**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України**

**Донбаська державна машинобудівна академія**

**Методичні вказівки  
до виконання контрольної роботи**

**з дисципліни  
«Проектування металевих конструкції»**

**для студентів спеціальності 6.05050308**

(заочної форми навчання)

|  |
| --- |
| Методичні вказівки рекомендовано до подальшого використання в учбовому процесі.  Протокол метод. ради ІЕФ  №10 від 04.06.12 р. |

**Краматорськ 2011**УДК 621.87

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Будівельна механіка і металеві конструкції ПТБіДМ» для студентів спеціальності 6.05050308/Уклад.: В.О.Койнаш. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – 56с.

Наведено завдання та методичні вказівки для самостійного виконання контрольної роботи з дисципліни Проектування металоконструкції

Укладачі: В.О.Койнаш

Відповідальний за випуск В.Г.Крупко, доц.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 4](#_Toc340585866)

[2 ЗАВДАННЯ №1 . ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМ 4](#_Toc340585867)

[2.1 ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМ 6](#_Toc340585868)

[2.1.1 Загальна послідовність дій при проектуванні ферм 6](#_Toc340585869)

[2.1.2 Визначення геометричної схеми ферми 7](#_Toc340585870)

[2.1.3 Вибір генеральних розмірів ферми 7](#_Toc340585871)

[2.1.4 Вибір числа й довжини панелей 7](#_Toc340585872)

[2.1.5 Визначення зусиль у стрижнях 8](#_Toc340585873)

[2.1.6 Підбір перетину стрижнів 8](#_Toc340585874)

[2.1.7 Конструювання поперечних перерізів стрижнів 9](#_Toc340585875)

[2.1.8 Особливості конструктивного виконання здвоєних стрижнів 11](#_Toc340585876)

[2.2 Проектування вузлів ферм 11](#_Toc340585877)

[2.2.1 Загальні вимоги до вузлів ферм 11](#_Toc340585878)

[2.2.2 Конструктивне виконання вузлів 13](#_Toc340585879)

[2.2.3 Конструювання вузлових фасонок 14](#_Toc340585880)

[2.2.4 Виконання перевірочних розрахунків 15](#_Toc340585881)

[2 ЗАВДАННЯ №2. ВИБІР ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОСТОВОГО КРАНА Й ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ 16](#_Toc340585882)

[2.1 Етапи розрахунку 18](#_Toc340585883)

[2.1.1 Обґрунтування загальної схеми металоконструкції 18](#_Toc340585884)

[2.1.2 Визначення основних конструкційних параметрів крана 18](#_Toc340585885)

[2.1.3 Вибір методу розрахунку 24](#_Toc340585886)

[2.1.4 Вибір матеріалу для несучих і допоміжних елементів, визначення припустимих розрахункових опорів і напруг 25](#_Toc340585887)

[2.2 Визначення внутрішніх силових факторів 33](#_Toc340585888)

[2.3 Розрахунок розмірів поперечного переріза головної балки 36](#_Toc340585889)

[ЛІТЕРАТУРА 41](#_Toc340585890)

ВСТУП

Дисципліна «Проектування металевих конструкцій ПТБіДМ» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін і вивчає методи розрахунку та проектування металевих конструкцій, які застосовуються в підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх та меліоративних машинах (ПТБ і ДМ). У цих машинах металева конструкція складає кістяк машини, на якому змонтовано механізми, тому для майбутніх фахівців спеціальності 5.05050308 «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини й обладнання» (ПТБ і ДМ) ця дисципліна є однією з найважливіших. Вона базується на знаннях, отриманих студентами при вивчанні дисциплін загальноосвітнього та загально-інженерного циклу, таких як: вища математика, фізика, теоретична механіка, опір матеріалів, технологія конструкційних матеріалів, деталі машин та дисципліни спеціального напрямку – вантажопідйомні машини. У свою чергу знання даної дисципліни застосовуються і подалі при вивчанні дисциплін спеціального циклу, а також при курсовому й дипломному проектуванні.

Студент заочної форми навчання виконує контрольну роботу, яка складається з двох задач: проектування вузлів ферм та розрахунок основних геометричних параметрів головних балок мостових кранів листового виконання.

2 ЗАВДАННЯ №1 . ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМ

Вихідні дані, розрахункова схема й навантаження на стрижні беруться із таблиць 1,2. Слід відмітити, що при виконанні контрольної роботи з дисципліни Основи будівельної механіки (ОБМ), як схему ферми, так і розрахункові зусилля можна брати з першого завдання контрольної роботи ОБМ , в іншому випадку, зусилля на стрижні слід розрахувати.

Таблиця 1 – Схеми ферм

|  |  |
| --- | --- |
| Схема 2 | Схема 2 |
| Схема 3 | Схема 4 |
| Схема 5 | Схема 6 |
| Схема 7 | Схема 8 |

