

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Деталей машин і ПТМ

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему *Дослідження варіативності граїв*
різних типів

Виконав: студент 6 курсу, групи М-313
спеціальності (напряму підготовки)

133 "Вашузево машинобудівний"

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Петрик К.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник *Метуринський В.О.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент *Кавыров М.М.*

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Магістр
 Спеціальність Підйомно-трансп., дорожні, будів., меліорат. машини і облад.
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Машинобудування
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

"17" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Петрик Катерина Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження варіативності кранів одного типукерівник проекту (роботи) к.т.н., доцент Лятуринський Василій Олександрович,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "07" 11 2018 року №334

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18 грудня 2018 року
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) Мостовий кран вантажопідйомністю 20т, прольотом 22,5м; козловий кран вантажопідйомністю 32т, прольотом 32м.4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Прольотні будови кранів мостового типу; 2. Розрахунок перетинів прольотних будов кранів мостового типу; 3. Порівняння технологічних показників прольотних будов; 4. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; Висновки; Перелік використаної літератури; Додаток А.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

РЕФЕРАТ

ПЗ:91 с., 15 таблиці, 54 рисунків, 6 джерел.

Тема дослідження – дослідження конструктивної варіативності кранів одного типу.

Мета роботи – знаходження найбільш економічно вигідного варіанта металоконструкції.

Метод дослідження –аналітичний, з використанням стандартних пакетів: Word, КОМПАС – 3DV15.

У проєкті вирішені такі задачі:

Розглянуті різні типи металоконструкцій крану мостового типу;

Проведення розрахунку металоконструкцій;

Проведення порівняння розрахованих металоконструкцій;

Знайдено економічно вигідний варіант металоконструкції.

Робота виконана на кафедрі ДМ і ПТМ Запорізького національного технічного університету.

Ключові слова: КРАН, ПРОГІН, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, РЕЖИМ РОБОТИ, МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯ, ПРОЛІТ, НАПРУЖЕННЯ, ДВОТАВР, ШТАБА, ПОЯС.

ЗМІСТ

Календарний план.....	3
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 ПРОЛЬОТНІ БУДОВИ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ.....	8
1.1 ТИПОРОЗМІРИ МОСТОВИХ І КОЗЛОВИХ КРАНІВ.....	8
1.2 КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІТНИХ БУДОВ ОДНОБАЛКОВИХ КРАНІВ.....	20
1.2.1 Мостові крани.....	20
1.2.2 Козлові крани.....	22
1.3 КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІТНИХ БУДОВ ДВОХБАЛКОВИХ КРАНІВ.....	25
1.3.1 Мостові крани.....	25
1.3.2 Козлові крани.....	32
1.4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ ДВОХБАЛКОВИХ КРАНІВ.....	44
1.4.1 Загальні відомості.....	44
1.4.2 Метод граничних станів.....	44
1.4.3 Метод допустимих напружень.....	47
2 РОЗРАХУНОК ПЕРЕТИНІВ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ.....	49
2.1 РОЗРАХУНОК МОСТОВОГО КРАНУ В/П 20Т ПРОЛІТ 22,5М.....	49
2.1.1 Коробчата металоконструкція.....	49
2.1.2 Однобалковий підсилений двотавр.....	53
2.1.3 Мостовий двухбалочний кран.....	58
2.1.4 Двобалковий двотавровий перетин.....	62
2.2 РОЗРАХУНОК КОЗЛОВОГО КРАНУ В/П 32Т, ПРОЛЬОТОМ 32М.....	66
2.2.1 Тригранна ферма із їздовим двотавром.....	66

2.2.1 Двобалковий коробчатий перетин.....	71
3 ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ.....	75
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	78
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	78
4.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки.....	79
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	83
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	84
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	86
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	91

ВСТУП

Мостовий кран — підймальний кран, що пересувається рейками на нерухомих опорах. Кран мостовий має широку сферу застосування — він призначений для підйому і переміщення вантажу в приміщенні або під навісом. Мостовий кран буває однобалковий (т. зв. «кран-балка») і двобалковий. Двобалковий мостовий кран передбачає найважчі режими роботи. Однобалковий має вищу швидкість переміщення при меншій вантажопідймальності.

Мостовий кран також ділиться на підвісний (кран-балка підвісна) й опорний (кран-балка опорна). За видом привода розрізняють мостовий електричний кран (з електричним приводом) і мостовий ручний кран — з механічним приводом, тобто підймання вантажу і переміщення крана проводиться за допомогою фізичних зусиль людини.

Козловий кран – кран, підйомне обладнання мостового типу. Несучі елементи кріпляться на чотирьох опорах, які дещо схожі на ноги тварини звідки й назва цього типу кранів.

Залежно від конструкції моста козловий кран може бути одно- чи двобалочним. Є моделі з одним або з двома підйомними механізмами які зазвичай мають різну вантажопідйомність з чітким розподілом на підйомників на основний та допоміжний.

