

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту №2

**«СТАЛЕВИЙ КАРКАС ОДНОПОВЕРХОВОЇ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ,
ОБЛАДНАНОЇ МОСТОВИМИ КРАНАМИ ЛЕГКОГО
АБО СЕРЕДНЬОГО РЕЖИМІВ РОБОТИ»**

з дисципліни

«ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ»

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої
освіти спеціальності «Промислове і цивільне будівництво»)*

**ХАРКІВ
ХНАМГ
2012**

Методичні вказівки до виконання курсового проекту №2 «СТАЛЕВИЙ КАРКАС ОДНОПОВЕРХОВОЇ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ, ОБЛАДНАНОЇ МОСТОВИМИ КРАНАМИ ЛЕГКОГО АБО СЕРЕДНЬОГО РЕЖИМІВ РОБОТИ» з дисципліни «ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ» (для студентів 4 курсу заочної форми навчання за напрямком підготовки 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності «Промислове і цивільне будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. Я. Жиляков. – Х.: ХНАМГ, 2012.– 28 с.

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Рецензент: доц. В. А. Мазур

Затверджено на засіданні кафедри будівельних конструкцій,
протокол №3 від 26.10.2010р.

ЗМІСТ

1. ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	4
1.1. Завдання.....	4
1.2. Методичні вказівки.....	6
2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	11
3. КОМПОНУВАННЯ ОДНОПРОГОНОВОЇ РАМИ ПРОМБУДІВЛІ З МОСТОВИМИ КРАНАМИ.....	11
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА.....	23
ДОДАТКИ.....	24

1. ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

1.1. ЗАВДАННЯ

Розробити несучі й огорожувальні конструкції каркасу одноповерхової, однопрогонної виробничої будівлі, обладнаної мостовими кранами легкого або середнього режимів роботи. Призначення будівлі установлюється студентом. Дані для проектування визначаються за табл. 1-5 за шифром студента (двом останнім цифрам номеру залікової книжки). Користуючись даними завдання, студент самостійно обирає всі конструктивні елементи на базі їхнього аналізу. До складу проекту обов'язково уключається розрахунково-пояснювальна записка та графічна частина.

Таблиця 1

Остання цифра шифру	Район будівництва	Значення характеристичних навантажень(кН/м^2)	
		Снігове S_0	Вітрове W_0
1	Харків	1,6	0,43
2	Суми	1,67	0,42
3	Сімферополь	0,82	0,46
4	Джанкой	0,85	0,48
5	Полтава	1,45	0,47
6	Севастополь	0,77	0,46
7	Львів	1,31	0,52
8	Миколаїв	0,87	0,47
9	Київ	1,55	0,37
0	Ізюм	1,46	0,43

Таблиця 2

Передостання цифра шифру	Характер покриття
3, 4, 6, 8, 0	Тепле
1, 2, 5, 7, 9	Холодне

Таблиця 3

Остання цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вантажопідйомність крану, Q_y (т.с)	15	30	20	50	30	20	15	20	15	50

Таблиця 4

Предостання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{24}{14}$
2	$\frac{30}{11}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{14}$
3	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{13}$
4	$\frac{30}{14}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{13}$
5	$\frac{30}{10}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{36}{10}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{12}$
6	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{24}{10}$
7	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{10}$
8	$\frac{24}{13}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{24}{14}$
9	$\frac{30}{10}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{30}{11}$
0	$\frac{30}{10}$	$\frac{30}{13}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{30}{14}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{30}{12}$

- Примітки: 1. У чисельнику дробів - проліт цеху, L , м; у знаменнику- висота від підлоги до головки рейки- h , м;
 2. Довжина будівлі дорівнює чотириразовому прольоту $L_{бвд} = (4 \times L)$, м.

Таблиця 5

Остання цифра шифру	Поздовжній крок колон B ,
3, 4, 6, 7, 0	12
1, 2, 5, 8, 9	6

1.2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

У методичних вказівках викладено проектування сталевих каркасу одноповерхової промислової будівлі з дисципліни курсу «Проектування металевих конструкцій» для студентів 4 курсу заочної форми навчання за напрямком підготовки 0921(6.060101) «Будівництво» спеціальності «Промислове і цивільне будівництво»). Наведено вказівки з компонування каркасу промислової будівлі, розрахунку й конструюванню останнього. При розрахунку рами поперечника можуть бути використовувані методи, широковідомі у профільній літературі, а також застосовані розрахункові комплекси програм SCAD й LIRA. Курсовий проект студент виконує за індивідуальним завданням, у якому, відповідно до шифру студента, зазначені основні розміри будівлі (проліт і довжина), відмітка голівки кранової рейки, тип мостового крану, район будівництва тощо. Методичні рекомендації відповідають навчальній програмі дисциплін курсу. У курсовому проекті розглядаються три основні розділи:

Компонуюча частина:

- складання конструктивної схеми каркасу будівлі, що уключає в себе визначення основних розмірів елементів поперечної рами, ескізу розробку схем зв'язків каркасу будівлі й добір конструкцій, що огорожують будівлю (стіни і покриття).

Розрахунково-конструктивна частина:

- включає розрахунок основних елементів каркасу поперечної рами (колони й крокв'яної ферми - ригеля рами).

Конструктивно-графічна частина:

- конструктивна розробка основних несучих конструкцій на стадіях КМ та КМД.