Таблиця 2 – Варіанти індивідуальних завдань

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| **№ схеми** | 5 | 8 | 2 | 5 | | 7 | 3 | 3 | 4 | 1 | 8 | 2 | 3 | 5 |
| ***Р*, кН** | 10 | 35 | 40 | 50 | | 30 | 22 | 32 | 25 | 40 | 20 | 42 | 40 | 12 |
| ***d*, м** | 2,5 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | | 2,5 | 2,1 | 3,0 | 3,5 | 2,0 | 3,0 | 1,8 | 1,5 | 2,0 |
| **Номери стрижнів** | 2-4  2-5  3-5 | 2-4  2-3  1-3 | 1-3  2-3  2-4 | 1-2  2-3  3-5 | | 3-5  3-6  4-6 | 1-3  2-3  2-4 | 2-4  3-4  1-2 | 1-2  1-3  2-3 | 1-3  1-2  2-3 | 4-6  4-5  3-5 | 1-3  1-2  2-3 | 2-4  3-4  3-5 | 5-7  4-5  2-4 |
| **Номер вузла** | 2 | 4 | 5 | 7 | | 11 | 8 | 3 | 6 | 5 | 3 | 6 | 8 | 7 |
| **Варіант** | 14 | 15 | 16 | | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| **№ схеми** | 8 | 4 | 7 | | 1 | 2 | 5 | 7 | 2 | 4 | 1 | 3 | 6 | 5 |
| ***Р*, кН** | 16 | 32 | 50 | | 20 | 45 | 10 | 20 | 25 | 40 | 30 | 5 | 20 | 15 |
| ***d*, м** | 2,0 | 1,5 | 1,4 | | 1 | 3,5 | 3,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,6 | 2,5 | 2,0 | 1,2 |
| **Номери стрижнів** | 6-5  6-7  6-8 | 2-4  3-4  3-5 | 5-7  6-7  6-8 | | 2-4  3-4  3-5 | 1-3  1-2  3-4 | 4-6  4-7  6-7 | 7-10  7-9  8-10 | 2-4  3-4  3-5 | 6-8  6-7  5-7 | 3-5  4-5  4-6 | 4-6  5-6  5-4 | 1-1  1-3  1-2 | 4-6  6-8  6-7 |
| **Номер вузла** | 4 | 10 | 10 | | 4 | 5 | 8 | 11 | 4 | 12 | 11 | 4 | 5 | 5 |
| **Варіант** | 27 | 28 | 29 | | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| **№ схеми** | 8 | 4 | 7 | | 1 | 2 | 5 | 7 | 2 | 4 | 1 | 3 | 6 | 5 |
| ***Р*, кН** | 25 | 32 | 50 | | 20 | 45 | 10 | 20 | 25 | 40 | 30 | 5 | 20 | 15 |
| ***d*, м** | 1,0 | 1,5 | 1,4 | | 1 | 3,5 | 3,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,6 | 2,5 | 2,0 | 1,2 |
| **Номери стрижнів** | 6-5  6-7  6-8 | 2-4  3-4  3-5 | 5-7  6-7  6-8 | | 2-4  3-4  3-5 | 1-3  1-2  3-4 | 4-6  4-7  6-7 | 7-10  7-9  8-10 | 2-4  3-4  3-5 | 6-8  6-7  5-7 | 3-5  4-5  4-6 | 4-6  5-6  5-4 | 1-1  1-3  1-2 | 4-6  6-8  6-7 |
| **Номер вузла** | 4 | 5 | 7 | | 4 | 4 | 6 | 8 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 8 |

**Завдання**:

1 Для будь-якого вузла, що містить не менш трьох стрижнів, підібрати номера прокатних елементів. Для всіх стрижнів прийняти наступний профіль поперечного перерізу:

Парні варіанти – спарені швелера (рис 1, а)

Непарні варіанти – неравнобічні куточки (рис. 1, б)

 

а) б)

Рисунок 1 – Профілі поперечного перерізу стрижнів

2 Розрахувати зварні шви з'єднання стійок і розкосів.

3 Вичертити в масштабі конструктивне оформлення вузла

2.1 ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМ

2.1.1 Загальна послідовність дій при проектуванні ферм

Практикою проектування ферм рекомендуються наступні основні етапи:

1 Розробка геометричної схеми ферми.

2 Визначення генеральних розмірів і основних конструктивних параметрів ферм.

3 Визначення зусиль у стрижнях ферми.

4 Підбор і конструювання перетинів стрижнів ферми.

5 Конструювання вузлів (місць з'єднань кінців стрижнів).

6 Виконання перевірочних розрахунків і коректування спочатку прийнятих розмірів перетинів стрижнів.

2.1.2 Визначення геометричної схеми ферми

Тип ґрат і обрис поясів призначаються з урахуванням двох основних факторів:

1 Зусилля по стрижнях ферми повинні бути розподілені як можна рівномірно.

2 Ферма повинна містити мінімум стислих стрижнів.

2.1.3 Вибір генеральних розмірів ферми

Довжина ферми, як правило, визначається конструкцією машини: проліт, виліт або довжина стріли.

Тип ґрат вибирається з такого розрахунку, щоб було якнайменше стислих стрижнів.

Висота ферми балкового типу приймається рівної:

,

з умови мінімальної маси ферми. Дослідження показують, що зі збільшенням висоти ферми зменшується зусилля в поясах, але зростають у розкосах, а тому з ростом висоти маса поясів зменшується, а маса розкосів зростає. І, навпаки, зі зменшенням висоти зростає маса поясів і зменшується маса розкосів. Із цієї причини існує деяка оптимальна висота, при якій маса ферми мінімальна.



Рисунок 2.1 - Вибір оптимальної висоти ферми

Для консольних ферм висоту опорного перетину вибирають зі співвідношення:

.

2.1.4 Вибір числа й довжини панелей

Число панелей і їхня довжина призначаються з урахуванням двох вимог:

1 Число панелей завжди повинне бути парним.

2 Довжина панелей повинна бути такий, щоб кут нахилу розкосів повинен бути дорівнює або близький к.

Тому спочатку довжину панелі приймають рівній висоті ферми:

,

і визначають у першому наближенні число панелей:

.

Це число округляють до парного. Після цього заново визначають довжину панелей. При цьому середні панелі повинні бути однаковими і їхньою довжиною округляється до кращих чисел (0 або 5), а коректування відповідно до довжини прольоту виконується за рахунок довжин крайніх панелей.

.

Після цього етапу вичерчують остаточну однолінійну геометричну схему ферми з усіма основними розмірами.

2.1.5 Визначення зусиль у стрижнях

Зусилля в стрижнях ферми визначаються раніше розглянутими нами методами будівельної механіки. При наявності рухомого навантаження обов'язково використовується метод лінії впливу. Кінцевою метою розрахунку зусилля є визначення максимального зусилля для кожного типу стрижнів (верхнього, нижнього пояса, розкосів і стійок).

