

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту з дисципліни

«СПЕЦІАЛЬНІ КРАНИ»

для напрямку підготовки
«Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини та обладнання»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано до використання
в учбовому процесі засіданням
кафедри ПТМ
Протокол № від 2019 р.

Краматорськ 2019

ВСТУП

Курсовий проект є завершальною стадією вивчення дисципліни «Спеціальні крани».

По змісту курсовий проект для студентів, що навчаються на кафедрі «ПТМ», є конструкторським проектом, що базується на знаннях, отриманих у рамках спеціальних, загальнотехнічних і фундаментальних дисциплін. У проекті студент повинен продемонструвати вміння творчо застосовувати накопичені знання при вирішенні комплексної інженерної проблеми - проектування машини. Об'єктом проектування, як правило, є вантажопідйомний кран загального призначення. Студент також вправі запропонувати свою тему, погодивши її з керівником, обґрунтувавши доцільність і можливість розробки.

Курсовий проект виконується студентом самостійно й він відповідає за якість і строки її виконання. Організаційно-методичну допомогу по суті проекту студентові допомагає керівник.

Оцінка якості курсового проекту здійснюється комісією з наступних критеріїв:

рівень загальнотехнічної грамотності, що проявляється автором при вирішенні поставленого завдання;

загальний рівень проекту, який характеризується якістю й складністю технічних рішень і повнотою їхнього розрахунково-теоретичного обґрунтування, рівнем використання обчислювальної техніки;

якість оформлення графічної й текстової частин роботи, дотриманням вимог стандартів ЕСКД;

уміння доповісти суть роботи, обґрунтувати й захистити ухвалені рішення, а також відповісти на питання членів комісії з тематики наданого проекту.

1. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект являє собою комплексний конструкторський проект, що включає три основні частини - розрахунок і проектування механізмів, розрахунок і проектування металевих конструкцій, розробку технології

складальних робіт. В проекті може бути присутнім також дослідницький розділ, або інші інженерні розробки, що відносяться до теми проекту.

Курсовий проект складається із графічної частини, що включає креслення вантажопідйомної машини, її вузлів і деталей (4...5 аркушів формату А1) і розрахунково-пояснювальної записки обсягом 30 - 50 сторінок машинописного тексту, включаючи додатки.

Графічна частина курсового проекту відображає основні конструктивні рішення та включає креслення загального виду машини (1 аркуш формату А1), складальні креслення механізмів і вузлів (2...3 аркуша формату А1), креслення елементів металевої конструкції крана (1...2 аркуша формату А1) і робочі креслення деяких деталей, в разі потреби.

Пояснювальна записка повинна мати наступну структуру: титульний аркуш, завдання, специфікація роботи, реферат, зміст, вступ, основна частина, висновок, список використаної літератури, додатки (при необхідності). Правила формування позначення документів і приклад оформлення специфікації роботи, у якій перераховані всі вхідні в неї матеріали з відповідними позначеннями й найменуваннями, дані в Додатку.

2. ПРОЕКТУВАННЯ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

2.1. Компонування механізмів

Процес проектування кранових механізмів включає дві стадії. Перша - компонування, що полягає в розробці компонованих креслень механізмів або їхніх вузлів і крана в цілому на підставі попередніх розрахунків. Друга стадія включає детальну проробку конструктивних рішень проєктованих механізмів, повний їхній розрахунок, розробку креслень і пояснювальної записки.

Перша стадія - найважливіша творча частина інженерної роботи, від якої багато в чому залежить якість проектних рішень. Тільки після затвердження компоновання керівником проєкту можна приступати до другої стадії. Компонованим називається схематичне креслення, призначення якого - установити габаритні розміри окремих механізмів і взаємне розташування їхніх вузлів, а також ув'язати механізми з металевою конструкцією крана й визначити можливість їхньої зборки-розборки, доступність для огляду, змащення, регулювання й т.д. При цьому намічаються конструктивні рішення як окремих механізмів, так і крана в цілому. На стадії компоновання попередні розрахунки виконуються в мінімальному обсязі, зазначеному в п.2.2. У необхідних випадках робиться кілька варіантів компоновання, кожний з яких супроводжується необхідними розрахунками. Для подальшої розробки зберігається найбільш удалий варіант компоновання і його розрахункове обґрунтування. На цьому варіанті компоновання доцільно нанести всі розміри, які надалі будуть необхідні для розробки креслень.

Компоновані креслення виконуються паралельно з попередніми розрахунками на міліметровці за допомогою креслярських інструментів строго в масштабі. Залежно від габаритних розмірів виробу звичайно встановлюється масштаб для механізмів у зборі 1:4, 1:5, 1:10, для перерізів і вузлів - 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, а для загального виду крана 1:25, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100. При виконанні компоновання, вибираючи з каталогів комплектуючі вироби, рекомендується відразу виписувати всі габаритні й прив'язочні розміри і їхні характеристики. На компонованому кресленні можна робити спрощення в зображенні вузлів. Двигуни, муфти, редуктори, барабани, гальма, зубчасті колеса зображуються прямокутниками, колами або габаритними контурами. Болти, що кріплять вузли друг до друга або до опор, вказуються вісьовими лініями.

2.2. Послідовність розрахунку на стадії компоновання

Розрахунок механізму підйому на стадії компоновання рекомендується виконувати в наступному порядку.

1) Вибір типу й кратності поліспасту, розрахунок і вибір канату, визначення розмірів барабана й блоків ([12], п.V.4.).

Для кранів мостового типу з візками обов'язкове застосування здвоєних поліспастів (краще парної кратності), для кранів стрілового типу бажано використовувати прості поліспасту. Вибір канату проводиться по величині розривного зусилля каната в цілому F_0 :

$$F_0 \geq S_{max} Z_P,$$

де S_{max} - найбільший натяг вітка канату; Z_P - мінімальний коефіцієнт використання каната (мінімальний коефіцієнт запасу міцності канату), прийнятий за даними табл.2.1.

Мінімальний діаметр барабанів D_B , блоків $D_{БЛ}$ і урівняльних блоків $D_{У.БЛ}$, що обгинаються сталевими канатами, визначається по формулах:

$D_B \geq h_1 d$, $D_{БЛ} \geq h_2 d$, $D_{У.БЛ} \geq h_3 d$, де d - діаметр каната; h_1, h_2, h_3 - коефіцієнти вибору діаметрів відповідно барабана, блоку й урівняльного блоку, обумовлені за даними табл.2.1.

2) Визначення ККД механізму, необхідної статичної потужності й вибір двигуна ([11], п.П.3., П.4; [12], п.V.3., V.5., VI.5).

3) Визначення числа обертів барабану й передаточного числа механізму підйому ([12], п.VI.5).

4) Вибір схеми механізму, редуктора, муфт і типу з'єднання барабана з редуктором. При компованні необхідно домогтися, щоб дійсна швидкість підйому вантажу не відрізнялася від заданої більш ніж на 10% ([12], п.V.1., V.2., VI.3).

5) Визначення необхідного гальмового моменту, вибір гальма (гальм) і місця його (їх) установки ([12], п.V.6., VI.5).

6) Визначення часів розгону й гальмування механізму підйому ([12], п.VI.5).

Нормативні значення коефіцієнтів для вибору параметрів канатної системи

Група класифікації (режиму роботи) механізму по		Z_p для канатів		Коефіцієнти вибору діаметрів		
ІСО 4301/1	ДЕРЖСТА НДАРТ 25835	рухомих	нерухомих	h_1	h_2	h_3
M1	1M	3,15	2,5	11,2	12,5	11,2
M2	1M	3,35	2,5	12,5	14,0	12,5
M3	1M	3,55	3,0	14,0	16,0	12,5
M4	2M	4,0	3,5	16,0	18,0	14,0
M5	3M	4,5	4,0	18,0	20,0	14,0
M6	4M	5,6	4,5	20,0	22,4	16,0
M7	5M	7,1	5,0	22,4	25,0	16,0
M8	6M	9,0	5,0	25,0	28,0	18,0

Розрахунок механізму пересування рекомендується виконувати в наступній послідовності.

1) Попереднє визначення мас візка або крана (проводиться за довідковими даними про здійснені конструкції або по наближених формулах у табл.2.2), навітряних площ ([11], п.І.7).

2) Вибір кількості й діаметра ходових коліс і їхній розрахунок на контактну довговічність ([12], п.V.8).

3) Вибір схеми механізму, визначення його ККД, опору пересуванню, необхідних статичної й пускової потужностей двигуна, вибір двигуна (двигунів) ([11], п.ІІ.3, ІІ.4; [12], п.V.3, V.5, VI.6, VI.8).

4) Визначення числа обертів приводних коліс (або тягового барабана) і передаточного числа механізму пересування ([12], п.VI.8).

5) Вибір редукторів, муфт, розрахунок додаткових передач. Якщо дійсне передаточне число редуктора відрізняється від розрахункового, визначається дійсна швидкість пересування візка (крана) (дійсне передаточне число не повинне відрізнятися від розрахункового більш ніж на 10%) ([12], V.1, V.2, V.3).

6) Визначення необхідного гальмового моменту, вибір гальма (гальм) і місця його (їх) установки ([12], п.V.6, VI.8).

Формули для попереднього визначення мас кранів і кранових візків

Найменування об'єкта	Формули
Настінно-поворотні крани: с візком с постійним вильотом	$m = 2 + 0,15 Q R_{\max}$ $m = 1,5 + 0,04 Q R$
Поворотні крани на колоні: стрілові без противаги с візком (поворотна частина без противаги)	$m = 3 + 0,07 Q R_{\max}$ $m_{\text{ПЧ}} = 3 + 0,2 Q R_{\max}$
Велосипедні крани без противаги загальна маса поворотна частина крана	$m = 0,4 + 0,3 Q R$ $m_{\text{ПЧ}} = 3 + 0,07 Q R$
Мостові крани (без візка) із прольотом не більше 30 м і вантажопідйомністю, т: до 5 від 5 до 15 від 16 до 20 від 30 до 40 (прогін не більше 20 м)	$m = 3,5 + 0,07 Q L_{\text{К}}$ $m = 2 + 0,06 Q L_{\text{К}}$ $m = 1,2 + 0,05 Q L_{\text{К}}$ $m = 6,5 + 0,03 Q L_{\text{К}}$
Консольні крани	$m = 4 + 0,25 Q R_{\max}$
Козлові крани без консолей	$m = 10 + 0,01 Q L_{\text{К}}$
Кранові візки: с колісним приводом пересування с пересуванням від канатної тяги	$m = 1,5 + 0,2 Q$ $m = 0,45 + 0,07 Q$
Умовні позначки: m , $m_{\text{ПЧ}}$, m - відповідно маси крана, його поворотної частини та візка, Q - вантажопідйомність крана, т; R - виліт стріли, м; $L_{\text{К}}$ - прогін крана, м.	

7) Визначення часу розгону візка (крана) з вантажем, перевірки відсутності буксування при розгоні для порожнього візка (крана) і перевантажувальної здатності двигуна ([12], п. VI.8).

8) Перевірка відсутності юза при гальмуванні порожнього візка (крана) ([12], п. VI.8).

Розрахунок механізму обертання рекомендується виконувати в наступному порядку.

1) Попереднє визначення маси поворотної частини крану (табл.2.2) і положення її центру мас, навітряної площі крана й вантажу ([11], п. I.7).

2) Визначення маси противаги й координати його центру мас, величин опорних реакцій ([12], п. VI.9).

3) Вибір типу опорно-поворотного пристрою й основних розмірів опорних частин ([12], п. VI.9).

4) Визначення опорів обертанню крана, необхідних середньоквадратичної й пускової потужностей двигуна, вибір двигуна ([11], п.П.3, П.4; [12], п.VI.11).

5) Визначення передаточного числа механізму обертання, вибір схеми механізму, розбивка передатного відношення між частинами схеми, вибір (або розрахунок) редукторів, передач і сполучних муфт ([12], п.V.I, V.2, V.3, VI.10, VI.11).

6) Визначення моменту муфти граничного моменту, вибір типу й розрахунок всіх її елементів ([12], мал. V.2.38, V.2.39, п.VI.11).

7) Визначення необхідного гальмового моменту, вибір гальма й місця його установки ([12], п.V.6, VI.11).

8) Визначення часу розгону механізму й перевірка двигуна на перевантажувальну здатність ([12], п.VI.11).

9) Перевірка часу гальмування крана ([12], п.VI.11).

Розрахунок полиспатного механізму зміни вильоту, що здійснює настановний рух, рекомендується виконувати в наступній послідовності.

1) Попереднє визначення маси стріли і її центру мас, навітряної площі ([11], п.1.7).

2) Визначення швидкості тягової ланки й максимального зусилля в ньому при навантаженій стрілі ([12], п.VI.15).

3) Вибір кратності стрілового поліспаста, розрахунок і вибір каната, визначення розмірів барабана й блоків. Розрахунок ведеться аналогічно пункту 1 для механізму підйому ([12], п.V.4, V.5).