У вказівках розглядається один із розділів курсового проекту - компонування поперечної рами одноповерхового промислової будівлі, обладнаної мостовими кранами легкого або середнього режимів роботи. Курсовий проект містить пояснювальну записку в обсягом 20-30 сторінок рукописного тексту або набраного на комп'ютері в MS Word 8.0, розміром 14 pt через 1,5 інтервал, шрифтом Times New Roman і графічну частину на двох аркушах формату A2 з розмірами сторін 420 x 594 мм.

Розрахунково-пояснювальна записка

До складу пояснювальної записки уходять: титульний аркуш; зміст; вихідні дані; опис конструктивної схеми проектованої будівлі й основних конструкцій; компонування й розрахунок основних несучих конструкцій (поперечної рами, підкранової балки, позацентровистислої колони й бази, крокв'яної ферми); розрахунок зварених швів, список використаних джерел. Матеріал основних несучих конструкцій обирається за таблицею 50* СНІП II - 23 - 81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования». Матеріал обгороджувальних конструкцій обирається відповідно до призначення будівлі згідно району будівництва. Клас та марка сталі для конструкцій приймаються за [1], таблиця 50, залежно від групи конструкцій і кліматичного району будівництва, для якого нормами визначені розрахункові температури зовнішнього повітря (табл. 6).

Таблиця 6

Місце будівництва	t^0, C
Харків	-34
Суми	-34
Сімферополь	-34
Джанкой	-33
Полтава	-33
Севастополь	-33
Львів	-31
Миколаїв	-35
Київ	-33
Ізюм	-34

У складених перетинах можливе застосування двох класів сталі: більш високої міцності у надто навантажених елементах (пояси, опорні розкоси ферм) і вуглецевої сталі звичайної якості для інших елементів (розкоси та стійки ферм).

Під час виготовлення сталевих конструкцій у заводських умовах застосовується найпоширеніше напівавтоматичне зварювання в захисному середовищі вуглекислим газом. Ручне зварювання, здебільшого, використовується при монтажі у важкодоступних місцях. Також у пояснювальній записці необхідно

навести всі розрахунки й висновки за конструктивними рішеннями, а також посилення на використані джерела й нормативні документи. У розрахунковій частині записки мають наводитися всі використані формули з розшифровкою прийнятих у них позначень. Після цього робиться підстановка цифрових значень і вказується остаточний результат, обчислений із відповідною розмірністю.

Паралельно з розрахунками в записці мають наводитися ескізи перетинів, схеми вузлів тощо.

Під час вирішення конкретних питань компонування й розрахунку конструкцій, варто керуватися поясненнями та прикладами, наведеними у відповідних розділах рекомендованої літератури [1; 6; 9; 10].

Нижче наведено основні пояснення до змісту розділів розрахунково-пояснювальної записки:

1. На титульному аркуші вказується: найменування академії, кафедри, назва теми курсового проекту, дисципліна, прізвище, ім'я, по батькові, навчальний шифр студента, місто, рік виконання проекту (приклад оформлення титульного аркуша наведено в додатку 1).
2. У вихідних даних варто вказати: район будівництва, величини навантажень у кН/м^2 , тип покрівлі, матеріал несучих конструкцій, вантажопідйомність крану, поздовжній крок колон, проліт цеху, висоту від підлоги до голівки кранової рейки, довжину будівлі (таблиці 1-5).
3. Опис конструктивної схеми будівлі, основних несучих та огорожувальних конструкцій повинен містити відомості про прийняті у проекті схеми, компонування й особливості конструкцій. Наводяться схеми зв'язків по покриттю, підкранових колій, колон, ферм.
4. Розрахунок основних несучих конструкцій

Під час розрахунку підкранової балки складеного перетину рекомендована наступна послідовність: підібрати кран заданої вантажопідйомності та прольоту, виписати його дані; визначити максимальні розрахункові зусилля M_{\max} , Q_{\max} , M_T , що для найбільш несприятливого сполучення навантажень балки (двома зближеними кранами); розрахувати складений перетин підкранової балки; перевірити перетин за міцністю, (зробити всі необхідні перевірки) і прогином.

Розрахунок рами починають із установлення й обґрунтування розрахункової схеми (із жорстким або шарнірним обпиранням ригелю). Потім визначають величини навантажень, що діють на неї (постійних і тимчасових - снігової, кранової, вітрової). Дані для курсового проекту за крановими навантаженнями наведено у [3]. Навантаження відображають у зведеній таблиці. Далі виконують будь-яким методом будівельної механіки (метод Ріттера (наскрізних перетинів), метод моментної крапки, вирізання вузлів) статичний розрахунок крокв'яної ферми й виконують статичний розрахунок рами за дії кожного з навантажень; визначають зусилля в характерних перетинах стійок; розробляють зведену таблицю зусиль у стійці рами. Розрахунки можуть виконуватися як уручну, так і з використанням спеціальних програм і програмних комплексів (наприклад, ПОЛЮС, ЛІРА або SCAD 11.2 (11.3)). Потім укладають таблицю розрахункових зусиль у характерних перетинах стійки, користуючись правилом найбільш несприятливого сполучення навантажень.

Розрахунок частини позацентровистислої колони обраного перетину, залежно від основних розмірів поперечної рами, починають із призначення розрахункових зусиль, прийнятих за відповідною таблицею. Потім визначають розрахункові довжини над крановою й підкрановою частин (східчастої колони). Далі добирають і перевіряють перетин верхньої й нижньої частин колони, а також виконують розрахунок бази й анкерних болтів.

