програми роботи. Бланк звіту знаходиться у електронному вигляді на освітньому порталі: <http://op.tsatu.edu.ua/enrol/index.php?id=813> і роздруковується самостійно, або у друкованому варіанті в ауд. 8.304 «Лабораторія комп'ютерного інжинірингу»

Оформлення звіту проводиться вимогами ГОСТ2.105-96 «Загальні вимоги до текстових документів».

Звіт повинен містити:

- 1) номер, назва і мета роботи;
- 2) теоретичні відомості про такелажне оснащення;

3) результати експериментальних досліджень по переміщенню обладнання лебідкою в зону монтажу;

4) розрахунки тягового зусилля при переміщенні обладнання лебідкою при різних кутах та поверхнях.

Значення коефіцієнта запасу міцності сталевих канатів

Призначення каната	Привід і режим роботи	Коефіцієнт запасу міцності K_z
Вантажний канат кранів, лебідок, поліспастів	Ручною	4,5
	Машинний:	
	легкий	5,0
	середній	5,5
	важкий	6,0
Стропи	Стропи, що мають на кінцях інвентарні деталі кріплення до вантажів і для строповки вантажів масою більше 50 т	6,0
	Стропи, що закріплюються на вантажі обв'язуванням і для строповки вантажів масою до 30 т	8,0
Ванти і відтяжки		3,5