2.1.6 Підбір перетину стрижнів

Насамперед, визначають необхідні площі перетинів кожного типу стрижнів по формулах:

 – метод граничних станів;

 – метод допустимих напружень,

де *Ni* – розрахункове зусилля у стрижні;

 - допустимі напруження;

 - коефіцієнт поздовжнього вигину;

*m0* – коефіцієнт умови роботи;

*RP* - розрахунковий опір матеріалу стрижня.

Коефіцієнт поздовжнього вигину - , визначається за таблицею залежно від гнучкості стрижня .

Гнучкість стрижня  визначається як відношення наведеної довжини стрижня до мінімального радіуса поперечного переріза стрижня, де  - коефіцієнт, що враховує закріплення кінців стрижнів, у запас надійності розрахунку можна прийняти =1:

,

де *μ*=1 - як для шарнірного закріплення;

*l* - фактична довжина стрижня, тобто відстань між центрами вузлів, які з'єднують стрижні;

*rmin* – мінімальний радіус інерції перетину стрижня. Він визначається по формулі:

.

Таким чином, для визначення радіуса інерції необхідно знати мінімальний момент інерції й площа перетину, які на даному етапі не можуть бути визначені через відсутність розмірів елементів перетину. З положення, що створилося, виходять шляхом прийняття первісної гнучкості стрижня рівної граничної припустимої, котра визначається по таблиці.

*Таблиця 2.1 – Таблиця граничної гнучкості стрижнів ферм:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Типи стрижнів | Стислі | Розтягнуті |
| Пояса головних ферм | 120 | 150 |
| Одиночні стрижневі конструкції | 120...…150 | 150...…180 |
| Ґрати головних ферм і пояса допоміжних | 150 | 200...…250 |
| Інші стрижні | 200...…250 | 250...…350 |

2.1.7 Конструювання поперечних перерізів стрижнів

Насамперед, необхідно визначитися з формою поперечного переріза для кожного типу стрижнів (поясів, розкосів, стійок). Якщо виходити з оптимального використання металу стрижня, то найбільш раціональним є трубчастий перетин. Це обумовлено рівністю моменту інерції в трубчастого перетину щодо будь-якої осі, що проходить через центр ваги. Однак труба має 2 недоліки:

1 Труби в основному виготовляються зі сталі 20.

2 Необхідність спеціальної обробки кінців стрижнів для з'єднання у вузлах.

Одиночні профілі (крім труби) у навантажених фермах застосовувати не слід, тому що в них неможливо забезпечити додаток навантаження строго по нейтральності стрижня, тобто будемо мати завжди позацентрове розтягання - стиску. Тому для стрижнів навантажених ферм застосовують тільки здвоєні прокатні профілі.

Для поясних стрижнів рекомендуються такі форми поперечних перерізів:

для верхнього поясу:



для нижнього поясу:



для розкосів і стійок рекомендується труба, здвоєні швелери, здвоєні куточки:



2.1.8 Особливості конструктивного виконання здвоєних стрижнів

Для забезпечення спільної роботи двох профілів, які входять в один перетин, їх з'єднують між собою за допомогою додаткових спеціальних вставок (перемичок).



*Рисунок 2.2 - З'єднання двох профілів сполучними планками*

Розміри перемичок вибираються в цілому з конструктивних співвідношень, однак виступаюча частина (розмір с) повинна бути на 3 - 4мм більше катети шва. Товщину перемичок варто приймати рівній або близькій товщині полиці профілю. Відстань між планками призначається з наступних співвідношень:

 - для стислих стрижнів;

 - для розтягнутих стрижнів,

де r - мінімальний радіус інерції одного профілю щодо власної осі.

2.2 Проектування вузлів ферм

2.2.1 Загальні вимоги до вузлів ферм

Під вузлами тут розуміються місця з'єднання поясних стрижнів зі стрижнями ґрат. Практика проектування й експлуатації зварених ферм показує, що вузли повинні відповідати таким вимогам:

1 Вимога центрування стрижнів. Нейтральні осі стрижнів, що сходяться у вузлі, повинні перетинатися в одній точці.



*а) б)*

*Рисунок 2.3 - Центрування стрижнів: а) - правильна, б) - не правильна*

2 Не допускається скупченість зварених швів у вузлі щоб уникнути шкідливого впливу зварювання. Тому мінімальна відстань між звареними вузлами у вузлі повинне бути не менш 40 - 50мм.



*Рисунок 2.4 – Мінімальна відстань між звареними швами*

3 Нейтральні осі стрижнів повинні збігатися з лініями центра ваги зварених швів, за допомогою яких ці стрижні прикріплені.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| а) | б) |
| *Рисунок 2.5 – Розташування нейтральних осей: а) – не правильне; б - правильне* | |

У випадку на мал. 2.5 а) виникає додатковий згинальний момент, що діє на вузол . Щоб уникнути цього куточки приварюють звареними швами різної довжини з боку обушка й пера. Ексцентриситет , якщо виконується співвідношення

.

Наприклад, для рівнобоких куточків довжини зварених швів визначаються з умов

,

.

2.2.2 Конструктивне виконання вузлів

Конструктивно вузли можуть бути двох типів:

1) безфасоночні;

2) вузли на фасонках або вставках.

У безфасоночних вузлах стрижні ґрати приєднані до поясних стрижнів безпосередньо без усяких проміжних елементів.



*Рисунок 2.6 – - Приклад безфасоночного вузла*

Вузли такої конструкції відрізняються простотою, однак мають ряд недоліків, а саме:

1 У багатьох випадках, у таких вузлах неможливо забезпечити центрування стрижнів.

2 Важко виключити скупченість зварених швів.

3 При трубчастих стрижнях необхідно фасонна механічна обробка торців стрижнів, що приєднуються.