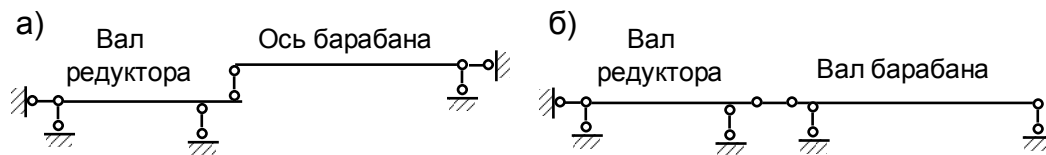
4) Визначення ККД механізму, необхідних середньоквадратичної й пускової потужностей двигуна, вибір двигуна ([11], п.П.3, П.4; [12], п.V.3, VI.15).

5) Визначення передаточного числа редуктора й загального передаточного числа механізму зміни вильоту ([12], п.VI.15).

6) Визначення необхідного гальмового моменту, вибір гальма (гальм) ([12], п.V.6, VI.15).

7) Визначення часу розгону механізму й перевірки двигуна на перевантажувальну здатність ([12], п. VI.15).

8) Визначення часу гальмування механізму й перевірки гальма при різних умовах роботи ([12], п.VI.15).



Мал.2.1. Розрахункові схеми тихохідних валів механізмів підйому

2.3. Особливості проектування механізмів кранів різних типів

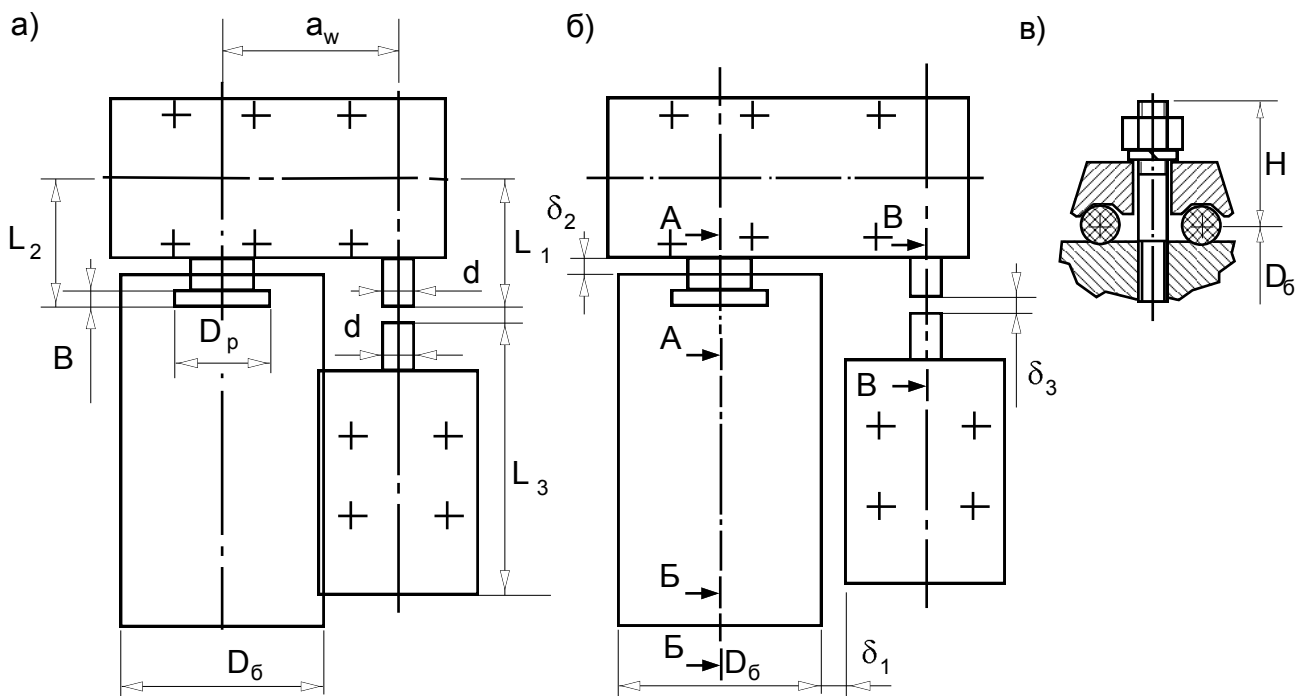
2.3.1. Крани мостового типу

Основні схеми механізмів підйому (лебідок) крюкових кранів наведені на мал. VI.2.1. в [12]. У сполученні барабана з редуктором найбільше часто використовується шарнірне з'єднання, (мал. VI.2.1,а,д), у якому поперечна сила передається через сферичний підшипник, а обертаючий момент - через зубчасте зачеплення ([12], мал. V.2.13,а, табл. V.2.14). Розрахункова схема вихідного вала редуктора й осі барабана в цьому випадку наведена на мал.2.1,а. З'єднання двохопорного барабану й редуктора двошвінцевою зубчастою муфтою (мал. VI.2.1,в) може бути доцільно, наприклад, при маленькому діаметрі барабана, коли зубчаста муфта на вихідному валу редуктора більше діаметра барабана. У цьому випадку розрахункова схема валів редуктора й барабана наведена на мал. 2.1,б.

Тихохідні лебідки виконують із триступінчастим редуктором або з відкритою зубчастою передачею (мал. VI.2.1,в,г); у цьому випадку видається пекревага схемі на мал. VI.2.1,г. зі спеціальним редуктором (приклад установки зубчастого колеса на барабані див. в [12] на мал.V.2.13,б). Схему на мал. VI.2.1,д доцільно застосовувати для більш рівномірного розподілу ваги механізму підйому на колеса візка.

Виконання компоновки візка треба починати із креслення механізму підйому в плані. Припустимо, компоноване прокреслювання перших результатів попереднього розрахунку механізму підйому виявило (мал. 2.2,а), що барабан «налазить» на двигун. Оскільки двигун і редуктор стандартні, то при даній схемі механізму підйому можна змінити кратність поліспасти (діаметр барабану) або, що значно гірше, зробити додаткову відкриту зубчасту передачу від редуктора до барабана (мал. VI.2.1,в,г).

Наприклад, у результаті зміни параметрів механізму складено другий варіант компоновання (мал. 2.2,б). Прокреслювання цього варіанта показує, що між двигуном і барабаном є просвіт $\delta_1 > 0$, але потрібно переконатися, що він достатній для розміщення деталей кріплення каната до барабана. Для цього вузол кріплення креслиться в масштабі 1:1 (мал. 2.2,в). Якщо просвіт $\delta_1 \geq H+20$ мм, то цей варіант приймають і продовжують компоновану проробку. Вичерчують перетин А-А (мал. 2.2,б), проробляють вузол з'єднання барабана з редуктором ([12], мал. V.2.13,а і табл. V.2.14) таким чином, щоб просвіт δ_2 одержати зручним для зборки-розборки й обслуговування (змащення) вузла. Аналогічно проробляється вузол з'єднання редуктора із двигуном (пер. В-В на мал. 2.2,б). При цьому, якщо по міркуваннях компоновання візка просвіт δ_3 потрібно прийняти більшим, ніж це диктується з'єднанням типовими муфтами, то при $\delta_3 \leq 400$ мм конструюють нетипову (спеціальну) муфту, а при $\delta > 400$ мм застосовують проміжний (плаваючий) вал. Перетин Б-Б дозволяє проробити конструкцію вузла установки підшипника. Уточнення довжини барабана (установлення мінімальної величини середньої ненарізаної частини) проводиться з умови обмеження кута набігання каната на барабан при найвищому положенні крюкової підвіски ([12], п. V.5). На виді збоку встановлюється взаємне розташування по висоті двигуна, гальма, редуктора,



Мал.2.2. Початок компоновання механізму підйому:

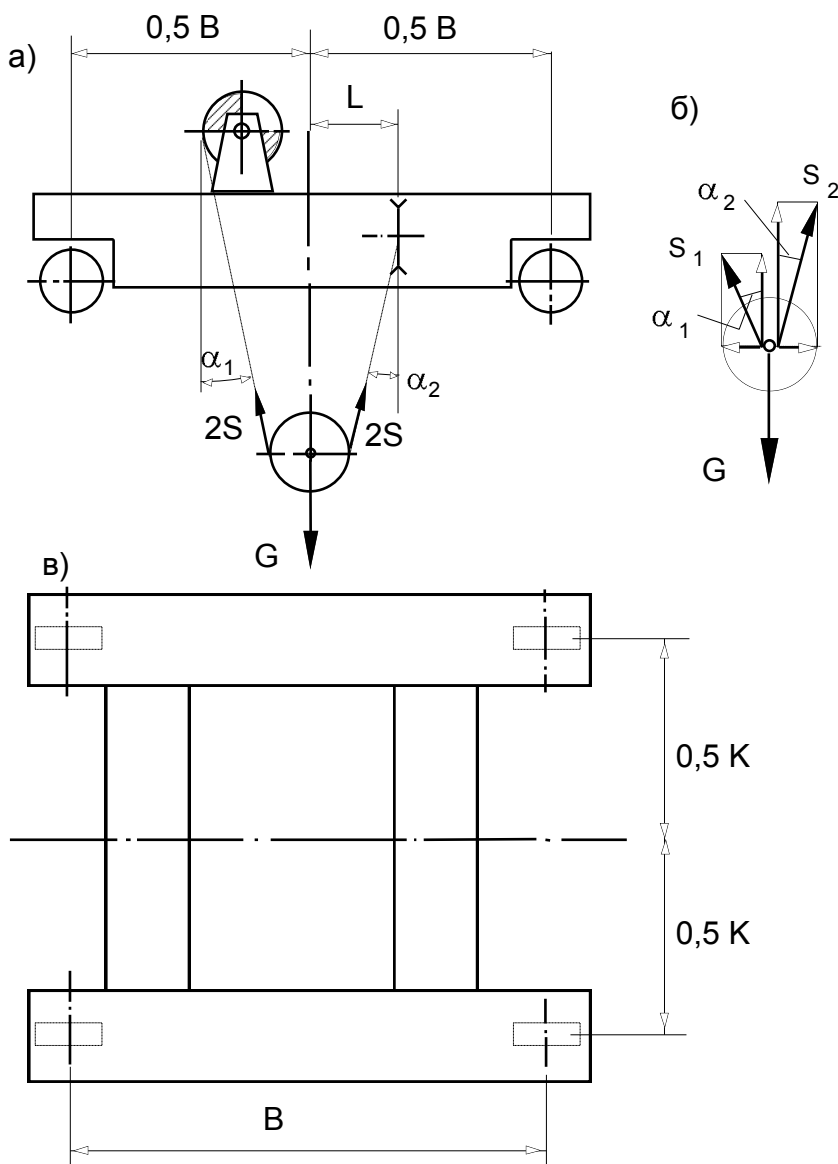
$a_w, L_1, L_2, B, d_1, D_p$ - каталожні розміри обраного редуктора; L_3, d_2 - те ж для двигуна;
 D_6 - розрахунковий діаметр барабана

барабана та ін.

Вибір місця розташування урівняльного блоку (блоків) на візку проводиться з умови розташування вантажу посередині бази B візка (мал. 2.3,а), щоб тиски на колеса від ваги вантажу були однаковими. Для цього необхідно визначити положення крюкової підвіски в просторі. Це положення визначається кутами нахилу канатів (α_1, α_2) при сході із блоків підвіски. Кути нахилу обчислюються з умови рівності горизонтальних проекцій натягів у канатах по обидва боки крюкової підвіски, $S_1 = 2S$ і $S_2 = 2n - 1 \bar{S}$. При компонованні визначення кутів можна виконувати за наближеною схемою (мал. 2.3,б). Наприклад, для здвоєного поліспасти кратністю два, кути нахилу канатів одержуємо однаковими (мал. 2.3,а).

При розміщенні ходової частини візка необхідно забезпечити, щоб при погляді по напрямку колії K візка колеса були на строго однаковій відстані від осі підвіски вантажу (мал. 2.3,в), що забезпечує однакове навантаження від ваги вантажу на обидві балки мосту. При цьому власна вага візка може бути розподілений нерівномірно. Для зменшення цієї нерівномірності можна змінити розташування деяких вузлів на візку, наприклад, відсунути двигун механізму підйому від редуктора за допомогою вала вставки (див. [12], мал. VI.2.1,д).

У механізмі пересування візка звичайно використовують вертикальні кранові триступінчасті редуктори, розташовані посередині колії візка. На мал. VI.3.8,а [12] показано типову схему, причому ліворуч і праворуч від редуктора показано два варіанти пристрою тихохідної трансмісії із зубчастими муфтами із проміжним валом і без нього. При компонованні візка мостового крана варто прагнути забезпечити її мінімальну висоту, що дозволить знизити висоту цеху, у якому буде розміщений кран. Для візка консольного крана бажано мати можливо меншу базу, з огляду на малі шляхи переміщення візка.



Мал.2.3. Схеми до розміщення механізму підйому на візку

Візок мостового, козлового або консольного кранів представляється в трьох проекціях - план і дві бокові проекції, одна із яких повинна показувати механізм пересування. У всіх випадках додатково виконуються переріз по барабану (розміщується в правому нижньому куті аркуша) і переріз по приводному колесу, якщо аналогічний переріз не показаний на механізмі пересування крана. На виді з боку барабана зображується положення підвіски гака й верхньої обойми поліспасти. На виді зверху пунктирними лініями зображується конструкція рами й вісьових ліній показуються всі кріпильні болти. На трьох проекціях візка

проставляються габаритні розміри, конструкторські бази й прив'язочні розміри. На перерізі по барабану вказуються всі складальні розміри з допусками й посадками.