У розрахунок крокв'яної ферми входить: установлення геометричної й розрахункової схеми ферми, збір навантажень, визначення зусиль і добір перетинів стрижнів, розрахунок вузлів. Розрахунок стрижнів варто представити у формі таблиць, складених за додатками 3, 4 цих методичних указівок.

5. Після закінчення оформлення пояснювальної записки наводиться список використаних джерел.

Графічна частина

Графічну частину курсового проекту виконують на трьох аркушах формату А2 з розмірами сторін 420 x 594 мм. Креслення виконують олівцем або на комп'ютері за допомогою програми AutoCad із дотриманням усіх правил креслення й основних положень ЄСКД.

Зміст першого аркуша:

1. Конструктивна схема поперечної рами з нанесенням основних розмірів, вісей, маркування основних елементів поперечної рами (у масштабі 1:100 ... 1:200), схеми зв'язків за верхніми, нижніми поясами ферм, вертикальних зв'язків між колонами й фермами (масштаб 1:400).
2. Конструктивне креслення підкранової балки з поперечним розрізом, видом із торця (масштаб 1:20...1:25).

Зміст другого аркуша:

1. Геометрична схема й зусилля в елементах ферми. Конструктивні креслення крокв'яної ферми з нанесенням плану верхнього й нижнього поясів, виду із торця. Рекомендовано виконувати креслення крокв'яної ферми в масштабі 1:20 або 1:25, а розміри куточків і вузлів - у масштабі 1:10.
2. Специфікація елементів ферми.

Зміст третього аркуша:

1. Конструктивне креслення колони та її бази (загальний вид, типи перетинів надкранової та підкранової частин) у масштабі 1:20 або 1:25.
2. Основні вузли - опорний, проміжний, коньковий, вузли сполучення ферми з колоною.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Під час захисту курсового проекту студент повинен знати й уміти наступне:

1. Пояснити й обґрунтувати запроектовані несучі й конструкції, що огорожують, знати характер їхньої роботи й призначення.
2. Перелічити всі види навантажень, що діють на поперечну конструкцію будинку; знати принципи визначення розрахункових зусиль на стійку рами, знати метод статичного розрахунку рами. Знати призначення зв'язків і вміти обґрунтувати прийняті для них схеми.
3. Знати алгоритм розрахунку спроектованих конструкцій й основні розрахункові формули.
4. Розуміти алгоритми розрахунків підкранової балки, знати основні формули для перевірки її на міцність і прогин; формули перевірки суцільних і наскрізних

3. КОМПОНУВАННЯ ОДНОПРОГОНОВОЇ РАМИ ПРОМБУДІВЛІ З МОСТОВИМИ КРАНАМИ

Technical drawing of a building frame cross-section. The drawing shows a frame with two columns and a truss roof. Key dimensions and components are labeled:

- Vertical Dimensions (Left Side):** h_n (column height), h_o (overhang), h_v (ventilation height), h (total height), h_n (column height).
- Horizontal Dimensions (Bottom):** λ (column width), L_{kr} (clear span), L (total span).
- Internal Dimensions:** H (clear height), h_1 (column height), h_2 (truss height), h_{pp} (platform height), h_b (base height).
- Structural Components:** Truss roof, columns, and a dashed line indicating a specific structural element.
- Labels:** a (point), H_{xp} (height), $ОГКР$ (ОГКР), b_v (width), b_o (width), b_n (width).

11

добирається схема поперечної рами, установлюються внутрішні габарити будівлі, призначаються генеральні розміри основних конструктивних елементів рами, вирішується система зв'язків за колонами і конструкціями покриття.

Загальна характеристика конструктивної схеми будівлі

Систему взаємозалежних несучих конструкцій прийнято називати каркасом будівлі. Основи каркасу промислової будівлі становлять поперечні рами (мал. 1), що складаються з колон, зазвичай жорстко затиснених у фундаментах (або шарнірно спертих на фундаменти), і ригелів – крокв'яних ферм, жорстко або шарнірно з'єднаних з колонами.

Верхню (надкранову) частину колони зазвичай проектують суцільного двотаврового перетину; нижню (підкранову) приймають суцільною за ширин до 1 м включно, а за більшої ширини-наскрізною (складеною з кількох прокатних профілів, з'єднаних розкосами або планками). У курсовому проекті рекомендовано нижню частину колони приймати наскрізною за будь-якої її ширини з метою одержання студентами навичок розрахунку наскрізних колон.

Ригелем застосовується крокв'яна ферма з ухилом верхнього поясу, елементи якої виконуються двома рівнобічними або нерівнобічними кутками. Допускається (за вибором студента) проектування елементів ферми з круглих і гнутих прямокутних труб, таврів із паралельними гранями полиць тощо.

Покриття приймаються прогонними або безпрогонними. У якості прогонів, установлених на верхні пояси крокв'яних ферм, застосовуються прокатні балки, зігнуті профілі, легкі ґратчасті конструкції типових прогонів [8] за кроку ферм 12 м. У безпрогінному покритті застосовують великопанельні залізобетонні плити завширшки 3 м, прольотом 6 і 12 м, а також металеві панелі.