Внаслідок цих недоліків безфасоночні вузли, в основному, застосовуються в малонавантажених допоміжних фермах.

У вузлах на фасонках або вставках стрижні ґрати приєднуються до поясних стрижнів за допомогою проміжних елементів, фасонок або вставок. У таких вузлах легко забезпечити всі вимоги, пропоновані до вузлів ферм.



*Рисунок 2.7 - Приклад вузла на фасонках*

2.2.3 Конструювання вузлових фасонок

Форма фасонки повинна бути як можна простіше (прямокутник, трапеція). Довжина й висота фасонки призначається з умови розміщення потрібної довжини зварених швів, а також реалізації вимоги недопущення скупченості зварених швів (вимога забезпечення мінімальної відстані між звареними швами 40...50мм).

Товщина вузловий фасонки приймається за рекомендацією практики залежно від найбільшого зусилля в розкосі, що перебуває в даному вузлі, по таблиці.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Зусилля в розкосі, кН | До  200 | 200 - 500 | 500 - 750 | 750 - 1100 | 1100 - 1600 | 1600 – 2000 | Понад  2000 |
| Товщина  tp,мм | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |

Бічна крайка фасонки повинна бути нахилена до осі стрижня не менш чим 150. Для запобігання підгоряння крайок фасонки при зварюванні необхідно забезпечити довжину крайки не менш 15 мм (мал. 2.25)



*Рисунок 2.8 - Оформлення вузлових фасонок*

2.2.4 Виконання перевірочних розрахунків

Розтягнуті стрижні перевіряються на міцність по формулах:

 (метод граничних станів);

 (метод додаткових напруг)

де NP - розрахункове зусилля стрижня;

Nmax - максимальне зусилля в стрижні;

Fн.т. - площа перетину.

Стислі стрижні перевіряються на стійкість, якщо гнучкість стрижня:

, те перевірка ведеться по формулі Эйлера:

,

де l - довжина стрижня між двома центрами вузлів, що з'єднуються;

,

де r - радіус інерції:

.

Якщо гнучкість стрижня <100, то розрахунок ведеться шляхом введення коефіцієнта поздовжнього вигину ?, по формулах:

 (метод граничних станів);

 (метод додаткових напруг).

У цих формулах для визначення  обчислюються фактичні значення . Якщо виявиться, що  фактичне більше раніше прийнятого, то перетин залишають без коректування. Якщо фактичне значення виявилося менше раніше прийнятого, то умова перевірки може не виконуватися й для його виконання необхідно скорегувати перетин убік посилення.

Крім того, всі стрижні перевіряються по припустимій гнучкості:

,

де - приймається по таблиці.

2 ЗАВДАННЯ №2. ВИБІР ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОСТОВОГО КРАНА Й ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ

Приклад виконання наведено в МВ « До курсової роботи з дисципліни «Проектування металоконструкцій» для студентів спеціальності 6.05050308

*Таблиця 1 – Варіанти індивідуальних завдань*

| №  Вар. |  |  |  |  |  |  |  | Режим  рабо-ты | Место  уста-новки |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01  02  03  04  05  06  07  08  09  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35 | 5  100  63  16  20  32  7,2  25  10  5  200  8  250  12,5  160  20  80  6,3  50  150  40  320  100  25  125  72  16  50  75  6,3  100  12,5  320  5  20 | 16,5  19,5  34,5  27,5  27,5  22,5  17,5  17,5  22,5  42,5  34,5  22,5  32,5  16,5  30,5  16,5  21,5  40,5  36,5  20,5  20,5  16,5  22,5  27,5  19,5  18,5  14,5  22,5  16,5  22,5  19,5  20,5  17,5  22,5  32,5 | 0,25  0,16  0,23  0,35  0,25  0,12  0,13  0,22  0,13  0,18  0,21  0,17  0,27  0,16  0,11  0,30  0,075  0,06  0,20  0,14  0,15  0,09  0,12  0,26  0,10  0,18  0,40  0,18  0,30  0,22  0,10  0,11  0,06  0,14  0,25 | 1,50  1,20  1,42  2,06  2,10  1,30  1,20  1,70  1,30  1,60  0,53  1,35  0,52  1,30  0,80  1,20  1,40  1,10  1,35  0,90  0,60  0,45  0,90  1,20  0,60  0,90  1,10  1,70  2,10  1,35  0,80  1,60  0,53  0,90  2,10 | 0,75  0,60  0,71  1,00  1,05  0,65  0,60  0,85  0,65  0,80  0,38  0,66  0,33  0,65  0,40  0,20  0,50  0,90  0,65  0,40  0,30  0,10  0,30  0,60  0,30  0,20  0,40  1,35  1,05  1,20  0,40  0,80  0,38  0,45  1,05 | +40  +60  +60  +40  +40  +40  +20  +40  +20  +20  +60  +40  +20  +30  +60  +20  +60  +20  +20  +40  +20  +20  +20  +20  +40  +40  +30  +40  +20  +30  +20  +40  +40  +20  +20 | -20  0  -20  -40  -40  -20  -70  0  -20  -70  -20  -40  -5  -60  -5  0  -5  -70  -5  -5  -60  -5  -40  -5  0  -40  0  -20  -40  -40  -30  -10  -10  -20  -40 | 3К  7К  8К  2К  7К  4К  2К  3К  6К  7К  8К  3К  5К  1К  5К  4К  6К  3К  5К  8К  3К  2К  1К  6К  7К  2К  6К  3К  7К  8К  5К  4К  6К  7К  6К | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  18  9  17  14  23  16  18  1  2  19  11  8  14 |

Номер варіанта вибирається згідно списку групи в журналі. Якщо номер варіанта більше кількості завдань, вибір проводиться по круговий.