При проектуванні механізму пересування крану ([12], п.VI.6.) у першу чергу з умови відсутності буксування повинно бути вирішене питання про кількість приводних коліс, що особливо важливо для консольного крана, тому що істотно впливає на компоновання механізму. Механізм пересування крана повинен бути представлений на кресленнях у двох проекціях з необхідними перерізами разом із трансмісією й приводним колесом або ходовим візком і несучою металоконструкцією.

На другій стадії проекту додатково до зазначеного в п.2.2 розрахункам повинні бути зроблені для механізму підйому:

а) визначення довжини барабана з перевіркою кутів набігання канатів ([12], п.V.5).

б) розрахунок барабану і його вісі (вала) на міцність, розрахунок і вибір підшипників його опор, розрахунок кріплення каната до барабана та елементів, що передають крутний момент на барабан ([12], п.V.5).

в) розрахунок вісей і вибір підшипників для нерухомих блоків поліспасти ([12], п.V.2).

Для механізмів пересування додатково до зазначеного в п.2.2 розрахункам необхідно зробити:

а) розрахунок валів приводних коліс і вибір підшипників їхніх опор ([12], п.V.2).

б) для консольних кранів визначення діаметрів горизонтальних коліс, розрахунок їхніх вісей і вибір підшипників ([12], п.V.2, V.8).

2.3.2. Крани стрілового типу

У поворотних кранах компоновання й параметри механізмів істотно залежать від конфігурації й розмірів несучої конструкції. Тому одночасно з компонованням механізмів треба компоновувати весь кран, щоб визначити умови розташування механізмів, положення опор, координати центрів мас, навітряні площі, необхідні для розрахунку механізмів обертання й зміни вильоту.

По компонованню механізми обертання кранів можуть бути з горизонтальним ([12], мал. VI,4.13,*а,б*) і вертикальним (мал. VI,4.13,*в,г*) розташуванням двигуна. Вони звичайно постачені фрикційними муфтами граничного моменту ([12], мал. V.2.38, V.2.39), установленими можливо ближче по кінематичному ланцюзі до вала приводної шестірні. Механізми обертання з вертикальним розташуванням двигуна (фланцевого, з убудованим гальмом) більш компактні, дозволяють уникнути конічних, черв'ячних і інших передач, що мають малу надійність або низький ККД, простіше в обслуговуванні й легше.

У *настінно-поворотного крана* з візком з канатною тягою на схемі крана намічаються місця розташування механізмів підйому й пересування візка. Звичайно механізм підйому розташовується нижче механізму пересування візка, що пов'язане з обмеженням кутів набігання каната на барабан. Для

механізму підйому використовують простий або здвоєний поліспагт кратністю два.

На компонуванні й кресленні механізму підйому (виконаних у трьох проекціях) повинна бути показана рама, що підтримує елементи механізму, і пов'язана з нею частина металокопструкції крана. Механізм може бути зібраний на окремій рамі, що закріплюється на спеціальній площадці металевій копструкції, або встановлений безпосередньо на платику, приварені на металевій копструкції (див. мал. 3.8.). Перший варіант більш технологічний.

Відстань від осі обертання крана до стіни повинне бути достатнім, щоб між стіною й найбільш виступаючою крапкою залишалось 100...200 мм. Для того, щоб відстань від осі обертання крана до стіни було мінімальним, варто розташовувати механізм підйому так, щоб окремі його частини виступали за межі металевій копструкції по можливості однаково по обидва боки. При цьому, однак, виникають копнуючі труднощі, тому що середина барабана повинна збігатися з поздовжньою віссю крана, і тоді металокопструкція крана (її бічні грані) може “пронизувати” механізм. Для рішення цього протиріччя іноді доводиться відмовлятися від традиційного з'єднання барабану з редуктором, виносити редуктор за бічну грань кістяка й переносити гальмо на інший кінець валу двигуна.

При копнуванні механізму пересування візка варто звернути увагу на те, щоб зворотна гілка канату механізму пересування не перетиналася з піднімальними канатами. Механізм пересування з канатною тягою копнується з метою пророблення загального копнування крана й на окремому аркуші креслення, як правило, не зображується.

Візок представляється на одному аркуші креслення формату А1-А2 у двох проекціях з перерізами по вісях блоків і ходових коліс. На цьому ж аркуші зображується увесь оголовок стріли із блоком, що відхиляє, механізму пересування візка й кріпленням каната механізму підйому або блоку, що відхиляє.

При розташуванні механізму обертання як угорі, так і внизу його варто орієнтувати уздовж стіни. Зубчасте колесо зв'язується з металевій копструкцією крана болтами. Черв'ячна передача (з вертикальним валом черв'ячного колеса) для зручності кріплення до рами копструється з корпусом висотою від осі черв'яка до подошви, рівній висоті центрів вала двигуна.

Механізм обертання зображується на кресленні у двох проекціях з перерізом по черв'ячному редуктору й з докладним проробленням елементів

муфти граничного моменту. Розріз по черв'ячному редуктору може бути представлений окремо від креслення механізму в більшому масштабі.

У стрілових кранів на рейковому ході або на колоні механізми підйому, обертання й зміни вильоту на загальній платформі розташовуються так, щоб їхня вага сприяла зменшенню ваги противаги. При цьому для поліпшення умов набігання канатів на барабан середини барабанів повинні збігатися з віссю стріли або колони.

У молотовидного крану механізм підйому на консолі противаги розташовується далі від осі обертання крана, чим механізм пересування візка, тому що канати останнього проходять на меншій висоті, чим канати механізму підйому. Варто також звернути увагу на те, щоб зворотна гілка канату механізму пересування візка не перетиналася з піднімальними канатами. За допомогою відповідних проекцій і перерізів повинні бути докладно розроблені вузли з'єднання металевої конструкції крана з нерухомою колоною. Особливу увагу варто звернути на компонування необертового зубчастого вінця механізму обертання, що закріплений на верхній частині колони, усередині обертової металевої конструкції крана.

У велосипедного крану механізми варто розташовувати по можливості симетрично щодо поздовжньої осі крана для того, щоб окремі їхні частини виступали за межі конструкції однаково по обидва боки. При компонуванні механізму пересування варто забезпечити відсутність буксування коліс при пуску й гальмуванні. Із цієї умови визначається кількість приводних коліс, що істотно впливає на конструкцію механізму. Механізм обертання зручніше розміщувати внизу, на ходовому візку, разом з механізмом пересування крана. Особливу увагу варто звернути на взаємне розташування нерухомих частин механізму обертання стосовно обертової металоконструкції крану й до трансмісійного валу механізму пересування, а також розташуванню каната механізму підйому, що йде до барабану, і металоконструкції крана. На кресленнях повинний бути зображений ходовий візок з механізмами пересування, обертання й колоною, а також перерізи по редуктору механізму обертання й приводному колесу.

Додатково до зазначеного в п.2.2 розрахункам для стрілових кранів повинні бути зроблені для механізму обертання:

- а) розрахунок осей (валів) і підшипників опорних вузлів ([12], п. V.2);
- б) розрахунок елементів опорно-поворотного пристрою ([12], п. V.2, V.8, VI.9);

- в) розрахунок колони і її закріплення ([12], п. VI.9);
- г) розрахунок кріплення зубчастого колеса до металоконструкції крана;
- д) для візків з канатною тягою - розрахунок вісей блоків і коліс, вибір підшипників ([12], п. V.2).

Додатково до зазначеного в п.2.2 розрахункам повинні бути зроблені для механізму зміни вильоту:

- а) визначення довжини барабана ([12], п. V.5);
- б) розрахунок вузла кріплення тягового елемента до стріли;
- в) розрахунок осей і вибір підшипників для напрямних блоків ([12], п. V.2).

3. ПРОЕКТУВАННЯ НЕСУЧОЇ МЕТАЛЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1. Загальні вимоги та послідовність проектування

Обсяг робіт по проектуванню несучої конструкції крана, метод розрахунку, тобто розрахунок по допущеним напругам (МДН) або межуючим станам (ММС), і перелік елементів, які повинні бути розроблені докладно, встановлюється керівником курсового проекту консультантом по даному розділу. Процес проектування конструкції включає наступні основні розділи ([10], с.12):

- Вибір і обґрунтування типу конструкції;
- Вибір і обґрунтування статичної схеми конструкції;
- Розрахункові навантаження (визначення динамічних коефіцієнтів, інерційних і вітрових навантажень і т.п., складання таблиці навантажень);
- Вибір геометричних параметрів статичної схеми;
- Вибір матеріалу для металевої конструкції;
- Проектування основних несучих елементів з урахуванням умов міцності, твердості, загальної стійкості, економічності й технологічності;
- Перевірка елементів конструкції на місцеву стійкість;
- Перевірка на опір втоми;
- Перевірка окремих вузлів на міцність і опір втоми (шарнірних, болтових і зварених з'єднань, вузлів, що сприймають місцеві навантаження від ходових коліс візка й т.п.).

Розрахунки й обґрунтування вибору конструктивних рішень включаються в пояснювальну записку. На кресленнях вказуються основні геометричні параметри конструкції, приєднувальні й прив'язочні розміри, товщини листових елементів, позначення зварених швів і технічні вимоги на виготовлення.

3.2. Рекомендації із проектування конструкції

3.2.1. Статична схема та тип конструкції

Визначається основна схема конструкції, кількість несучих балок (однобалкові, двухбалкові конструкції), наявність консолей пролітної будови, відносне розташування основних елементів і опор, характер їхнього з'єднання. Установлюється тип конструкції (листова, ферменна, шпренгельна, трубчаста). Для кранів з візком визначається розташування рейок на їздових балках.

3.2.2. Таблиця навантажень

Для систематизації інформації про навантаженість конструкції для розрахунку по будь-якій умові працездатності (міцності, стійкості, утоми й т.п.) використовують поняття «розрахунковий випадок навантажень» і «комбінація навантажень». Розрахункові випадки встановлюють значення розрахункових навантажень, а комбінації - визначають список навантажень, що діють одночасно, у момент розгону або гальмування одного з механізмів ([4], с.137). Для розрахунку кранових конструкцій прийнято три розрахункових випадки ([11], с. 47-48; [5], с.121; [10], п.4; [6], с.137), а состав комбінацій залежить від типу крана. Систему розрахункових навантажень для зручності розрахунку представляють у вигляді таблиці навантажень ([4], с.139; [5], с.121; [11], с.165, 174). Структура таблиці залежить від типу крана ([11], с. 444-446, 453, 462, 478; [5], с.310, 365, 380, 415 і ін.). При розрахунку по методу граничних станів ([11] с.165) значення навантажень множаться на коефіцієнти перевантажень ([11],с. 166-167, 449 і ін.). У запобіганні помилок варто пам'ятати, що розрахунки по всіх умовах працездатності виконуються по навантаженнях, що відповідають конкретним комбінаціям навантажень.

Для зручності користування таблицею треба ваги й інерційні сили основних елементів конструкції рознести в різні рядки. Наприклад, окремо вага пролітної будови, окремо вага ніг для козлового крана, вага стріли й т.д., а також сили інерції від маси пролітної будови, ніг та ін. Дані про ваги кранів, металевих конструкцій і візків можна знайти в табл.2.2, а також в ([11], с.430; [12], гл. 2-5).

Масу вантажу для розрахунку як по першому, так і по другому розрахункових випадках варто брати рівний номінальної вантажопідйомності крана. Значення коефіцієнтів поштовхів приймають по рекомендаціях ([11], с.69,135). При цьому варто звертати увагу на те, що для кранів мостового типу при визначенні коефіцієнтів поштовхів у комбінаціях «b» і «с» варто використовувати швидкості пересування, відповідно, крана й візка. Якщо хід візка не перевищує мірної довжини рейки ([12], с.325,326), примітки й табл.], то коефіцієнт поштовхів для комбінації "с" приймають рівним одиниці.

Динамічний коефіцієнт при роботі механізму підйому обчислюється по формулі (1.2.19) ([11], с.63). Частоти власних коливань перебувають по формулі (1.2.20), у якій допущена помилка, вона повинна мати вигляд

$$p_{1,2} = \sqrt{0,5 \left[\left(\frac{c_k + c_m}{m_m} + \frac{c_k}{m_z} \right) \mp \sqrt{\left(\frac{c_k + c_m}{m_m} + \frac{c_k}{m_z} \right)^2 - \frac{4 c_k c_m}{m_m m_z}} \right]}.$$

Твердість металевої конструкції на даній стадії розрахунку можна приймати виходячи з її припустимого прогину, як $c_m \cong \frac{\beta Q g}{L f/L}$, де g - прискорення вільного падіння; Q - вантажопідйомність; $\beta = 1,1 \dots 1,3$ - поправочний коефіцієнт (менші значення для стрілових кранів); L - характерний розмір конструкції (прогін, виліт стріли); f/L - допустимий відносний прогін. Ця величина для мостових кранів приймається залежно від групи режиму роботи з ([11], с.428), а для козлових по ([11], с.440). Для кранів з консольною стрілою припустимо думати $f/L \cong 1/300 \dots 1/400$. Характеристики поліспасти для розрахунку динамічного коефіцієнта беруться з розрахунку механізму підйому.