Огороджувальні конструкції та покриття (пароізоляція, утеплювач, стяжка, гідроізоляційний килим тощо) для опалюваних або неопалюваних будівель приймається студентом самостійно (дозволяється приймати склад покриття, рекомендований у додатку 2).

Визначення основних розмірів поперечної рами

Компонування поперечної рами починають із установлення вертикальних і горизонтальних розмірів. Під час проектування всі основні розміри рами (вертикальні та горизонтальні) приймаються відповідно до положень уніфікації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промбудівель. Відстань «L» між вісями колон у поперечному напрямку будівлі прийнято називати прольотом рами, а відстань «В» між рамами у вісях уздовж будівлі - кроком рам. Ці розміри указуються в завданні на проектування. На поперечні рами уздовж будівлі спираються наступні елементи каркасу: підкранові балки, прогони покрівлі, конструкції світлоаераційних ліхтарів і ригелі стінового каркасу (фахверку). Просторова твердість каркасу забезпечується установкою зв'язків за колонами і кроквяними фермами.

Вертикальні габарити визначаються: відстанню від підлоги (± 0.000) до рівня голівки кранової рейки (H_1); відстанню від голівки кранової рейки до низу несучих конструкцій покриття (H_2), а також габаритами кранів, прийнятих відповідно до стандартів і заводських каталогів [3]. Генеральні розміри будинку: проліт L , висота до рівня голівки підкранової рейки H_1 , корисна висота будинку H_0 - призначається залежно від габаритів устаткування й характеру технологічного процесу в цеху. Розмір H_2 продиктований габаритними розмірами мостового крана й умовами нормальної експлуатації крану й несучих конструкцій будинку:

$$H_2 = H_{кр} + 100 + a,$$

де $(H_{кр} + 100)$ - габаритний розмір, (мм), від голівки кранової рейки до верхньої крапки візка крану плюс установлений за вимогами техніки безпеки зазор між цією крапкою й будівельними конструкціями, рівний не менш, ніж 100 мм;

a - зазор, що ураховує прогин конструкцій покриття (ферм, зв'язків), прийнятий рівним 200 - 400 мм, залежно від величини прольоту (при $L = 18$ м - $a = 200$ мм; $L = 24$ м - $a = 300$ мм; $L = 30..36$ м - $a = 400$ мм).

Корисна висота цеху від рівнів підлоги до низу кроквяних ферм (ригелів):

$$H_0 = H_1 + H_2.$$

Розмір H_0 приймається кратним 1,2м за $H_0 < 10,8$ м; 1,8м - $> 10,8$ м за умови кратності зі стандартними конструкціями, що обгороджують. В окремих

випадках за відповідного обґрунтування збільшення висоти цеху більше 1 м, розмір H_0 приймається кратним 0,6 м.

За розмірами будівлі установлюють розміри верхньої й нижньої частин колони:

$$H_v = H_2 + h_6 + h_p;$$

$$H_n = H_0 - H_v + H_\phi,$$

де H_v , H_n - розміри верхньої й нижньої частин колони; h_6 - висота підкранової балки, що приймається в межах 1/8 - 1/10 прольоту балки (кроку колон); за $Q < 50$ т при кроці колон $B = 6$ м – $h_6 = 800$ мм; $B = 12$ м – $h_6 = 1200$ мм; h_p - висота кранової рейки, приймається за [3] із указівкою марки рейки; $H_\phi = 150$ мм - прийняте заглиблення опорної плити бази колони нижче нульової відмітки підлоги.

Загальна висота колони рами від низу бази до низу ригеля приймається:

$$H = H_n + H_v.$$

Висота опори ригеля H_p приймається 3150 мм під час застосування типових крокв'яних ферм із елементами з парних кутків із ухилом верхнього поясу $i = 0,025$ для всіх прольотів (18 - 36 м).

На виробництвах, пов'язаних із великим тепловиділенням використовують ліхтарі, необхідність яких може зумовлюватися технологічними процесами в цехах і шириною будинку. Прив'язка зовнішньої грані колони до розбивочної вісі приймається: $a_0 = 0$ (нульова) - у будівлях без мостових кранів, у невисоких будівлях (за кроку колон 6 м), обладнаних кранами вантажопідйомністю не більше 30 т; $a_0 = 500$ мм - у відносно високих будівлях ($H > 30$ м) із кранами вантажопідйомністю 100 т і більше, а також у будівлях із кранами груп режимів роботи 7К і 8К за ДСТ 25546 - 82 за пристрою проходу уздовж підкранових колій для їхнього огляду й ремонту; $a_0 = 250$ мм - в інших випадках. Висота перетину надкранової частини колони h_v визначається за умови твердості у площині рами не менше 1/12 H_v , зазвичай приймається 450, 500 або 700 мм (із урахуванням прив'язки ферм до розбивчих вісей 200 мм). Відстань від осі підкранової балки до вісі колони (прив'язка крану) X повинна бути

$$X > B_1 + (h_b - a_0) + 75,$$

де B_1 - частини мостового крану, що виступає за вісь рейки (за $Q = 15-20$ т – $B_1 = 200$ мм, за $Q = 30-50$ т – $B_1 = 300$ мм); 75 мм - зазор між краном і колоною по вимогах безпеки (за улаштування проходу, розмір X уключає ще 450 мм - габарит проходу з огороженням). Відстань X приймається рівною: за відсутності проходу $X = 750$ мм - для кранів вантажопідйомністю не більше 50 т, $X = 1000$ мм - для кранів вантажопідйомністю більше 50 т, за улаштування проходів, $X = 1000$ мм - для кранів вантажопідйомністю не більше 125 т. Висота перетину підкранової частини колони h_n призначається за умов забезпечення жорсткості цеху в поперечному напрямку і приймається $h > 1/20 H$, а в цехах із кранами груп режимів роботи 7К и 8ДО - $h > 1/15 H$. $L_{кр} = l - 2X$, де $L_{кр}$ - проліт мостового крану (відстань між вісями підкранових балок).