Завдання:

1 Обґрунтування загальної схеми металоконструкції, вибір основних конструктивних параметрів

2 Вибір методу розрахунків

3 Вибір матеріалів для несучих і допоміжних елементів, визначення розрахункових опорів, що й допускаються напруг

4 Визначення навантажень і їх розрахункових комбінацій

5 Вибір розрахункових схем і визначення внутрішніх силових факторів в елементах

6 Визначення розмірів несучих елементів металоконструкцій (проектувальний розрахунки)

2.1 Етапи розрахунку

2.1.1 Обґрунтування загальної схеми металоконструкції

Металеві конструкції кранів – це мости й рами візків. Міст вантажопідйомного крана загального призначення складається із пролітних і кінцевих балок коробчатого перетину.

Основними елементами мостового крана є головна й кінцева балки. Головна балка мостового крана приймає основне навантаження. На ній розташовані рейки, по яких пересувається вантажний візок. Оскільки на візок діє основне навантаження від ваги вантажу, головна балка є основним навантаженим елементом металоконструкції мостового крана, на ній розташовуються також оглядова площадка й кабіна машиніста.

На кінцевій балці кріпляться букси й ходові колеса. Вона виконує функцію опори головних балок.

Схема металоконструкції двобалкового мостового крана загального призначення показана на рисунку 3.1.





Рисунок 3.1 – Конструктивна схема двобалкового мосту вантажопідйомного крана

2.1.2 Визначення основних конструкційних параметрів крана

Під вибором основних конструктивних параметрів розуміється визначення основних орієнтовних розмірів металоконструкції, які призначаються за рекомендацією з досвіду попереднього проектування   
[1, с. 91...196; 2, с. 363...395; 3, с. 298...306; 4, с. 205...218].

Визначаємо базу крана

,

де Lк – проліт крана, .

Беремо базу крана .

Колія візка

.

Беремо .

Базу візка приймаємо виходячи із співвідношення

.

Беремо BТ = 4000 мм.

Висота перетину головної балки береться, виходячи із співвідношення



Береться .

Відстань між стінками беремо зі співвідношень:

; .

Беремо відстань між стінками b=0,7 м.

Товщину вертикальних листів головної й кінцевої балок беремо, виходячи з вантажопідйомності (табл. 4.3.): при , . При виборі товщини листа, її варто брати з можливих стандартних значень.

Товщину поясів головної балки беремо залежно від товщини вертикальних стінок



Беремо .

Висота перетину кінцевої балки



Беремо .

Ширина кінцевої балки



Беремо .

На кінцях головних балок для зручності їхнього приєднання до кінцевих балок, рекомендовано робити скоси, розмір яких рекомендують призначати, виходячи із співвідношення



У даному випадку приймаємо С = 2000 мм.

Схема мосту крана з попередньо визначеними конструкційними параметрами показана на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 – Схема мосту крану з попередньо визначеними конструктивними параметрами.

Визначимо геометричні характеристики перетину головної й кінцевої балок.

Момент інерції головної балки відносно осі *х-х:*



Момент інерції головної балки відносно осі *y-y:*



Момент опору перетину головної балки відносно осі *х-х:*

.

Момент опору перетину головної балки відносно осі *y-y:*

.

Площа поперечного перерізу головної балки в середині прольоту:



Момент інерції кінцевої балки відносно осі *х-х:*



Момент інерції кінцевої балки відносно осі *y-y:*



Момент опору перетину кінцевої балки відносно осі *х-х:*

.

Момент опору перетину кінцевої балки відносно осі *y-y:*

.

Площа поперечного перерізу кінцевої балки:



2.1.3 Вибір методу розрахунку

Одним з найважливіших етапів у проектуванні будь-якої машини є вибір методу розрахунків. Обраний метод повинен не тільки забезпечити міцність, надійність і безпеку експлуатації виробу, але й забезпечити мінімальну металоємність, а, отже, і вартість. Тепер, найбільш сучасним і прогресивним є метод граничних станів.

Переваги методу граничних станів над методом припустимих напруг:

1. Кожен вид навантаження вводиться зі своїм коефіцієнтом перевантаження, чим точніше визначено навантаження, тим менше цей коефіцієнт.
2. Виключається суб'єктивізм при виборі запасів міцності.
3. Дозволяє виконати імовірнісний розрахунок досягнення елементом граничного стану.

Розрізняють два види граничних станів: перший граничний стан – за несучою здатністю; другий граничний стан – за деформацією або місцевими ушкодженнями.

Завдання розрахунку металоконструкції за цим методом полягає в тому, щоб протягом всього терміну служби в ній не виникли ні перший, ані другий граничний стан.

Критеріальна умова відсутності граничного стану має вигляд

,

де N – розрахункове зусилля в елементі конструкції;

Ф – несуча здатність елемента.

Розрахункове зусилля визначається за формулою

,

де PНІ – нормативне навантаження, що діє на конструкцію;

nІ – коефіцієнт, що вводиться в розрахунок, перевантаження за I-го;

 – коефіцієнт передачі I-го нормативного навантаження на елемент, що розраховується.

Таким чином, розрахунок заздалегідь передбачає, що в реальному житті фактичне навантаження може перевищити нормативну, чим і забезпечується висока гарантія надійності.

Несуча здатність елемента визначається за формулою

,

де F – геометричний фактор перетину;

Rp – розрахунковий опір матеріалу конструкції;

– коефіцієнт умов роботи

,

де – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності конструкції;

– коефіцієнт, що враховує можливе зменшення геометричних характеристик порівняно з закладеними в розрахунок;

– коефіцієнт, що враховує неточність розрахункових схем.

Визначимо коефіцієнт умов роботи  для нашого випадку   
[8, с. 111].

 – руйнування з попереджувальною ознакою (відмова елемента викликає безпосередню погрозу для життя людини).

 при наявності гарантованих даних про фактичні значення допусків на профілі елементів.