Горизонтальні інерційні навантаження при роботі механізмів пересування й обертання визначаються по вказівках ([11], с.70, 165, Примітки та ін.). Рекомендації з визначення вітрових навантажень для кранів, що працюють на відкритому повітрі, див. ([11], с. 52-59). Варто мати на увазі, що напрямок вітру при розрахунках на міцність по другому розрахунковому випадку для кожної комбінації навантажень вибирається таким чином, щоб вітрове навантаження підсумовувалося з горизонтальним інерційним навантаженням або створювали б найбільш несприятливу загрузку елемента, що розраховується. При цьому навітряна площа конструкції по різних комбінаціях виходить різною залежно від обраного напрямку вітру.

3.2.3. Вибір геометричних параметрів статичної схеми

На даному етапі з умов стійкості крану, обмеження перекосів, технологічності й загального компонування встановлюються конкретні розміри основних елементів, база для мостових, козлових, консольних, велосипедних кранів, довжина стріли й противовесної консолі, відстань між горизонтальними роликками в консольних кранах, висота колони й т.д. Рекомендації див. п.3.4. Для ферменних конструкцій варто встановити конфігурацію й тип решітки, а також висоту ферми, ([5], с. 233-234). Після визначення всіх розмірів варто накреслити в масштабі розрахункову схему металевої конструкції, що дозволить проконтролювати ухвалені рішення.

3.2.4. Вибір матеріалу

У тих випадках, коли викладачем не зазначена марка сталі для металевої конструкції, її варто вибирати із що рекомендуються ([11], п.1.1; [5], гл.1; [10], п.3) залежно від умов експлуатації, виду й товщини застосовуваного прокату. Так для конструкцій слабко навантажених, але з більшими прольотами, де перетин буде вибиратися за умовою твердості, доцільно використовувати дешевою маловуглеродисту сталь Ст3сп (ДЕРЖСТАНДАРТ 380-71*) або для трубчастих конструкцій сталь 20 (ДЕРЖСТАНДАРТ 8731-74*). Для конструкцій, експлуатованих на відкритому повітрі, перетин яких вибирається з умови міцності, варто застосовувати низьколеговані сталі 09Г2С, 10ХСНД, 14Г2АФ і т.д. (ДЕРЖСТАНДАРТ 19282-73*, ДЕРЖСТАНДАРТ 19281-73*). Якщо умовою, що визначає перетин несучих елементів, є опір утоми, то можна застосовувати маловуглеродисті сталі Ст3сп або 20, тому що зварені вузли із цих сталей мають практично такі ж границі витривалості, як і вузли з низьколегованих сталей. Але якщо така конструкція працює в умовах низьких температур або вимагає прокату більших товщин (понад 25-30 мм), то варто застосовувати низьколеговані сталі.

У деяких випадках після компонування основного перетину й виконання розрахунків на міцність, стійкість і опір утоми, коли стає ясно, яке з умов працездатності є визначальною, буває доцільно замінити обрану сталь на більш підходящу й скорегувати розрахунок і конструктивне рішення.

3.2.5. Компонування основних перетинів

Проектування перетинів варто починати з основного конструктивного елемента, у кранах мостового типу - з головної балки, у стрілових кранах зі стріли. Головні балки кранів мостового типу, а також стріли, по яких рухається вантажний візок, звичайно виконуються коробчатого перетину або у вигляді складених двотаврів. Ширина пояса й товщина стінок для них задаються з

конструктивних міркувань ([11], с. 348-349). У тих випадках, коли конструкція працює на відкритому повітрі, товщини поясів і стінок не рекомендується вибирати менше 6 мм.

При призначенні висоти балок (H) ураховуються дві умови. Перша з них - умова твердості, тобто обмеження прогину балки від рухомого навантаження. Із цієї умови для двохопорних балок рекомендується мати $H/L \leq 1/15 \dots 1/20$ ([5], с.165). Слід зазначити, що виконання цієї умови не замінює перевірку твердості балки, але дає можливість попередньо врахувати даний фактор. Друга умова полягає в забезпеченні, по можливості, мінімальної маси конструкції. Для цього обчислюється оптимальна висота балки ($H_{\text{опт}}$), тобто така висота, при якій маса балки з раніше прийнятою товщиною стінки й необхідним за умовою міцності моментом опору буде мінімальною ([11], с. 339-340; [5], с. 163-165). Призначувана висота балки повинна задовольняти першій умові й не дуже сильно відрізнятися від оптимальної (відхилення на $\pm 20\%$ цілком припустиме). Товщини поясів балок визначаються з умови міцності по навантаженнях комбінації IIa . Висоту коротких не основних балок, маса яких становить малу частку загальної маси конструкції (кінцеві балки, противесні консолі, рами візків і т.д.), можна не оптимізувати й призначати її з конструктивних міркувань, керуючись умовою твердості, зручністю компонування конструкції й розміщення механізмів.

Після визначення основних розмірів перетину його необхідно зобразити в масштабі й виконати перевірку міцності по комбінації IIb . При визначенні геометричних характеристик перетину (площі, моментів інерції й опору) можна не враховувати ребра жорсткості, галереї та інші допоміжні елементи. Для прочностного розрахунку кожного елемента в записці приводиться розрахункова схема з відповідними навантаженнями й необхідні епюри моментів і сил, що перерізують, або лінії впливу.

Визначення зусиль у стрижнях простих плоских ферм виробляється аналітично, для розрахунку складних просторових ферм варто використовувати чисельні методи, реалізовані у вигляді комп'ютерних програм, наявних на кафедрі. Перетину розтягнутих стрижнів визначають із розрахунку на міцність і обмеження гнучкості ([5], с. 239-240; [11], с. 367-369). При проектуванні стислих стрижнів виробляється розрахунок на стійкість із урахуванням умови обмеження гнучкості ([4], п.15.2; [5], с. 240-241; [10], п.5.2; [11], с. 368-369). Розрахунку підлягають найбільш завантажені стрижні при тих положеннях навантаження, які створюють у них найбільші зусилля. Ферма повинна бути спроектована так, щоб у ній використовувалося не більше 2-3 типорозмірів профілів.

3.2.6. Перевірка статичної твердості металеві конструкції

Ця перевірка здійснюється за умовою $f/L \leq \bar{f}/L$, що обмежує відносне значення прогину f , що виникає від дії тільки рухомого навантаження. Визначення прогинів балкових і рамних конструкцій розглянуте в ([4], п.5.6). Прогини ферм перебувають чисельними методами за допомогою відповідних програм або за спрощеною методикою ([11], с.94; [5], с. 257-258). Рекомендації з визначення прогинів у конструкціях конкретних типів наведені в ([11], с.434, 503-504). Див. також посилання на припустимі значення відносного прогину в п.3.2.2.

3.2.7. Забезпечення загальної стійкості балок, що згинаються

Дана проблема пов'язана з можливістю втрати плоскої форми вигину балками відкритого перетину, тобто двотаврового, швелерного й т.п. Балки замкнутого перетину (коробчасті, трубчасті) практично не можуть втратити загальну стійкість при вигині, тому що мають дуже велику твердість на крутіння, тому для них даний розрахунок не проводиться. Загальна стійкість перевіряється за методикою, коротко викладеної в ([11], с. 385-389). Для практичних розрахунків краще використовувати матеріали СНиП II-23-81*. Розрахунок на стійкість роблять по навантаженнях другого розрахункового випадку.

3.2.8. Забезпечення місцевої стійкості елементів балок

Для забезпечення необхідної несучої здатності балок і стрижнів їх стислі листові елементи (пояса, стінки) при навантаженні повинні деформуватися не втрачаючи плоскої форми. Скривлення, порушення плоскої форми поясів і стінок під дією стискаючих напруг називається втратою місцевої стійкості ([5], п.33; [10], п.5.2; [11], с. 389-397).

На місцеву стійкість перевіряють ті зони поясів і стінок, які в процесі роботи крана виявляються завантаженими найбільшими по абсолютній величині нормальними стискаючими, дотичними або стискаючими й дотичними напруженнями. Розрахунок на місцеву стійкість роблять по комбінаціях навантажень IIa й IIb .

У поясах однопрогонових балок з рухомим навантаженням найбільші нормальні напруження виникають у центральній панелі при розташуванні візка приблизно в середині прольоту. Для цієї панелі й ведеться перевірка стислого пояса на місцеву стійкість. Пояса одноступінчатих балок треба, по можливості, проектувати так, щоб вони зберігали стійкість без ребер ([5], с. 223-224; [10],

п.5.2; [11], с.396). Пояса коробчатих балок перевіряються на стійкість по рекомендаціях ([11], с.396, ф-ла (117) при $\alpha = 0; 5$, с.224).

Стінки однопрогонових балок перевіряються на місцеву стійкість у середині прольоту, у крайній панелі при розташуванні візка в опори, а також на відстані чверті прольоту від опори ([5], с. 215-216, [10], с.37 - 38, [11], с.392 - 394). Для балок з рейкою над стінкою в цих розрахунках варто враховувати вплив стиску стінки від місцевого тиску ходових коліс візка. При цьому значення діючих місцевих напружень визначаються по ([5], с.173; [11], с.382).

Пояси й стінки консольних балок перевіряються на місцеву стійкість у панелі біля закладення, де діють найбільші нормальні й значні дотичні напруження при положенні візка на максимальному вильоті ([5], с. 217-219; [11], с. 393-394). При цьому місцеві напруження, природно, не враховуються.

У випадку невиконання умов місцевої стійкості необхідно ухвалювати рішення щодо розміщенні ребер жорсткості ([5], с. 212-224; [10], п.5.2; [11], с. 390-398). Рекомендації із призначення розмірів ребер дані в ([5], с.323; [11], с.397). За результатами розрахунків може виявитися доцільним мати різні відстані між діафрагмами в середині панелі й в опор або різна кількість поздовжніх ребер на різних ділянках балки. Такі конструктивні рішення цілком можливі, але повинні бути досить раціональні й технологічні. Якщо розрахунки показують, що умова місцевої стійкості поясів і стінок дотримується й без поперечних ребер і діафрагм, то вони встановлюються на відстані $(1,5 \dots 2) H$ для забезпечення незмінюваності перетину.

3.2.9. Загальне компоування конструкції

Одночасно з виконанням перевірочних розрахунків на міцність і місцеву стійкість проводиться компоування конструкції. Вона виконується на міліметровці в досить великому масштабі. Спочатку викреслюються основні несучі конструкції і їхні перетини, розміщаються ребра жорсткості. Потім компоуються окремі вузли, тобто приєднання головних балок до кінцевого й до ніг, приєднання стріли до вежі й т.д. При цьому варто передбачити місця для розміщення механізмів і кабіни, установити розташування монтажних стиків, скомпоувати вузли кріплення балансирів, опорних роликів, противаги та ін.

На компоуваному кресленні виробляється розміщення стикових зварених з'єднань на елементах ферм, поясах і стінках балок. При цьому варто враховувати, що стандартний прокат за ДСТ 19903-74 випускається аркушами при товщині до 6 мм - довжиною до 6000 мм; при товщині 8 - 10 мм - до 12000 мм; при товщині 12 - 25 мм - до 9000 мм; при товщині 26 - 40 мм - до 9500 - 12000 мм (більші довжини при меншій ширині). Ширина аркушів в основному від 0,7 до 2 - 2,5 м. Для поясів балок доцільно використовувати широкополосний прокат, що випускається за ДСТ 82-70 шириною від 200 до

1050 мм (ряд ширин 200 ... 300, 320, 340, 360, 380, 400, 450, 480, 500, 530, 560, 600, 630, 650, 670, 750, 800 ... 1050 мм).

Компоноване креслення, виконане у масштабі, дозволяє уникнути багатьох помилок, перевірити можливість складання й зварювання елементів і знайти конструктивні рішення сполучних і нерозрахованих вузлів.

3.2.10. Розрахунок на опір втоми

Розрахунок на опір втоми виконується як перевірочний після компонування основних несучих конструкцій, тому що для його виконання необхідно знати всі параметри перетину й конструктивні особливості вузла, що розраховується. Цей розрахунок проводиться з метою перевірки невиникнення утомленої тріщини *в конкретному місці конструкції при певному режимі експлуатаційного навантаження протягом заданого терміну служби*. Перевірка здійснюється для однієї-двох найнебезпечніших крапок пролітної будови, стріли або ходової балки за методикою, викладеної в лекціях за курсом «Металеві конструкції машин». Для розрахунку використовується програмне забезпечення, наявне в ОЦ кафедри ПТСМ (відділення ПТМ).

Для кранів, експлуатованих у режимі 5ДО-8ДО, умова опору втоми може виявитися невиконаним, тоді варто вживати ті або інші конструктивно-технологічні заходи ([10], п.7). Якщо діючі напруги істотно перевищують допустимий рівень, доводиться їх зменшувати шляхом збільшення моменту інерції перетину, тобто стовщення поясів, а іноді й стінок. У таких випадках розрахунки на міцність, твердість і місцеву стійкість приводяться в розрахунково-пояснювальній записці у вигляді перевірочних для остаточних розмірів перетину. Якщо ж діючі напруги не значно перевищують розрахунковий опір допускаються, що напруги або, то можна розглянути можливість підвищення межі витривалості ([10], п.7).

3.2.11. Перевірка їздових балок на міцність і опір втоми в зоні місцевого тиску коліс візка

Їздовими називають балки, по яких рухається вантажний візок. На цих балках розміщається рейка, що може бути встановлений над стінкою або між стінками (мал. 3.1, 3.2). Кожна із цих конструкцій розраховується за відповідною методикою.