Компонування зв'язків каркасу

Зв'язки каркасу забезпечують геометричну незмінність і стійкість елементів у поздовжньому напрямку, спільну просторову роботу конструкцій каркасу, жорсткість будівлі й зручність монтажу, необхідні для передачі вітрових навантажень та інерційних впливів кранів із одних конструкцій на інші. За правильного добору системи зв'язків забезпечується послідовність доведення зусиль від місця додатку навантаження до фундаментів опор будівлі найкоротшим шляхом. Вони складаються з двох основних систем: зв'язки між колонами та зв'язки за покриттям.

Зв'язки між колонами

Зв'язки між колонами забезпечують під час експлуатації й монтажу геометричну незмінюваність каркасу і його несучу здатність у поздовжньому напрямку, сприймають і передають на фундамент вітрові навантаження, що діють на торець будинку, й впливу від поздовжнього гальмування мостових кранів, а також забезпечують стійкість колон із площини поперечних рам. Система зв'язків за колонами складається з надкранових одно площинних зв'язків V - образної форми, розташованих у площині поздовжніх вісей будівлі, і підкранових двох площинних хрестових. За наявності двох вертикальних зв'язків відстань між ними у вісях не повинне перевищувати 40...50 м.

За довжини температурного блоку до 120 м зазвичай улаштовують один вертикальний зв'язок посередині температурного блоку, а за більшої довжини блоку влаштовують два зв'язки в середній частині блоку з відстанню між ними до 60 м.

Надкранові зв'язки встановлюються у крайніх кроках колон біля торця будинку або температурного блоку, а також у місцях, де передбачено вертикальні зв'язки за опорами крокв'яних ферм. Проміжні колони (поза блоками зв'язків) у рівні крокв'яних ферм розкріплюються розпівками. За великої висоти підкранової частини колони доцільно встановити додаткові горизонтальні розпівки між колонами, що зменшують їхню розрахункову довжину з площини рами.

Вертикальні зв'язки за колонами розраховують на кранові й вітрові навантаження W , виходячи із припущення роботи на розтягання одного з розкосів хрестових підкранових зв'язків. За великої довжини елементів, що сприймають невеликі зусилля, зв'язки приймаються за граничною гнучкістю $\lambda_{пр} = 200$. Елементи зв'язків виконуються з гарячекатаних кутків, розпівки - з гнутих прямокутних профілів.

Зв'язки за покриттям.

Система зв'язків покриття складається з горизонтальних і вертикальних зв'язків, що утворюють жорсткі блоки в торцях будівлі або температурного блоку й за необхідності проміжні блоки за довжиною відсіку.

Зв'язки за покриттям розташовують: у площині нижніх поясів кроквяних ферм - поперечні й поздовжні горизонтальні зв'язкові ферми; у площині верхніх поясів кроквяних ферм - поздовжні розпівки між фермами;

між кроквяними фермами - вертикальні зв'язкові ферми й зв'язки за ліхтарями.

Підкранові зв'язки в кожному ряді колон розташовують ближче до середини температурного блоку будівлі, щоб забезпечити волю температурних деформацій по обидва боки й знизити температурні напружки в елементах каркаса. Кількість зв'язків (один або два за довжиною блоку) визначається їхньою несучою здатністю, довжиною температурного відсіку й найбі-

льшою відстанню L_c від торця будинку (температурного шва) до вісі найближчого вертикального зв'язку (табл. 7).

Таблиця 7

Характеристи- ка будівель	Найбільша відстань, м						
	Між температурними ми швами за довжиною блоку (уздовж будинку)	Від температурного шва або торця будинку до вісі найближчої вертикального зв'язку				Між вісями двох вертикальних зв'язків в одному блоці	
		у кліматичних районах будівництва з розрахунковою температурою					
		t > -40°C	t > -40°C	t > -40°C	t > -40°C	t > -40°C	t > -40°C
Опалювані будівлі	230	160	90	60	50	40	
Неопалювані й гарячі цехи	200	140	75	50	50	40	

Горизонтальні зв'язки за нижніми поясами ферм проектують двох типів. Зв'язки першого типу складаються з поперечних і поздовжніх зв'язкових ферм і розтяжок. Зв'язки другого типу складаються з поперечних зв'язкових ферм і розтяжок.

Поперечні зв'язкові ферми за нижніми поясами крокв'яних ферм передбачають у торцях будинку або температурного (сейсмічного) відсіку. Передбачається також додатково одна зв'язкова горизонтальна ферма - у середині будинку або відсіку за їхньої довжини більше 144 м у будівлях, що будуються у районах із розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 40°C и вище. При довжині більше 120 м з розрахунковою температурою зовнішнього повітря нижче за -40°C . Таким чином зменшуються поперечні переміщення поясу ферми, що виникають унаслідок піддатливості зв'язків. Поперечні горизонтальні зв'язки на рівні нижніх поясів ферм сприймають вітрове навантаження на торець будівлі, передану верхніми частинами стійок фахверку, і разом з попе-

речними горизонтальними зв'язками за верхніми поясами ферм і вертикальними зв'язками між фермами забезпечують просторову жорсткість покриття.