 для коробчастих пролітних балок при розташуванні підвізочної рейки в середині балки.

.

2.1.4 Вибір матеріалу для несучих і допоміжних елементів, визначення припустимих розрахункових опорів і напруг

Металеві конструкції вантажопідйомних кранів виготовляють переважно з маловуглецевих і низьколегованих сталей, що поставляються у вигляді прокату різних типів.

Вибір марки сталі, для несучих елементів вантажопідйомних кранів, здійснюють залежно від температурних умов, у яких буде експлуатуватися кран, і режиму роботи.

У цьому випадку мінімальна температура, при якій буде експлуатуватися машина – , а режим роботи – важкий. Виходячи із цього, беремо сталь 15ХСНД за матеріал для несучих елементів. Для допоміжних елементів вибираємо сталь ВСТ3СП5

Переваги низьколегованих сталей:

1. Не втрачають пластичності при низьких температурах.
2. Характеристики міцності вище в 1,5-2 рази, ніж у маловуглецевих сталей, що дозволяє проектувати полегшені металоконструкції.
3. Краще за маловуглецеві протистоять корозії, що особливо важливо для кранів, що працюють в агресивних середовищах або на відкритому повітрі.

Однак цим сталям властиві недоліки:

1. Погано працюють на витривалість;
2. Гірше працюють на стійкість;
3. Дорожчі.

У нашім випадку при важкому режимі роботи доводиться вибирати для несучих елементів низьколеговану сталь, тому що передбачається, що кран буде працювати при . При такій температурі маловуглецеві стали втрачають пластичність і стають тендітними.

Призначення стали 15ХСНД – елементи зварених металоконструкцій і різні деталі, до яких висуваються вимоги підвищеної міцності й корозійної стійкості з обмеженням маси і які працюють при температурі від –70 до 45°С.

Зварюваність – зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС.

Вид поставок – сортовий прокат, у тому числі фасонний: ДСТ 19281-73, ДСТ 2590-71, ДСТ 2591-71, ДСТ 8239-72, ДСТ 8240-72, ДСТ 6713-75, ДСТ 535-79. Лист товстий ДСТ 19282-73, ДСТ 19903-74, ДСТ 6713-75, ДСТ 14637-79. Лист тонкий ДСТ 17066-80, ДСТ19903,ДСТ 19904-74. Смуга ДСТ103,ДСТ 82-70, ДСТ6713,ДСТ 14637-79. Кування і ковані заготівки ДСТ1133.

Фізико-механічні властивості й хімічний склад сталі 15ХСНД наведені в таблицях Б.4.1 і Б.4.2.

Таблиця 3.1 – Фізико-механічні властивості стали 15ХСНД

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Напружений стан основного металу | Розтягання, вигин |  | 290 |
| Зріз |  | 170 |
| Зминання торцевої поверхні (при наявності пригону) |  | 430 |
| Зминання місцеве – у циліндричних шарнірах при щільному торканні |  | 250 |
| Діаметральний стиск котків при вільному торканні |  | 13 |
| Напружений стан звареного з'єднання | Стиск |  | 290 |
| Розтягання:  автоматичне зварювання;  напівавтоматичне і ручне зварювання з фізичним контролем якості швів |  | 290 |
| Устик – напівавтоматичне і ручне зварювання при звичайних методах контролю |  | 250 |
| Зріз |  | 170 |
| Кутові шви (зріз) |  | 200 |

Таблиця 3.2 – Хімічний склад стали 15ХСНД

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сталь | C | P | S | Mn | Si | Cr | Ni | Cu | As | N |
| % | | | | | | | | | |
| 15ХСНД | 0, 12-0,18 | 0,035 | 0,040 | 0, 4-0,7 | 0, 4-0,7 | 0, 6-0,9 | 0, 3-0,6 | 0, 2-0,4 | 0,08 | 0,008 |

Для зварювання сталевих конструкцій електроди повинні відповідати вимогам ДСТ 9466-75 і ДСТ 9467-75. Відповідно до рекомендацій [9] вибираємо тип і марку електродів для ручного зварювання при розрахунковій температурі так –400С (РТМ 24.090.52-85):

* тип – Э60А
* марка – АНО-10

**2.1.5 Визначення навантажень і їхніх розрахункових сполучень**

Розрахункові навантаження металевих конструкцій при розрахунку за методом граничних станів наведені у таблиці 3.5.1.

Таблиця 3.5.1 – Розрахункові навантаження металевих конструкцій

за методом граничних станів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вид навантаження** | **Випадки навантаження** | | | | |
| **I** | | **I** | | **II** |
| **Комбінації навантажень** | | | | |
| **I a** | **I b** | **II a** | **II b** | **–** |
| Вага металевої конструкції крана з урахуванням коефіцієнтів поштовхів |  |  |  |  |  |
| Вага встаткування, нерухомо розташованого на металевій конструкції, з урахуванням коефіцієнтів поштовхів |  |  |  |  |  |
| Вага встаткування, що переміщається по металевій конструкції (візків і ін.), з урахуванням коефіцієнтів поштовхів |  |  |  |  |  |

Продовження таблиці 3.5.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вага вантажу (включаючи захват вантажу) з урахуванням динамічних коефіцієнтів  і коефіцієнтів поштовхів |  |  |  |  | – |
| Горизонтальні сили інерції мас крану (розгін або гальмування одного з механізмів) | – |  | – |  | – |
| Кут відхилення вантажного канатів від вертикалі | – |  | – |  | – |
| Навантаження від вітру на конструкцію | – | – |  |  |  |

Саме вагу мосту беремо рівномірно розподіленою по прольоту. Вагу пролітної частини мосту визначимо використовуючи усереднені графіки ([8], с. 117).



Рисунок 3.5.1 – Усереднений графік ваги пролітних частин двобалкових кранів режимних груп 4К, 5К.