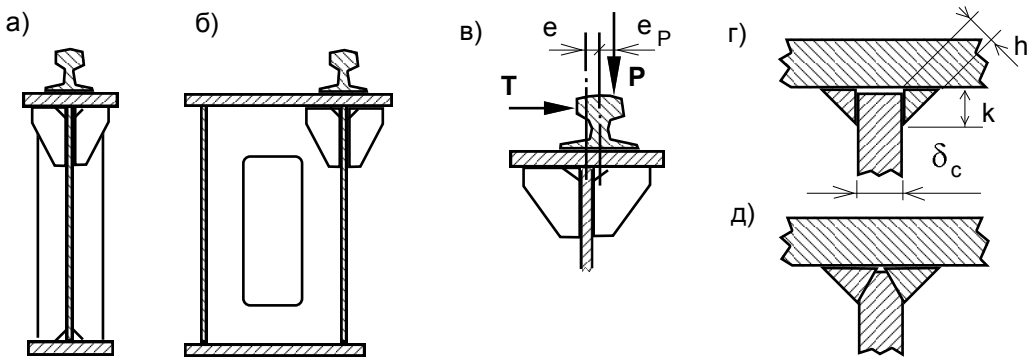
а) У балках з рейкою над стінкою (мал. 3.1, а, б) найнебезпечнішим місцем є зварене з'єднання стінки з поясом під рейкою. Саме там найчастіше виникають утомлені тріщини. Це пов'язане з дією зтискаючих напруг, що циклічно змінюються місцевих, від тиску колеса візка (Р) і наявністю місцевого

вигину цього вузла під впливом *горизонтальної* сили (Т) від реборди колеса й зсуву *рейки* й навантаження Р із площини стінки (мал.3.1, в).

Місцеві зтискаючі напруги в стінці σ_M визначаються по формулах, наведеним в ([11], с.382; [5], с.173). Для кранів режиму роботи 1ДО-4До припустимо застосовувати з'єднання без оброблення крайок (мал. 3.1,з). При цьому варто перевірити шов на зріз за умовою, що по методах напруг, що допускаються, і межуючих станів, відповідно, має вигляд

$$\tau = \frac{\xi \sigma_M^{IIa} \delta_c}{2h} \leq \tau_{cs} ; \quad \tau = \frac{\xi \sigma_M^{IIa} \delta_c}{2h} \leq m_k R_y^{cs} .$$

Тут $\xi = 1,5 - 2$ - коефіцієнт нерівномірності загрузка швів, інші позначення, наведені в цих формулах, пояснені в ([11], с.352). Для визначення напруги σ_M^{IIa} використовуються навантаження по комбінації IIa. Ці умови дозволяють вибрати катет шва, що дорівнює $k = h/t_{ш}$, де $t_{ш}=0,7$ для ручного зварювання й $t_{ш}=1,0$ для автоматичної. Якщо по цьому розрахунку потрібен катет $k \geq \delta_c$, то краще використовувати шов з обробленням крайок і повною проплавкою кореня (мал. 3.1,д). У цьому випадку шов на міцність не перевіряється.



Мал.3.1. Схеми для розрахунку балок з рейкою над стінкою

Зварене з'єднання підрейкової стінки з поясом в обох випадках (мал.3.1,з,д) перевіряється на опір утоми по ММН або МПС, відповідно, по наступних умов:

$$\sigma_M^{Ia} \leq \frac{\sigma_{-\infty k}}{n} \quad \sigma_M^{Ia} \leq m_k k_o \frac{\sigma_{-\infty k}}{k_M} .$$

Тут σ_M^{Ia} обчислюється по навантаженнях комбінації Ia, інші величини знаходять по рекомендаціях: $\sigma_{-\infty k}$ - границя витривалості при циклі віднулевого стиску, що визначається по таблицях ([11], с.147,149) при $1/R_\sigma = 0$ й $K = 4,0$ ([11], с.141); m_k, k_o, k_M - див.([11], с. 167-168).

Якщо умова міцності стінки не виконується, застосовують конструктивні заходи ([5], с. 175-179; [11], с. 382-383).

б) У балках з рейкою посередині поясу (мал. 3.2,*a*) для забезпечення міцності поясу та рейки необхідно встановлювати короткі діафрагми. Відстань між ними визначається з умови міцності рейки на вигин ([5], с.180; [11], с.383).

Пояс разом з рейкою піддається місцевому циклічному деформуванню при проходженні коліс візка. При цьому в ньому виникають поперечні щодо осі балки місцеві згибаючі напруги ($\sigma_{м,п}$), які можуть привести до утомленого ушкодження. Умова перевірки пояса на опір утоми по ММН і МПС має вигляд

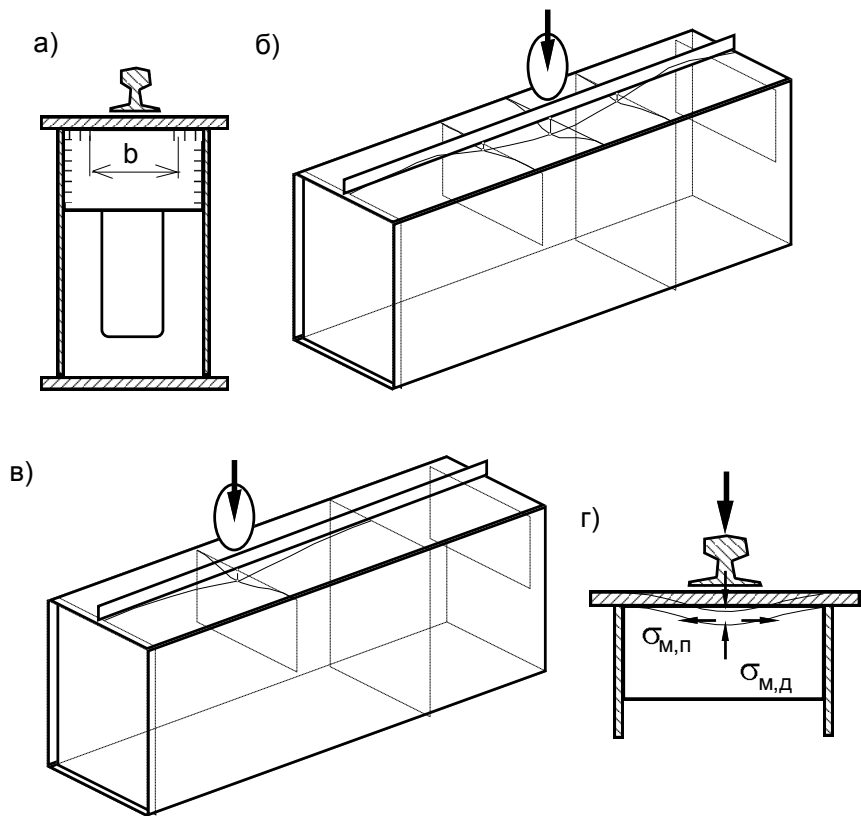
$$\sigma_{м.п}^{Ia} \leq \frac{\sigma_{ок}}{n}, \quad \sigma_{м.п}^{Ia} \leq m_k k_o \frac{\sigma_{ок}}{k_{п}}$$

Тут напруга $\sigma_{м}^{Ia} = \sigma'_y$ обчислюється по навантаженнях комбінації Ia відповідно до рекомендацій ([5], с.182; [11], с.383, ф-ла (85)); $\sigma_{ок}$ - межа витривалості при віднульовому циклі ($R_{\sigma} = 0$) при $K = 1,4$ ([11], с.148,150).

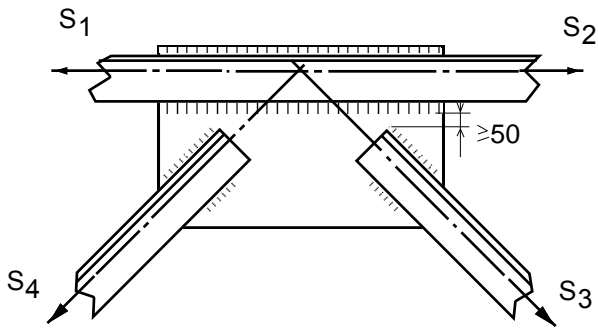
У випадку невиконання цих умов необхідно

зменшувати відстань між малими діафрагмами або збільшити перетин рейки, забезпечивши при цьому достатню ширину двохребордного колеса візка.

При проході колеса візка над діафрагмою (мал. 3.2, *в,г*) на її верхній крайці виникають значні місцеві зтискаючі напруги ($\sigma_{м,д}$), які звичайно приводять до руйнування звареного шву. Тому діафрагму можна не приварювати до поясу в цій зоні (мал. 3.2,*a*). Довжина цієї ділянки $b = d + 2\delta_{п}$, де d - ширина підшви рейки, $\delta_{п}$ - товщина поясу. Крайка діафрагми перевіряється на зтиск від місцевих напружень ($\sigma_{м,д}$), які обчислюються за методикою ([5], с.183).



Мал.3.2. Схеми для розрахунку балок з рейкою між стінками



Мал.3.3. Схема вузла ферми

3.2.12. Проектування вузлів ферм

Якщо для стрижнів ферм використані куточки й швелери, то у вузлах найкраще з'єднувати їх за допомогою косинок, забезпечуючи збіжність осей всіх стрижнів в одній крапці ([5], с. 236-238; [11], с.363). Для визначення розмірів косинки необхідно

обчислити необхідну довжину зварених швів, що приєднують окремі стрижні ([5], с.142, 237-238; [11], с.352). При цьому кожний шов розраховується на зусилля, що діє в приєднуємому стрижні. Шов, що приєднує пояс до косинки, розраховується на різницю зусиль у ньому, тобто $N = S_1 - S_2$ (мал.3.3). З метою уніфікації розрахунків виконується для вузла з найбільш навантаженими стрижнями, і конструктивне рішення поширюється на всі інші вузли. Призначувана довжина кутових швів повинна бути не менш 60 мм і не більше 50 катетів. Компонуючи вузол варто мати на увазі, що шви не рекомендується розташовувати на відстані менш 50 мм друг від друга ([5], с. 237-238). Відступи від цього правила можливі в малонавантажених фермах, що працюють в опалювальних приміщеннях ([1], с. 70-71).

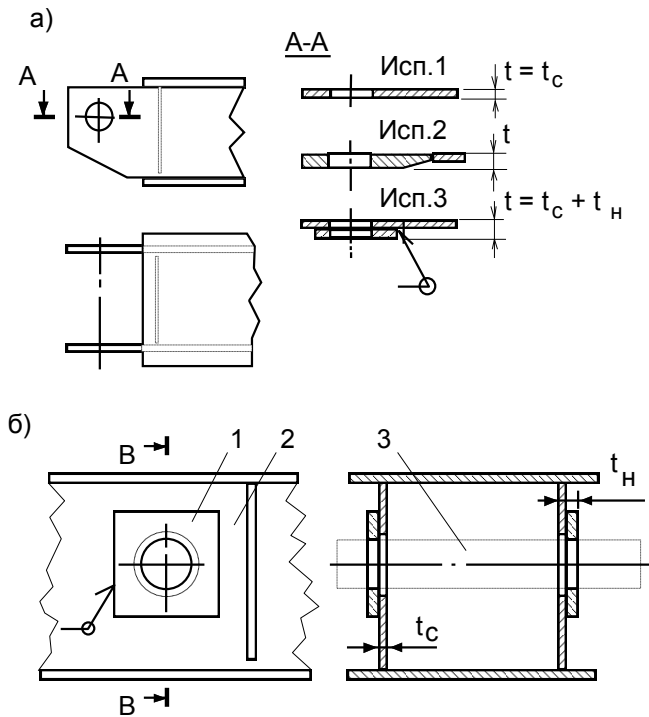
У випадку застосування у фермі трубчастих стрижнів компоновання вузлів варто робити з урахуванням рекомендацій ([5], с. 147-148; [11], с. 363-365). При проектуванні просторових конструкцій вузли суміжних плоских ферм звичайно розміщують в одному поперечному перерізі ([5], с.232). Вузли таких ферм можуть мати найрізноманітніші конструктивні рішення, однак у всіх випадках треба прагнути уникати скупчення й перетинання зварених швів.

3.2.13. Проектування шарнірних вузлів

Шарнірні вузли в металевих конструкціях використовуються для приєднання до конструкції елементів за допомогою осей. Для закріплення в конструкції нерухомої вісі необхідно забезпечити її обпирання на два несучі аркуші, що мають співвісні отвори (мал. 3.4). Діаметр осі звичайно вибирається з умови її міцності на вигин, а товщина опорних поверхонь аркушів - з умови зминання ([5], с. 160-161; [11], с.359). Існує два технологічних варіанти забезпечення співвісності отворів в аркушах. У конструкціях порівняно невеликих розмірів отвори можуть бути розточені в стінці після зварювання. У цьому випадку товщина опорної крайки (t), використовувана в розрахунках на зминання, дорівнює товщині стінки (виконання 1 або 2), або, якщо її не вистачає, сумарній товщині стінки й приварених накладок (мал. 3.4,а, виконання 3). Якщо цей варіант неможливий по технологічних причинах, то в

стіноці вирізують газом отвір діаметром більше, ніж потрібно для осі, виготовляють накладки 1 з розточеними посадковими отворами, виставляють їх на стінках 2, забезпечуючи співвісність за допомогою фальш-валу 3, і приварюють (мал. 3.4,б). При цьому розрахункова товщина опорної крайки $t = t_n$. Накладки можуть розташовуватися з однієї або із двох сторін стінки, якщо є доступ для зварювання усередині конструкції.