Поздовжні горизонтальні зв'язки у площині нижніх поясів кроkv'яних ферм передбачають уздовж крайніх рядів колон у будівлях:

- а) із мостовими опірними кранами груп режимів роботи 7К и 8К, що вимагають устрою галерей для проходу уздовж кранових шляхів;
- б) із підкроkv'яними фермами;
- в) із розрахунковою сейсмічністю 7, 8 й 9 балів;
- г) із відміткою низу кроkv'яних конструкцій понад 18 м, незалежно від вантажопідйомності кранів;
- д) у будівлях з покрівлею за залізобетонними плитами, обладнаними мостовими опірними кранами загального призначення вантажопідйомністю понад 50 т за кроку кроkv'яних ферм 6 м і понад 20 т за кроку ферм 12 м;
- е) в однопрогонових будівлях із покрівлею за сталевому профільованому настилі, обладнаних мостовими кранами вантажопідйомністю понад 16 т;
- ж) за кроку кроkv'яних ферм 12 м із застосуванням стійок поздовжнього фахверку.

Поперечні горизонтальні зв'язки в рівні верхніх поясів кроkv'яних ферм передбачають для забезпечення стійкості поясів із площини ферми. Через ґрати поперечних зв'язків за верхніми поясами ферм ускладнюється використання ґратчастих прогонів, і тому поперечні зв'язки, не застосовують. У цьому випадку розв'язка ферм забезпечується системою вертикальних зв'язків між фермами.

У будівлях із покрівлею за залізобетонними плитами на рівні верхніх поясів кроkv'яних ферм передбачаються розпірки. У будівлях із покрівлею за сталевим профільованим настилом розпірки розташовуються тільки в підліхтарному просторі, розкріплення ферм між собою здійснюється прогонами.

У діафрагмах жорсткості профільований настил, крім основних функцій конструкцій, що огорожують, виконує функцію горизонтальних зв'язків за верхніми поясами кроkv'яних ферм. Поперечні діафрагми жорсткості й горизонта-

льні зв'язкові ферми сприймають поздовжні розрахункові горизонтальні сейсмічні навантаження від покриття.

Діафрагми жорсткості виконують з профільованого настилу марок Н60-845-0,9 або Н75-750-0,9 за ДСТ 24045-86Е з посиленням кріпленням його до прогонів (кріплення саморізом у кожній хвилі).

Кров'яні ферми, що не прилягають безпосередньо до поперечних зв'язків, розкріплюються у площині розташування цих зв'язків розпірками й розтяжками. Розпірки забезпечують необхідну бічну твердість ферм під час монтажу (гранична гнучкість верхнього поясу ферми з її площини $\lambda_{\max} = 220$). Розтяжки передбачаються для зменшення гнучкості нижнього поясу з метою запобігання вібрації. Гранична гнучкість нижнього поясу з площини ферми приймають: $\lambda_{\max} = 400$ - за статичного навантаження й $\lambda_{\max} = 250$ за впливу динамічних навантажень, застосованих безпосередньо до ферми.

Для горизонтальних зв'язків зазвичай приймають зв'язеву ферму з трикутними решітками. За кроку крокв'яних ферм 12 м стійки-розпірки зв'язкових ферм проектується з досить великою вертикальною жорсткістю (здебільш, із зігнутих прямокутних профілів) для обпирання на них довгих діагональних розкосів, виконаних із кутків із незначною вертикальною жорсткістю.

Вертикальні зв'язки між фермами передбачаються за довжиною будинку або температурного відсіку в місцях розміщення поперечних зв'язкових ферм за нижніми поясами ферм. У будівлях із розрахунковою сейсмічністю 7, 8, 9 балів і покрівлею за сталевим профільованим настилом за рядами колон, вертикальні зв'язки устанавлюються в місцях розміщення зв'язкових ферм або діафрагм жорсткості за верхніми поясами крокв'яних ферм.

Основне призначення вертикальних зв'язків - забезпечити проектне положення ферм під час монтажу й збільшити їхню бічну жорсткість. Зазвичай обладнуються одна-дві вертикальні зв'язки за шириною прольоту (через 12,15 м).

За обпирання нижнього вузла крокв'яних ферм на оголівки колони зверху вертикальні зв'язки розташовують також за опорними стійками ферм. За примикання крокв'яної ферми збоку до колони, ці зв'язки розташовують у

площині, сполученої з площиною вертикальних зв'язків надкранової частини колони.

У покриттях будівель, експлуатованих у кліматичних районах з розрахунковою температурою нижчою -40°C , треба передбачати (додатково до звичайно застосовуваних) вертикальні зв'язки, розташовані посередині кожного прольоту уздовж усієї будівлі.

За наявності жорсткого диска покрівлі на рівні верхніх поясів ферм, варто передбачати інвентарні з'ємні зв'язки для вивірки конструкцій і забезпечення їхньої стійкості у процесі монтажу.

Добір матеріалу для конструкцій.