При використанні легованих сталей вага знижується на 10...20%, також вага пролітних частин кранів режимних груп 6К-К-8К збільшується на 10...15%. Вага елементів, що не розраховуються, може становити 30...60% від загальної ваги пролітної частини мосту [8, с. 117].

Виходячи з вище сказаного, беремо вагу пролітних частин мосту крана  (тут 1,2 – коефіцієнт, враховуючий вагу частин, що не розраховуються – 20%).

Інтенсивність розподіленого навантаження від власної ваги пролітної частини мосту двобалкового мостового крана знаходимо за формулою

 ,

де  – проліт крана, ;

 – коефіцієнт перевантаження для ваги металевої конструкції,  [9, с. 166].

Вагу приводу механізму пересування крана визначимо за усередненими даними [8, с. 117], . З урахуванням коефіцієнта перевантаження

,

де  – коефіцієнт перевантаження для ваги механізму пересування,  [9, с. 166].

Оскільки кран працює на відкритому повітрі, кабіну вважаємо такою, що закрита. Відповідно до [8, с. 117] беремо усереднену вагу кабіни . З урахуванням коефіцієнта перевантаження

,

де  – коефіцієнт перевантаження для ваги кабіни,    
[9, с. 166];

Вагу візка беремо за усередненими даними [8, с. 117], .

Коефіцієнт поштовхів , що враховує вертикальні динамічні навантаження, які виникають через нерівність шляхів  [9, с. 69].

Для першого випадку навантаження коефіцієнт поштовхів визначається за формулою

.

Значення динамічних коефіцієнтів  і  визначають за формулою   
[9, с. 64]

При плавному пуску механізму:

.

При різкому пуску механізму:

,

де  – приведена до точки підвісу вантажу маса металевої конструкції крана й вантажного візка,

,

тут  – маса пролітної будови (без опор і кінцевих балок),

;

 – маса вантажного візка,

.

 – переміщення точки підвісу вантажу внаслідок статичного подовження канатів,

,

де  – довжина ділянок канату,  (H – висота підйому вантажу), приймаємо ;

 – вага вантажу, ;

n – кількість ділянок канату, на якому висить вантаж, n = 10 (береться залежно від вантажопідйомності);

 – модуль пружності каната, для середніх умов ;

 – площа поперечного переріза каната,  (визначається залежно від вантажопідйомності).

 – статичний вертикальний прогин конструкції від ваги вантажу в місці його докладання.

,

де L – проліт крана, L = 32,5 м;

J – момент інерції однієї половини мосту;

E – модуль пружності матеріалу металоконструкції,

;

 – швидкість відриву вантажу від основи (для режимної групи 6К) [9, с. 135], ;

 – поправковий коефіцієнт, для кранів загального призначення можна брати ;

 – коефіцієнт твердості металоконструкції,

,

де  – наведена до точки підвісу вантажу маса металевої конструкції.

Коефіцієнт режиму навантаження для кранів режимної групи 6ДО  [9, с. 50...51].

При розрахунку внутрішніх силових факторів ураховуємо, що кількість ходових коліс візка , тому що вантажопідйомність крана менше 160 тонн [8], і вага візка й вантажу розподіляються рівномірно на всі колеса, тобто . Можливі сполучення навантажень на ходові колеса візка наведені в таблиці Б.5.2.

Таблиця 3.5.2 – Рухомі навантаження на міст крана

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тиск**  **ходового**  **колеса**  **візка** | **Розрахункові сполучення навантажень** | | | | | | | |
| **I а** | | **I b** | | **II a** | **II b** | **II c** | **III** |
| **max** | **min** | **max** | **min** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Сполучення навантажень 1а max:

,

де  – коефіцієнт динамічності при плавному розгоні механізму підйому вантажу,  = 1,33

 – маса еквівалентного вантажу,

,

 – маса візка,

,

де  – коефіцієнт еквівалентності,  = 0,7 [9, с. 50...51]

Сполучення навантажень I а min:

.

Сполучення навантажень I b max:

,

де  – коефіцієнт поштовхів при русі крана по нерівностях підкранової колії з половинною швидкістю, =1,05.

Сполучення навантажень I b min:

,

Сполучення навантажень II a:

,

де n4 – значення коефіцієнта перевантажень для ваги вантажу, n4 =1.3 [8, с. 118; 9, с. 166];

 – коефіцієнт динамічності при різкому пуску механізму підйому, .

Сполучення навантажень II b:

,

де kT – коефіцієнт поштовхів при русі крана по нерівностях підкранової колії з максимальною швидкістю,  = 1,1.

Сполучення навантажень II с:

.

Сполучення навантажень III:

.

Результати обчислень зводимо до таблиці 3.5.3.

Таблиця 3.5.3 – Рухомі навантаження, що діють на міст крана

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тиск ходового колеса візка** | **Розрахункові сполучення навантажень** | | | | | | | |
| **I а** | | **I b** | | **II a** | **II b** | **II c** | **III** |
| max | min | max | min |
| Д1 =Д2 | 153,2 | 39,0 | 131,1 | 39,0 | 303,7 | 218,3 | 198,4 | 39,0 |

2.2 Визначення внутрішніх силових факторів

Для визначення необхідного моменту опору перетину головної балки, необхідно знати навантаження, що діють на балку та місця їхнього докладання. Нерухливі навантаження є закріпленими, тому місця їхнього докладання визначаються з конструктивних міркувань. Рухомі навантаження змінюють свій вплив залежно від положення візка, тому необхідно поставити візок у таке положення, при якому його вплив буде максимальним, тобто встановимо візок за правилом Вінклера. Розрахункова схема, для визначення максимального згинального моменту, із установленим візком за правилом Вінклера, показана на рисунку Б.6.1.