Розміри накладок повинні бути досить великі, по-перше, щоб зварювальні деформації при накладенні шва по замкнутому контурі не спотворювали оброблений посадковий отвір, і по-друге, щоб довжина шва була достатньою за умовою міцності для сприйняття навантаження, переданого від осі на крайку отвору. По цій умові проводиться перевірка шва на зріз по навантаженнях II розрахункового випадку.

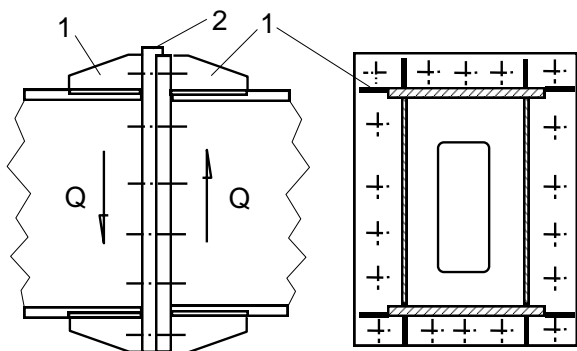


Мал.3.4. Схеми установки осей у металевій конструкції

3.2.14. Розміщення та проектування монтажних стиків

Конструкція повинна містити мінімальну кількість монтажних стиків, що розділяють її на фрагменти, які можуть досить зручно транспортуватися по залізничному або автомобільному шляху. Монтажні стики, по можливості, розміщаються в тих перетинах, де діють порівняно не більші згинальні моменти. Як правило, вони виконуються у вигляді болтових з'єднань, фланцевих або на накладках. Габарити навантаження, тобто розміри, за межі яких не повинен виходити вантаж при розміщенні його на залізничній платформі, зазначені в ([5], с.346; [11], с. 418-420).

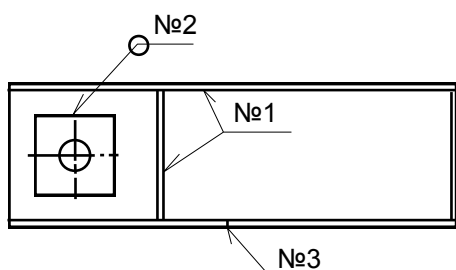
Болтові з'єднання на накладках ([11], с.366, мал. III.1.16) звичайно виготовляються із застосуванням високоміцних болтів. Визначення зусилля, що зрушує, що доводиться на найбільш завантажений болт на стінці й поясі, наведено в ([5], с. 157-158; [11], с. 364-365). Вибір болта на відоме зусилля здійснюється по рекомендаціях ([5], с.156, [11], с.356).



Мал.3.5. Схеми болтових фланцевих з'єднань балок

Методика проектування болтових фланцевих з'єднань наведена в ([5], с. 158-159; [11], с.367). Фланці виготовляються з аркушів, в 2 .. 3 рази більше товстих, чим пояси балок, що з'єднуються, і підкріплюються ребрами 1, які забезпечують твердість фланця на відгин і підвищують міцність звареного з'єднання (мал. 3.5). Для стикування балок досить великих розмірів можна використовувати фланцеві з'єднання із внутрішнім розташуванням болтів ([5],

мал. 4.6,б). У фланцевих з'єднаннях для сприйняття сил, що перерізують, доцільно розміщати пари штифтів або "зуб" 2, якому можна одержати після механообробки прилягаючих поверхонь (мал. 3.5).



Мал.3.7. Приклад позначення зварених швів

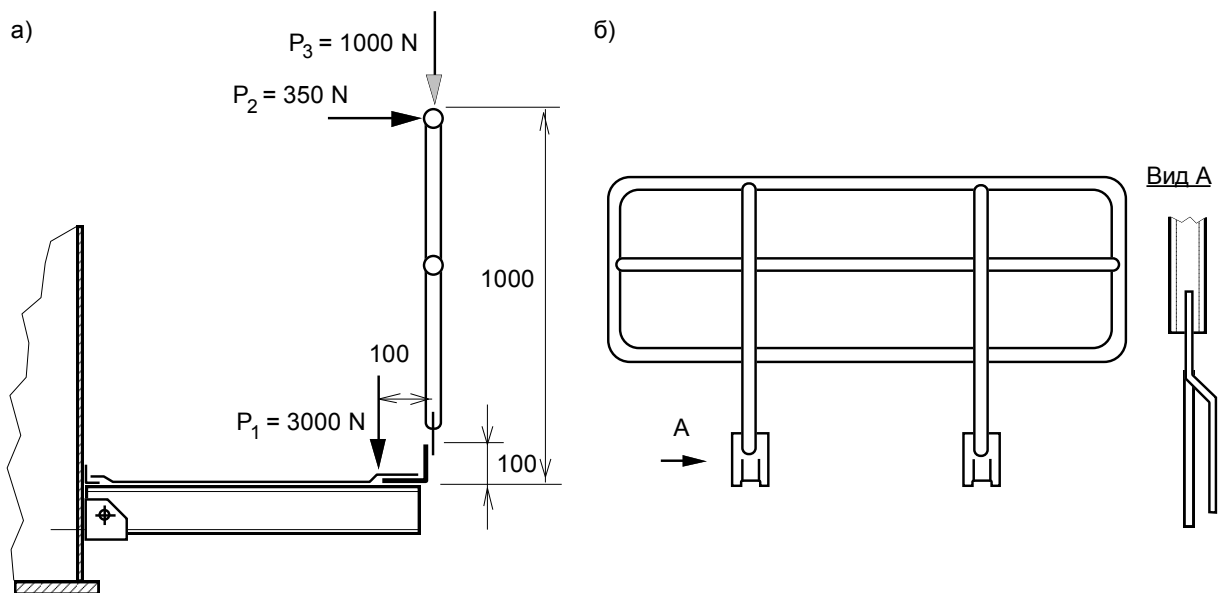
№1 ГОСТ 5264-80 - ТЗ Δ 6
 №2 ГОСТ 5264-80 - Н1 Δ 6
 №3 ГОСТ 8713-79 - С7 - АФ

3.2.15. Будова галерей, площадок, сходів і кабін

Для використання крана по призначенню і його технічному обслуговуванню

необхідно обладнати робоче місце машиніста й забезпечити прохід обслуговуючого персоналу до всіх основних вузлів і механізмів. Конструктор повинен вирішити питання кріплення кабінки на металевій конструкції й установити галереї, площадки й сходи, відповідно до правил ([9], п.4.11-4.13, [11], с. 417-418). Всі площадки й сходи кріпляться на кронштейнах, які приварюються до основної металоконструкції. Якщо площадки призначені тільки для проходу людей (а не для розміщення встаткування), то їхні кронштейни й поруччя розраховуються на нормативне навантаження, зазначену на мал. 3.6,а (навантаження P_2 і P_3 діють не одночасно). Кронштейни, що підтримують площадки з устаткуванням, розраховуються на вагу цього встаткування.

У тих випадках, коли галереї утрудняють перевезення конструкції, вони можуть розміщатися на знімних кронштейнах, які на місці монтажу навішуються за допомогою шарнірних з'єднань і потім приварюються (мал. 3.6,а). Кронштейни повинні встановлюватися на стінках напроти ребер жорсткості або діафрагм. Поруччя доцільно виготовляти уніфікованими секціями із гнутих труб і приварювати до борту площадки при монтажі крана (мал. 3.6,б).



Мал.3.6. Будова галерей і розрахункові навантаження на їхні елементи

3.3. Технічні вимоги до металевих конструкцій кранів

Технологія виготовлення накладає певні вимоги на конструктивні рішення, прийняті на стадії проектування. Так, необхідно забезпечити зручний доступ до місць виконання зварених швів. Для цього треба продумати послідовність зварювання конструкції ([7], гл.4). Варто мати через, що не можна вести зварювання в замкнутих обсягах, вузьких каналах і щілинах. Для забезпечення можливості приварки діафрагм до стінок у коробчастих балках відстань між стінками повинне бути не менш 300-350 мм.

Для зварювання прямих, довгих, безперервних швів у нижньому положенні варто використовувати автоматичне зварювання під флюсом за ДСТ 8713-79, ДОСТ 11533-75. Короткі шви будь-якої конфігурації варто виготовляти ручним зварюванням (ДЕРЖСТАНДАРТ 5264-80) або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу (ДЕРЖСТАНДАРТ 14771-76). Позначення швів виконуються за ДСТ 2.312-72. На кресленнях однотипні шви позначаються одним номером, що повністю розшифровується на одній з винесень або в спеціальній таблиці в технічних умовах (мал. 3.7).

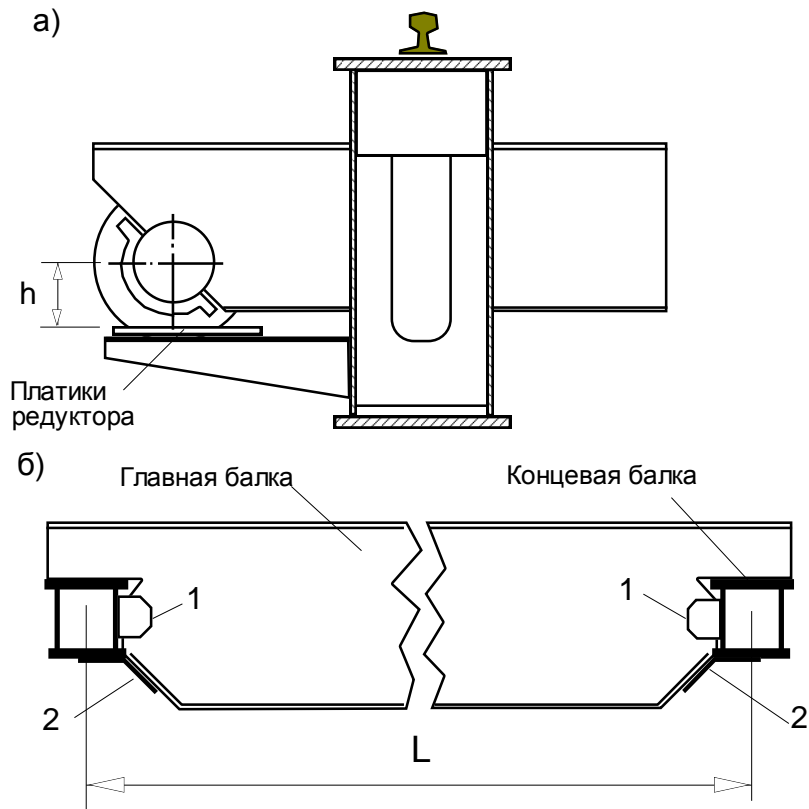
У результаті нерівномірного нагріву й остигання елементів конструкції в процесі зварювання відбувається перекручування їхньої форми й розмірів (виникають зварювальні повідці). Тому для забезпечення досить точного відносного розташування елементів конструкції й механізмів друг щодо друга сполучаються поверхні, що, після зварювання піддають механічній обробці.

Зокрема механічно обробляються прилягаючі поверхні фланців, місця обпирання букс, фундаменти механізмів та ін. Приклад пристрою фундаменту, що забезпечує співвісність елементів механізму (двигуна, редуктора, гальма й т.д.) по висоті показаний на мал.3.8. Пластики (1) фрезеруються після приварки для забезпечення зазначених розмірів ([7], с.234).

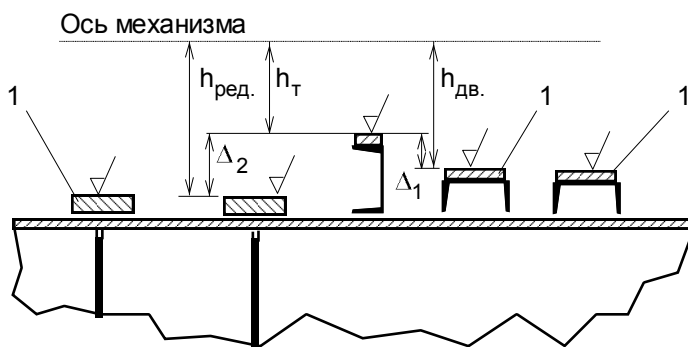
Технічні умови на виготовлення конструкції приводяться на аркуші над штампом. Там вказуються зварювальні матеріали, які вибираються залежно від матеріалу конструкції,

способу зварювання й ступеня відповідальності з'єднань. Так для ручного зварювання конструкцій з маловуглеродистих сталей використовують електроди типу Э42, Э46, з низьколегованих сталей - електроди типу Э46А, а для відповідальних конструкцій Э50А. Для напівавтоматичного зварювання в середовищі CO₂ використовують дріт діаметром 1.2-2.0 мм марок Св-08ГС, Св-08Г2С або Св-12ГС, останню - для конструкцій зі сталей 10ХСНД, 15ХСНД. Для зварювання автоматом під шаром флюсу застосовують дріт діаметром 3-6 мм, марки якої вибираються залежно від матеріалу конструкцій. Так виробу з маловуглеродистих сталей варять дротом Св-08, Св-08А, Св-08ГА, а із НЛ сталей - Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2 ([7], с. 189-194; [8], с. 221-227).