Добір конструкцій, що огорожують, залежить від призначення будинку, необхідного температурно-вологісного режиму тощо. Відповідно, конструкції, що огорожують, можуть бути утеплені або холодні. Часто застосовують конструкції, що огорожують, зі збірних залізобетонних стінових панелей і плит покриття. Однак, недоліком такого рішення є їх більша маса. Останнім часом поширюються панелі з легких й ячеїстих бетонів і покриття з застосуванням сталевого профільованого настилу й легких утеплювачів.

А) Зовнішні стіни варто приймати збірними з панелей довжиною 6 або 12 м. Номінальна ширина (висота) стінових панелей 0,9; 1,2 й 1,8 м. Типові рішення передбачають дві конструктивні схеми панельних стін:

- самонесучі, які застосовуються за підвищеної вологості, агресивного середовища тощо.;

- не несучі (начіпні), які окремими ярусами упираються на металеві столики на колонах і передають навантаження від їх маси на колони каркасу будівлі й далі на фундаменти.

Б) Покриття виконують у наступних варіантах:

у прогінному варіанті – із застосуванням легких покрівельних профільованих аркушів (оцинкованих або пофарбованих спеціальними сумішами-

поліестерами), із хвилястої листової сталі, а також з армованих плит з ячеїстого бетону;

у без прогінному варіанті-із великопанельних залізобетонних плит розміром 3х6 м, масою 1.45-1.6 кН/м² (145-160 кг/м²) і плит розміром 3х12 м масою 2.0–2.2 кН/м² (200 - 220 кг/м²), що спираються безпосередньо на крокв'яні ферми. У гарячих цехах (прокатних, мартенівських й ін.) з більшими теплогазовиділенням застосовувати азбестоцементні хвилясті листи для покриттів не рекомендується через небезпеку появи в них тріщин. Як теплоізоляцію застосовують плитні матеріали невеликої щільності (цементний фіброліт, пінобетон, утеплювач «роквел», мінераловатні плити тощо.) з об'ємною масою $\gamma = 1.0\text{--}6.0$ кН/м³ (100-600кг/м³).

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции,- М., Стройиздат, 1988.
2. ДБН В.2-2:2006. Навантаження і впливи, (із змінами 2007р.).
3. Беленя Е. И. и др. Металлические конструкции.- М., Стройиздат, 1989.
4. ГОСТ 23119-78. Фермы стропильные стальные сварные с элементами из парных уголков для производственных зданий.
5. Серия 1.460.2-10/88. Стальные конструкции покрытий производственных зданий с фермами из спаренных уголков.
6. ЦНИИ Проектстальконструкция им. Мельникова, Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия 2.440-2, Узлы конструкций производственных зданий промышленных предприятий: Выпуск 4. Узлы тормозных конструкций и вертикальных связей. Чертежи КМ. Москва, 1989.
7. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП 23-81*) - М., Центральный институт типового проектирования, 1989.
8. ЦНИИ Проектстальконструкция им. Мельникова, Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия 1.462.3-17/85. Стальные решетчатые прогоны производственных зданий пролетом 12 м с применением профилей по сокращенному сортаменту.
9. Клечановский А. А. Стальные конструкции одноэтажных промышленных зданий. - М., Стройиздат, 1967.
10. Мандриков А. П. "Примеры расчета металлических конструкций"; М.: Стройиздат, 1991 г.
11. Николаенко Е. А. Методические указания «Задания и методические указания по выполнению курсового проекта «Стальной каркас одноэтажного производственного здания, оборудованного мостовыми кранами легкого и среднего режимов работы». Компановка каркаса, Улан-Удэ, 2003.
12. Лугченко О. І. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з будівельних конструкцій (для студентів 3 курсу заочної форми навчання напрямку підготовки 0921 «Будівництво», Харків-ХНАМГ-2006.

ДОДАТКИ

Додаток 1

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ №2

**«СТАЛЕВИЙ КАРКАС ОДНОПОВЕРХОВОЇ
ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ, ОБЛАДНАНОЇ МОСТОВИМИ
КРАНАМИ ЛЕГКОГО АБО СЕРЕДНЬОГО
РЕЖИМІВ РОБОТИ».**

*Виконав: студент 4-го курсу заочної
форми навчання
спеціальності
« Промислове і цивільне будівництво»
П. І. Б*

Шифр _____

Перевірив: _____

Харків- ХНАМГ-20____

Варіант покриття 1

№ п/п	Найменування навантаження	Нормативне значення навантаження (кН/м ²)	Коефіцієнт надійності з навантаження γ_f	Розрахункове значення навантаження (кН/м ²)
1	3-х шаровий руберойдний килим на бітумній мастиці	0.15	1.3	0.195
2	Цементна стяжка $\delta=30$ мм, $\gamma=20$ кН/м ³	0.60	1.3	0.78
3	Утеплювач $\delta=150$ мм, $\gamma=1.0$ кН/м ³	0.15	1.2	0.18
4	Сталевий профільований настил	0.11	1.05	0.116
5	Сталеві прокатні прогони	0.08	1.05	0.084
6	Зв'язки за фермами	0.15	1.05	0.158
7	Власна маса ферм	0.24	1.05	0.252
	Сумарне навантаження від маси покриття	1.480		1.909
8	Снігове навантаження	1.7	1.14	1.94

Варіант покриття 2

№ п/п	Найменування навантаження	Нормативне значення навантаження (кН/м ²)	Коефіцієнт надійності з навантаження γ_f	Розрахункове значення навантаження (кН/м ²)
1	Сендвіч-панель	0.25	1.1	0.275
2	Сталеві прокатні прогони	0.08	1.05	0.084
3	Зв'язки по фермах	0.15	1.05	0.158
4	Власна маса ферм	0.24	1.05	0.252
	Сумарне навантаження від маси покриття	1.480		1.909
5	Снігове навантаження	1.7	1.14	1.94

ТАБЛИЦЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗУСИЛЬ У СТРИЖЕЛЯХ ФЕРМИ (приклад)

ПРИЗВИЩЕ І. Б. студента ДУШКІН Є.М.