Рисунок 3.6.1 – Розрахункова схема додатка вертикальних навантажень комбінацій II а та II b

Вище викладені розрахунки (табл. 3.5.3) показали, що найбільше значення тиску ходових коліс грейферного візка має розрахунковий випадок II а, отже, при визначенні максимального згинального моменту будемо використовувати цей розрахунковий випадок.

Максимальний згинальний момент, що діє в перетині під колесом з тиском  при чотириколесному візку, визначимо за формулою [8, с. 120]



де  – відстань від рівнодіючої до найбільш навантаженого колеса,  (рис. Б.6.1);

 – відстань від осі підкранової рейки до центра ваги механізму пересування, ;

 – відстань від осі підкранової рейки до центра ваги кабіни, .

Навантаження, що діють на металоконструкцію в горизонтальній площині, визначаємо для розрахункової схеми, показаної на рисунку Б.6.2. Горизонтальні навантаження виникають при розгоні й гальмуванні крана, як сили інерції від вертикальних навантажень. Як показує практика, горизонтальні складові від маси механізму пересування й кабіни, незначні й ними можна зневажити.

При визначенні горизонтальних інерційних навантажень на крановий міст прискорення, що виникає в період несталої роботи механізму пересування, варто визначати за формулою



де  – номінальна швидкість пересування крана, ;

 – час розгону крана, яких можна вважати за рівний .

Рисунок 3.6.2 – Розрахункова схема додатка горизонтальних навантажень за правилом Вінклера

Визначимо сумарний горизонтальний згинальний момент у розрахунковому перетині прольоту:



де –  горизонтальна складова від розподіленого навантаження

;

 – горизонтальна складова від рівнодіючої тиску коліс,



S – коефіцієнт, що обчислюється за формулою



де  — база крана, ;

момент інерції пролітної балки щодо вертикальної осі, ;

 – момент інерції кінцевої балки щодо вертикальної осі ;

2.3 Розрахунок розмірів поперечного переріза головної балки

Розміри поперечного перерізу визначають з умови забезпечення міцності балки при дії навантажень комбінації II а. Момент опору балки при вигині у вертикальній площині повинен відповідати умові

.

Виходячи із цього визначимо момент опору перетину, при якому буде виконуватися умова міцності

,

де  – максимальний згинальний момент у розрахунковому перетині головної балки у вертикальній площині, ;

 – коефіцієнт умов роботи (див. п. 4), ;

 – розрахунковий опір матеріалу на вигин, .

Оптимальну, за умовою мінімуму ваги при забезпеченні заданої міцності, висоту стінки для балки із двома осями симетрії визначимо за формулою

.

Беремо висоту перетину головної балки .

За рекомендацій ВНДІПТМАШа гнучкість стінок доцільно призначати в межах Sc=100...300. У нашому випадку гнучкість стінки становить

.

Умова рекомендованої гнучкості стінки  забезпечується. .

З умови забезпечення заданої мінімальної твердості визначимо момент інерції балки у вертикальній площині:



де  – коефіцієнт твердості мосту,

,

де  – граничний відносний прогин мосту при дії номінального рухомого навантаження,  [8, с. 119].

Оптимальну за мінімумом ваги висоту стінки  при забезпеченні заданої твердості визначають за формулою

.

Вищенаведені обчислення показують, що висота головної балки з умови міцності повинна становити . У зв'язку із цим беремо .

Поперечний переріз із прийнятими розмірами зображений на рис. Б.7.1.



Рисунок 3.7.1 – Уточнений перетин пролітної балки

Визначимо геометричні характеристики перетину головної балки c уточненими розмірами:

Момент інерції головної балки відносно осі *х-х:*



Момент інерції головної балки відносно осі *y-y:*



Момент опору перетину головної балки відповідно осі *х-х:*

.

Момент опору перетину головної балки відповідно осі *y-y:*



Площа поперечного переріза в другому наближенні становить:



Різниця площі між першим і другим наближеннями:

.

Оскільки різниця менше 10%, уточнюючий розрахунок не проводимо.

Якщо буде потреба проведення уточнюючого розрахунку, відповідно до рекомендацій [8]беремо, що вага поздовжніх і поперечних ребер жорсткості становить 0,3 від ваги несучих елементів. Тоді погонна вага саме балки складе

,

де  – щільність матеріалу, ;

Погонна вага інших елементів (рейка і її кріплення, площадки обслуговування, огородження) знайдемо за формулою

.

Отже, у другому наближенні нормативна інтенсивність розподіленого навантаження

.

Уточнений згинальний момент

.

Різниця моментів між першим і другим наближенням

.

Різниця між первісним і уточненим моментами не повинна перевищувати 10%, інакше необхідно проводити корегування поперечного перерізу балки.

Перевірка міцності балки в середній частині прольоту здійснюється за формулою

;

.

Умова забезпечення міцності балки

.

Розрахунок виконаний вірно, тому що .

ЛІТЕРАТУРА

1. Богуславский Н.Е. Металлические конструкции грузоподъемных машин и сооружений. – М.: Машгиз, 1961. – 519 с.
2. Кубланов Н.П. Строительная механика и металлические конструкции кранов/ Н.П.Кубланов, И.Е.Спенглер. – К.: Будивельник, 1968. – 268 с.
3. Строительная механика и металлические конструкции/ А.В.Вершинский, М.М.Гохберг, В.П.Семенов. – Л.: Машиностроение, 1984. – 231 с.
4. Дарков А.В. Строительная механика. Статика сооружений/ А.В.Дарков, В.И.Кузнецов. – М.: Высш. школа, 1962. – 744 с.
5. Метод конечных элементов / П.М.Варвак, И.М.Бузун, А.С.Городецкий и др. – К.: Вища школа, 1981. – 176 с.
6. Овчаренко В.А. Расчет задач машиностроения методом конечных элементов: Учеб. посо-бие. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 128 с..
7. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2005.– 640 с., ил.
8. http://www.mav.tkm-most.ru.