Далі в технічних умовах вказуються вимоги по механічній обробці опорних пластиків, фланців, отворів, що виробляється після зварювання конструкції. Вимоги до забезпечення точності їхнього відносного розташування



Мал.3.9. Схеми вузлів металевої конструкції мостового крана

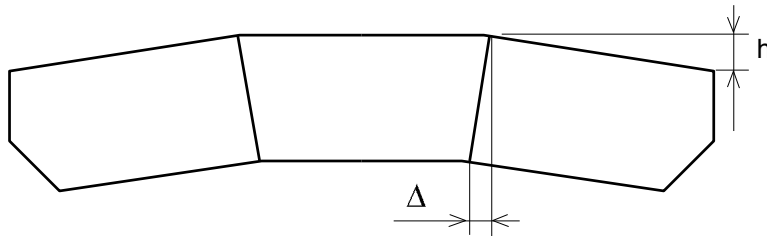


Мал.3.8. Приклад пристрою фундаменту механізму

(соосносності, перпендикулярності, паралельності й т.д.). Вимоги по спільній обробці отворів, наприклад, у болтових з'єднаннях з накладками, або по застосуванню кондукторів. Приводяться вказівки по методах контролю якості найбільш відповідальних швів ([10], п.8).

3.4. Особливості проектування металевих конструкцій

кранів різних типів



3.4.1. Крани мостового типу

Мал.3.10. Схема пристрою будівельного підйому в головній балці

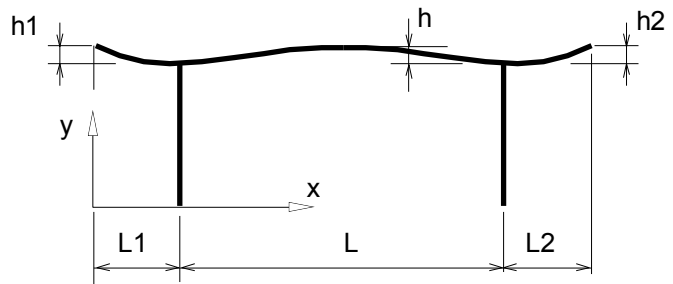
Мостовий кран.
Методичний і довідковий

матеріал з розрахунку даної конструкції представлений у книгах ([1], гл.2, 4, 12; [5], гл.9; [11], с. 425-438). Вагові характеристики елементів кранів даного типу можна приймати по вказівках табл.2.2 і рекомендаціям ([11], с.430; [12], гл. 2-5). База крана встановлюється з міркувань обмеження перекосу по рекомендаціях ([5], с. 304-305; [11], с.429). Якщо тип перетину головних балок не визначений у завданні, можна використовувати варіанти, наведені в ([5], с.299; [11], с. 426-427).

При проектуванні особливу увагу варто звертати на вузол стикування головної й кінцевої балки. Він може бути виконаний різними способами ([1], с. 192), але при його компонованні необхідно забезпечити співвісність вихідного валу механізму пересування, розміщеного на галереї головної балки, і колеса, встановленого в кінцевій балці (мал. 3.9,а). Крім того необхідно забезпечити міцність з'єднання й витримати заданий прогін. Останнє завдання в типових конструкціях вирішуються за допомогою накладок, що компенсують, на стінках 1 і на нижніх поясах 2 (мал. 3.9,б). Конструкція кінцевих балок для мосту ферменної конструкції істотно інша (див. атласи). Для забезпечення можливості перевезення по залізниці міст крана має болтові з'єднання на кінцевих балках, по одному або по двох на кожній залежно від габаритів головних балок.

Якщо прогін крану перевищує 17 м, то прогінна будова повинна мати будівельний підйом, тобто невеликий вигіб головної балки (або ферми) нагору з метою компенсації прогину від власної ваги конструкції й частково ваги вантажу. Стрілка цього прогину приймається рівною $h = L/800$ [11, с.437]. У балках він виходить шляхом скошування крайок аркушів, з яких збирається стінка й вигіб пояси аркушів (мал. 3.10) ([7], стр,209). У фермах будівельний підйом забезпечується за рахунок того, що пояси вигибаються й відстань між вузлами на нижньому поясі робиться менше, ніж на верхньому. Конкретні розміри конструктивних елементів, скоси аркушів у балках, довжини панелей і

розкосів у фермах обчислюються з геометричних побудов. Схема пристрою будівельного підйому приводиться на аркуші, де зображена головна балка.



Мал.3.11. Схема будівельного піднімання прогінної будови козлового крана

Козловий кран. Методичний і довідковий матеріал з розрахунку даної конструкції представлений у книгах ([1], гл.2,4,13; [5], гл.11; [11], с. 439-

450), крім того корисний матеріал наведений у книзі [2]. Для визначення вагових характеристик варто використовувати табл.2.2, а також рекомендації для мостових кранів і вказівки ([1], с. 223-224; [11], с.443, 448).

База козлового крана призначається з умов обмеження перекосу по рекомендаціях ([5], с.358) і перевіряється за умовою стійкості по навантаженнях комбінації Пв ([6], с. 369-370; [11], с. 191-192) (В [11] с.191, другий абзац зверху, допущена помилка у формулі, варто читати

$$M_o = M_B + M_T \leq M_y / 1,25 .$$

У кранах з консолями конструкція ніг повинна забезпечувати безперешкодний прохід вантажу на консолі ([2], с. 15-16). Ноги козлового крана розраховуються по рекомендаціях ([5], с. 364-368) по навантаженнях комбінації Пв і Пс ([5], с.365; 11, с.444). Варто мати через, що в табл. III.2.3 [11] у графах Іс і Пс у першому рядку допущена помилка, замість $n_1 k'_T G_1$ і $n_1 k_T G_1$ треба в обох випадках читати $n_1 G_1$. Крім того треба пам'ятати, що коефіцієнт поштовхів для комбінацій Ів і Пв перебуває по швидкості пересування крана, а для Іс і Пс по швидкості пересування візка ([11], с.69).

Рекомендації із пристрою будівельного підйому в пролітних будовах козлових кранів ті ж, що й для мостових (див. п.3.5.1). Для кранів з консолями будівельний підйом виконується за схемою, наведеної на мал. 3.11. Лінія будівельного підйому повинна бути досить плавною. Стрілки підйому на консолях

$$h_1 = - f_{1,k} - 0,5 f_{1,T,G}; \quad h_2 = - f_{2,k} - 0,5 f_{2,T,G},$$

де $f_{1,k}, f_{2,k}$ - прогини консолей від власної ваги; $f_{1,T,G}, f_{2,T,G}$ - прогини консолей від ваги візка з номінальним вантажем при розташуванні її на кінці консолі. Знаки (-) пов'язані з тим, що вісь у спрямована нагору, тому прогини негативні, а будівельний підйом позитивний.

Консольний кран. Металева конструкція цього крана може бути виконана у ферменному або балковому варіанті. Вага візка для такого крана визначається також, як для мостового. Вага крана перебуває по вказівках табл.2.2. Через брак більше точних даних розподіл ваг по елементах крана доводиться робити приблизно.

Таблиця навантажень для цього крана в основному та ж, що й для мостового. Для розрахунку кожного елемента конструкції варто визначати, при якому положенні візка в ньому з'являються максимальні розрахункові зусилля, і по якій комбінації варто визначати діючі навантаження.

3.4.2. Стрілові крани

Велосипедний кран. Металева конструкція цього крана може бути виконана у вигляді ферменної або листової. Другий варіант більш технологічний. До складу графічної частини проекту за вказівкою керівника можуть бути включені креслення поворотної частини, нижньої ходової балки й колони.

Таблиця навантажень для велосипедного крану (табл. 3.1) включає три комбінації навантажень. Комбінація «*a*» відповідає відриву вантажу від фундаменту або гальмуванню його на спуск, «*b*» - розгону (гальмуванню) механізму пересування, а комбінації «*c*» - розгону (гальмуванню) механізму повороту. Вагові параметри крана знаходяться по табл. 2.2. Розподіл сумарної ваги крана по елементах робиться приблизно. Значення коефіцієнтів поштовхів і інерційних сил визначаються по рекомендаціях ([5], с. 61-64; [11], с. 69-70). Кут відповідає відхиленню канату при косому підйомі й береться рівним 6° .

Для розрахунку будь-якого елемента конструкції на міцність варто вибрати таку комбінацію навантажень, розташування стріли щодо кранового шляху й напрямку вітру (якщо кран працює на відкритому повітрі), при яких у розраховуємого перерізі виникають найбільші згинальні моменти. Так, проектувальний розрахунок стріли варто робити по комбінації Pa і її положення в цьому випадку значення не має. Перевірочний розрахунок стріли робиться по комбінації Pb при положенні стріли поперек шляху або по комбінації Pc , залежно від того, яка сила більше $P_{ип}$ або $P_{ив}$ (див. табл. 3.1). Розрахунок колони варто виконувати по комбінації Pa при положенні стріли уздовж шляху, тому що в цьому випадку виключається з роботи верхні ролики. Розрахунки нижньої ходової балки проводять по комбінації Pa при положенні стріли як уздовж, так і поперек шляху.

При проектуванні протываги необхідно визначити його обсяг. Протываги виготовляють із бетону (щільність $2200 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$), або чавуну (щільність 7000 кг/м^3). Бетон дешевше, але протывага виходить більше громіздкий. Для зручності монтажу протываги збирають із окремих блоків. Кріплення протываги повинне забезпечувати сприйняття вагових і горизонтальних інерційних навантажень.

**Таблиця навантажень для розрахунку металевій конструкції
велосипедного крану**

Навантаження	I розрахунковий випадок			II розрахунковий випадок		
	Комбінації навантажень					
	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc
Вага поворотної частини	$G_{пч}$	$k_{т1} G_{пч}$	$G_{пч}$	$G_{пч}$	$k_{т2} G_{пч}$	$G_{пч}$
Вага неповоротної частини	$G_{нп}$	$k_{т1} G_{нп}$	$G_{нп}$	$G_{нп}$	$k_{т2} G_{нп}$	$G_{нп}$
Вага вантажу	$\psi_1 Q g$	$k_{т1} Q g$	$Q g$	$\psi_2 Q g$	$k_{т2} Q g$	$Q g$
Сили інерції дотичні	-	$0,5 P_{нп}$	$0,5 P_{ив}$	-	$P_{нп}$	$P_{ив}$
Сили інерції відцентрові	-	-	$0,5 F_{ив}$	-	-	$F_{ив}$
Відхилення каната	-	-	-	$\alpha_{кп}$	-	-
Вітрове навантаження	-	-	-	P_B	P_B	P_B

Кран на колоні з візком. При розробці поворотної частини крана варто враховувати розміщення механізму обертання. Якщо він установлений зверху, на поворотній частині, то необхідно забезпечити розміщення відкритого зубчастого колеса на колоні між стінками вежі та взаємодію цього колеса із шестірнею механізму. При розміщенні механізму обертання внизу, на нерухомому фундаменті, варто звернути увагу на компоновку нижньої опори крана, де закріплюються ролики й зубчасте колесо. Цей вузол повинен бути досить твердим і пристосованим для складання й розбирання. Для регулювання зазорів ролики встановлюються на ексцентричних вісях. При проектуванні вузла установки противаги варто керуватися рекомендаціями з розділу «велосипедний кран». Таблицю навантажень для крана на колоні можна будувати за зразком (табл. 3.1), виключивши з її комбінацію "b". Рекомендації з розрахунку фундаментної плити можна знайти в ([2], с. 464-466; [5], с. 290-291). Інші рекомендації дані в розділі «велосипедний кран».

Настінний поворотний кран. Вага крана цього типу перебуває по вказівках табл. 2.2. Таблиця навантажень для кранів даного типу відповідає структурі табл. 3.1, з якого варто виключити комбінацію "b". При цьому комбінація "c" відповідає розгону-гальмуванню механізму обертання. При проектуванні конструкції варто звертати увагу на те, щоб канати механізмів підйому й пересування на зачіпали за стрижні, елементи механізмів і один одного.

4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

4.1. Загальні положення

Умови експлуатації машини визначають технічні вимоги, пропоновані як до цілої машини, так і до окремих її елементів. Відповідність цим вимогам характеризує якість машини. Одним з основних показників якості є технологічність, тобто властивість, обумовлена оптимальністю витрат на виготовлення машини і її експлуатацію. Технологічність об'єктів машинобудування поряд з іншими властивостями визначається пристосованістю до складання й розбирання. Це властивість у значній мірі характеризує якість проектування й повинне забезпечуватися при виборі відповідних конструктивних рішень.

Машина, як і будь-який складний виріб, складається з вузлів і окремих деталей. У процесі їхнього проектування необхідно передбачити крім основних призначень вузлів і деталей (передача зусиль і моментів, ущільнення, контроль параметрів і т.п.) можливість складання, монтажу, зручність обслуговування при експлуатації. Розробка технології складальних робіт дозволяє проаналізувати якість проектування окремих деталей, вузлів і всієї машини в цілому. Виявлені при цьому недоліки повинні бути усунуті на стадії проектування.