ЕЛЕ- МЕНТ ФЕР- МИ	Позна- чення елемента	Розрахункові зусилля у стрижелях (кН)							Розрахункові зусилля (кН)	
		від Р = 1 кН			Від Р пост.= = 54,3кН	Від снігу Р _{сн.} = 27,0 кН			« - »	« + »
		ліворуч	праворуч	з 2-х боків		ліворуч	праворуч	з 2-х боків		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
В П	3	-4,184	-2,07	-6,254	-339,59			-168,86	508,45	
	4	-4,184	-2,07	-6,254	-339,59			-168,86	508,45	
	5	-3,464	-3,464	-6,928	-376,19			-187,06	563,25	
Н П	22	+2,837	+1,115	+3,952	+214,59			+106,70		321,29
	23	+4,257	+2,821	7,078	+384,34			+191,11		575,45
Стійки	13	-1,0	0,0	-1,0	-54,30			-27,00	81,30	
	16	+0,189	+0,189	+0,378	+20,53			+10,21		30,74
Розко- си	11	-3,79	-1,489	-5,279	-286,65			-142,53	429,18	
	12	+1,721	+1,226	+2,947	+160,02	+46,47	+33,10	+79,57		239,59
	14	-0,135	-1,091	-1,226	-66,57	-3,65	-29,46	-33,11	99,68	
	15	-1,161	+0,897	-0,264	-14,34	-31,35	+24,22	-7,13	<u>45,69</u>	9,88

Таблиця 2 Таблиця добору перетинів елементів ферми (приклад)

Елемент	По- значен ня елеме- нта	Розрах. зусилля -стиск +розтяган ня	Прийнятий пере- тин, мм	Площа см ²	Розрахункова дов- жина, см		Радіус інерції		Гнучкість		φ_{\min}	γ_c	σ кН/см ²	z_0 (см)
					l_{ef}^x	l_{ef}^y	i_x (см)	i_y (см)	λ_x	λ_y				
Верхній пояс	7	0	2L 100×7 констр	27,5	280	280	3,08	4,45			0,512	1	25,91	2,71
	8	-262,44	2L 100×7 кін	27,5	300	300	3,08	4,45						2,71
	9	-364,8	2L 100×7 розрах	27,5	300	300	3,08	4,45	97,4	67,42				2,71
Нижній пояс	1	250,71	2L 70×5 констр	13,72	280	580	2,16	3,23			-	1	26,64	1,9
	2	362,3	2L 70×5 констр	13,72	300	580	2,16	3,23						1,9
	3	365,54	2L 70×5 розрах	13,72	300	580	2,16	3,23	138,9	185,8				1,9
Стійки	13	109,05	2L 50×5 розрах	9,6	206,3	257,9	1,53	2,45	134,9	105,3	-	1	11,36	1,42
	14	3,55	2L 50×5 констр	9,6	234,6	293,2	1,53	2,45						1,42
	15	0	2L 50×5 констр	9,6	262,8	328,5	1,53	2,45						1,42
Розкоси	18	-340,86	2L 110×7 розрах	30,3	380,7	380,7	3,4	4,85	112	78,49	0,415	1	27,11	2,96
	19	-156,02	2L 100×7 розрах	27,5	335,6	419,5	3,08	4,45	109	94,27	0,434		13,07	2,71
	20	-4,81	2L 70×5 розрах	13,72	355,9	444,9	2,16	3,23	164,8	137,7	0,201		1,74	1,9

ТАБЛИЦЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗУСИЛЬ У СТРИЖЕЛЯХ ФЕРМИ

ПРИЗВИЩЕ І.П. студента _____

ЕЛЕ- МЕНТ ФЕР- МИ	Позна- чення елемента	Розрахункові зусилля у стрижелях (кН)							розрахункові	
		від Р = 1 кН			Від Р пост.= = кН	Від снігу Р _{сн.} = кН			зусилля (кН)	
		ліворуч	праворуч	із 2-х боків		ліворуч	праворуч	із 2-х боків	« - »	« + »
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
В П										
Н П										
Стійки										
Роз- коси										

Рекомендується зкопіювати та заповнити своїми розрахунковими даними

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту №2
«СТАЛЕВИЙ КАРКАС ОДНОПОВЕРХОВОЇ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ,
ОБЛАДНАНОЇ МОСТОВИМИ КРАНАМИ ЛЕГКОГО
АБО СЕРЕДНЬОГО РЕЖИМІВ РОБОТИ»

з дисципліни

«ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ»

(для студентів 4 курсу заочної форми навчання за напрямком підготовки
6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності
«Промислове і цивільне будівництво»)

Укладач **ЖИЛЯКОВ Валерій Якович**

Відповідальний за випуск *Г. А. Молодченко*

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2010, поз. 5М

Підп. до друку 05.10.2011
Друк на різнографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 1,1
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011 р.