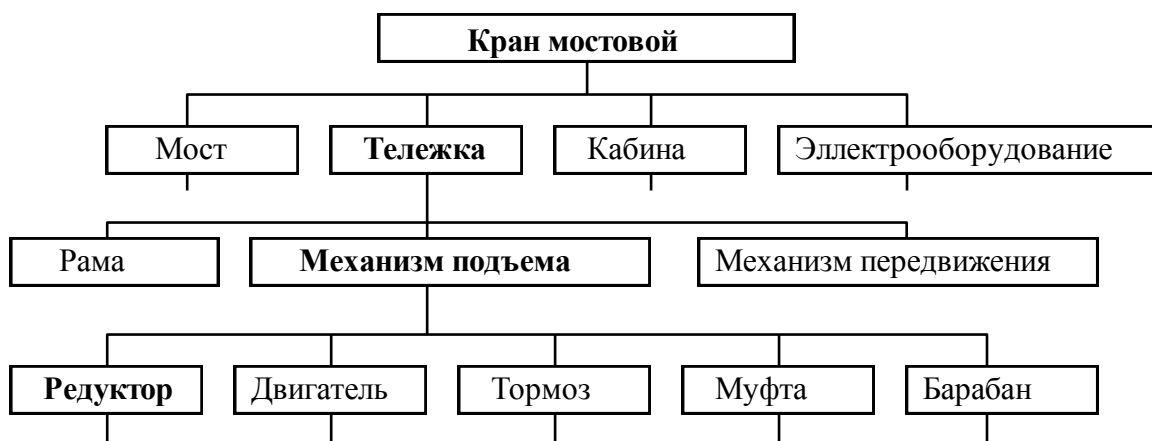
На виробництві технологія складання розробляється при підготовці до випуску нових виробів, а також при проведенні ремонтних і інших експлуатаційних робіт, пов'язаних із частковим або повним розбиранням машини. При виконанні випускної роботи бакалавра студент за завданням консультанта відповідного розділу (або керівника) розробляє технологію складання одного з механізмів або вузлів крана. Об'єктом розробки можуть бути механізми підйому, пересування крана або візка, повороту, зміни вильоту, а також окремі вузли, наприклад, візок крана з канатною тягою. Цей розділ роботи приводиться в пояснювальній записці й містить у собі частини: 1) підготовка вихідних даних; 2) опис технології складання; 3) розробка технологічної схеми складання; 4) контроль якості виконання складальних робіт. Незалежно від порядку виконання робіт з даного розділу в пояснювальній записці дані частини бажано приводити в зазначеному порядку.

4.2. Підготовка вихідних даних

Вихідними даними для розробки технології складання є креслення механізму або вузла проектованої машини, а також характеристика виробництва, на якому планується виготовлення машини. Тип виробництва (індивідуальний, дрібносерійний або масове) і тип складального процесу

(потоківий, не потоківий), а також метод виконання складальних робіт і їхня послідовність визначаються студентом самостійно або разом з консультантом.

Перед початком розробки технології складання заданий механізм або вузол розбивається на складові елементи. Розбивка здійснюється шляхом побудови структурної схеми виробу (мал. 4.1) з урахуванням технологічних завдань (складання вузла в тім або іншому підрозділі виробництва). Сам механізм або вузол, що входить безпосередньо у виріб, називається групою, як наприклад, «візок» стосовно «крана мостовому» (мал. 4.1). Вузол, що входить безпосередньо в групу, - підгрупою 1-го порядку, наприклад, «механізм підйому»; вузол, що входить безпосередньо в підгрупу 1-го порядку, - підгрупою 2-го порядку, наприклад, «гальмо», і т.д. Кожна підгрупа може складатися або з окремих деталей, або з підгруп нижчих порядків і деталей. Підгрупа останнього порядку для даного виробу буде складатися тільки з окремих деталей.



Мал.4.1. Структурна схема виробу

При створенні конструкторської документації кожна підгрупа розглядається як складальна одиниця й на неї розробляється своя специфікація. При виконанні випускної роботи необхідно скласти специфікацію на той вузол, що піддається технологічному проробленню. Вона виконується за загальними правилами ЕСКД і включається в пояснювальну записку як додаток.

При розбивці вузла на підгрупи й деталі виробляється індексація елементів, тобто присвоєння їм номерів відповідно до конструкторської документації - специфікацією. При цьому вузли позначають літерами «сб» (складання) із присвоєнням кожному вузлу номера базової деталі, що входить у нього, що проставляється перед літерним позначенням «сб». Наприклад, група з базовою деталлю № 3 позначається «3сб».

4.3.Опис технології

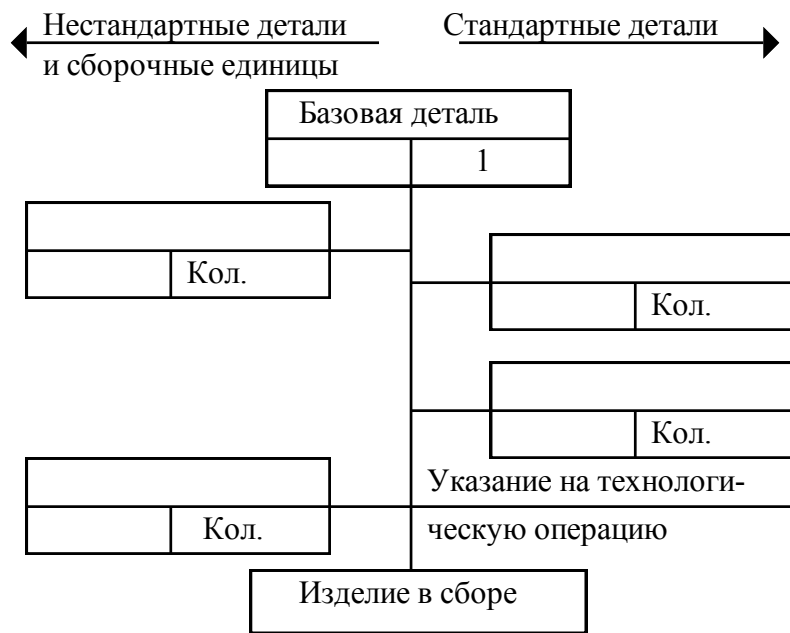
На даному етапі роботи виконується опис технології складальних робіт у послідовності, що відповідає технологічній схемі, і із вказівкою привласнених у

процесі розчленовування номерів деталей і вузлів. При цьому обов'язково даються вказівки на наявні особливості технологічного процесу при складанні окремих деталей і вузлів. Наприклад, для забезпечення деяких посадок відповідно до конструкторської документації вказується технологічна операція складання «напресувати», для створення нероз'ємного звареного з'єднання - «приварити» і т.п. Інформація про такі операції може бути отримана студентом з довідкової літератури ([7], гл.3).

4.4. Побудова технологічних схем складання

На підставі структурної схеми виробу будуються технологічні схеми послідовності складальних процесів. Першою ланкою схеми є базовий елемент, вибір якого залежить від конструкції вузла, особливостей виробництва, маси елементів, що збираються, і т.д. Базовим елементом називається деталь або складальна одиниця, з якої починається складання виробу або вузла. Базовою підгрупою будь-якого порядку називають основну підгрупу, з якої починається складання підгрупи вищого порядку. Базовою групою називають основну групу, з якої починається складання виробу. Наприклад, на структурній схемі візка мостового крана (мал. 4.1) базовою підгрупою є «рама візка». На ній установлюються всі механізми й інші елементи.

При складанні технологічних схем складання на аркуші паперу наноситься вертикальна лінія, що символізує основний напрямок процесу складання (зверху донизу). Зверху до цієї лінії примикає своєю більшою стороною прямокутник, що позначає базову деталь або базову підгрупу. Унизу лінія закінчується також прямокутником, що позначає зібраний виріб. Ліворуч і праворуч від лінії по напрямку ходу складання в прямокутних рамках вказуються всі деталі й складальні одиниці, що входять безпосередньо в збирається вироб, що, за винятком базової для даного виробу. Кожний прямокутник (за винятком останнього, що позначає зібраний виріб) ділиться на три частини (мал. 4.2). У верхній більшій частині вказується найменування

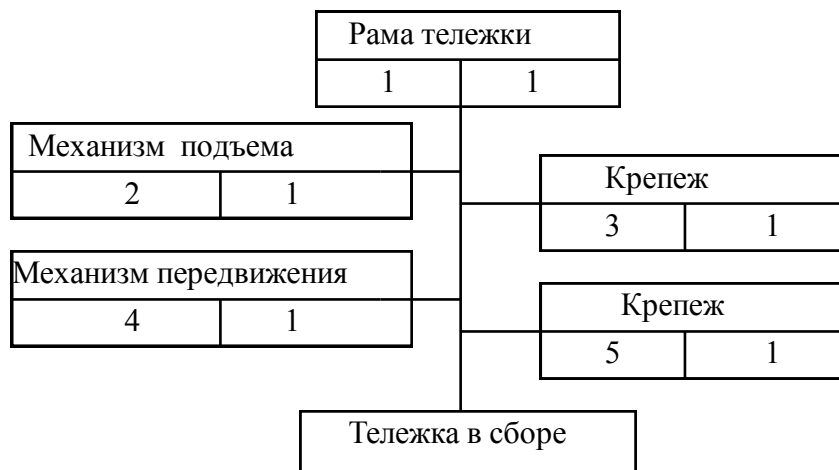


Мал.4.2. Загальний вид технологічної схеми складання

деталі, у нижньої лівої - номер відповідно до розбивки виробу, у правій - кількість деталей. Для запобігання зайвої громіздкості технологічних схем складних виробів становлять укрупнені схеми, що включають групи й підгрупи вищого порядку. Потім для кожної групи або підгрупи формується спеціальна схема складання. Приклад оформлення технологічної схеми складання представлений на мал. 4.3.

4.5. Контроль якості виконання складальних робіт

Складання будь-якого виробу повинна виконуватися таким чином, щоб виріб відповідав вимогам конструкторської документації й технічних умов. З метою перевірки якості складання на останньому етапі технологічного пророблення виробу встановлюються параметри виробу, які необхідно проконтролювати, і методи контролю. При необхідності повинні бути представлені схема, прилади й пристосування контролю відповідно до рекомендацій ([7], гл.3) або авторські.



Мал.4.3. Технологічна схема складання візка

При контролі якості виконання складальних робіт у першу чергу візуально перевіряється наявність всіх деталей відповідно до креслень, правильність їхньої установки (місце, орієнтація й т.д.). Потім контролюються розміри, забезпечувані при складанні. Далі

перевіряється виконання спеціальних технічних вимог. Приклади контролю якості складання типових вузлів підйомно-транспортних машин наведені в літературі ([7], гл.3). Останнім етапом контролю є перевірка загальної працездатності виробу - можливість обертання, поступального руху, рівень шуму й т.д.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Позначення документів

Всі креслення, специфікації, вхідні у курсовий проект документи повинні мати своє позначення (наприклад, ДДМА.ПТМ.КП.01.00.00.00СК, ДДМА.ПТМ.КП.01.00.00.00ПЗ). Окремі розділи позначення відділяються друг від друга крапкою. Наприкінці позначення пояснювальної записки ставляться дві прописні букви - ПЗ.

Оформлення специфікації

Курсовий проект повинен супроводжуватися *Специфікацією роботи*, у якій перераховані всі вхідні в неї матеріали з відповідними позначеннями й найменуваннями. Специфікація роботи при оформленні курсового проекту підшивається в записку. Вона є самостійним документом і не враховується при нумерації сторінок.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	2
2. ПРОЕКТУВАННЯ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ	4
2.1. Компонування механізмів	4
2.2. Послідовність розрахунку на стадії компонування	5
2.3. Особливості проектування механізмів кранів різних типів	9
2.3.1. Крани мостового типу	9
2.3.2. Крани стрілового типу	13
3. ПРОЕКТУВАННЯ НЕСУЧОЇ МЕТАЛЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ	16
3.1. Загальні вимоги та послідовність проектування	16
3.2. Рекомендації із проектування конструкції	17
3.2.1. Статична схема та тип конструкції	17
3.2.2. Таблиця навантажень	17
3.2.3. Вибір геометричних параметрів статичної схеми	19
3.2.4. Вибір матеріалу	19
3.2.5. Компонування основних перетинів	19
3.2.6. Перевірка статичної твердості металевої конструкції	21
3.2.7. Забезпечення загальної стійкості балок, що згинаються	21
3.2.8. Забезпечення місцевої стійкості елементів балок	21
3.2.9. Загальне компонування конструкції	22
3.2.10. Розрахунок на опір втоми	23
3.2.11. Перевірка їздових балок на міцність і опір втоми в зоні місцевого тиску коліс візка	23
3.2.12. Проектування вузлів ферм	26
3.2.13. Проектування шарнірних вузлів	26
3.2.14. Розміщення та проектування монтажних стиків	27
3.2.15. Будова галерей, площадок, сходів і кабін	28
3.3. Технічні вимоги до металевих конструкцій кранів	29
3.4. Особливості проектування металевих конструкцій кранів різних типів	31
3.4.1. Крани мостового типу	31
3.4.2. Стрілові крани	33
4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ	35
4.1. Загальні положення	35
4.3.Опис технології	36
4.4. Побудова технологічних схем складання	37
4.5. Контроль якості виконання складальних робіт	38
Додаток. Правила оформлення випускної роботи	45
Список літератури	47