1 ПРОЛЪОТНІ БУДОВИ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

1.1 ТИПОРОЗМІРИ МОСТОВИХ І КОЗЛОВИХ КРАНІВ

Згідно стандартів України, крани мостового типу поділяються на:

1. Крани мостові електричні однобалочні опорні ГОСТ 22045-89(рис.1.1-1.6).

Цей стандарт поширюється на мостові електричні однобалочні опорні крани (надалі - крани), групи режиму роботи ЗК по ГОСТ 25546 з електричною талью і електричним механізмом пересування, вантажопідйомністю від 1 до 5 т, що працюють на трифазному струмі напругою 220, 240, 380, 400 , 415 в частотою 50 Гц і напругою 220, 380, 400, 440 В частотою 60 Гц, що виготовляються в кліматичному виконанні У і Т, категорії розміщення 1, 2 і 3 по ГОСТ 15150, для роботи при температурі від плюс 40 до мінус 40 ° С.

Основні параметри і розміри кранів типу 1 (виконання А) повинні відповідати зазначеним на рисунках 1.1 і 1.2 та в табл.1.1; кранів типу 1 (виконання Б) - на черт.1.3 і 1.4 і в табл.1.1; кранів типу 2 (виконання А) - на черт.1.5 і в табл.1.1; кранів типу 2 (виконання Б) - на черт.1.6 і в табл.1.1.

Основні вимоги до металоконструкції мостових електричних кранів з ГОСТ 22045-89:

а) Механізми та металоконструкції кранів повинні складатися з транспортабельних вузлів, що забезпечують їх складання на місці монтажу.

б) Несучі елементи металоконструкцій кранів повинні бути виготовлені з сталей з механічними властивостями (в тому числі і ударною в'язкістю), хімічним складом, зварюваністю, що забезпечують працездатність кранів в діапазонах температур від плюс 40 до мінус 40 ° С або від плюс 40 до мінус 20 ° С.

в) Допустима кількість стиків прогонних балок їздових двутавров і поясних куточків металоконструкції кранів прольотом від 10,5 до 16,5 м - не більше одного, кранів прольотом від 22,5 до 28,5 м - не більше двох.

г) Стики їздового двутавра і поясних куточків повинні бути розташовані не ближче 300 мм від вузлів решітки металоконструкцій і не повинні знаходитися в одній площині.

д) При стикуванні несучих двутаврів допускається перевищення горизонтальних і вертикальних площин полиць двотаврів не більше 2 мм.

Утворені при цьому уступи повинні бути зняті з ухилом 1: 50.

е) Кривизна пролітної балки крана після правки не повинна перевищувати $\frac{L}{2000}$ мм, де-повна довжина балки в мм.

2. Крани мостові електричні підвесні ГОСТ 7890-93(рис.1.7-1.9).

Цей стандарт поширюється на мостові електричні однобалочні підвісні крани групи режиму роботи ЗК з електричної талью і електричним механізмом пересування, керовані з підлоги, вантажопідйомністю від 1,0 до 10 т (далі - крани електричні), а також на крани мостові ручні блочно модульної конструкції, уніфіковані з електричними, з ручним приводом механізму підйому і пересування (далі - крани ручні), групи режиму роботи 1К, вантажопідйомності від 1 до 5 т.

Стандарт встановлює вимоги до кранів, що виготовляється для потреб народного господарства і експорту.

Стандарт не поширюється на крани, призначені для експлуатації у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних середовищах, в приміщеннях з парами кислот і лугів, концентрації яких викликають руйнування електричної ізоляції, для транспортування розплавленого і розпеченого металу, отруйних речовин.

Основні вимоги до металоконструкції мостових електричних підвесних кранів з ГОСТ 7890-93:

а) Конструкція кранів повинна забезпечувати незалежність всіх робочих рухів крана і можливість їх поєднання в будь-якому поєднанні допускаються умовами експлуатації.

б) Механізми та металоконструкції кранів повинні складатися з транспортабельних вузлів, що забезпечують їх складання на місці монтажу.

г) За погодженням із замовником пролітна балка крана може бути виготовлена з двох частин з наступною їх зварюванням встик на місці монтажу. Підготовка поверхонь і оброблення крайок для зварних швів у постачальника, а зварні шви з подальшою зачисткою повинні виконуватися за документацією виробника крана відповідно до вимог "Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів".

д) Несучі елементи металоконструкцій кранів повинні бути виготовлені з сталей з механічними властивостями, в тому числі і ударною в'язкістю, хімічним складом, зварюваністю, що забезпечують працездатність кранів в діапазонах, зазначених цим стандартом.

е) Якість металів, застосовуваних для виготовлення кранових металоконструкцій, має бути підтверджено сертифікатом.

4. Крани козлові електричні ГОСТ 7352-88(рис.1.10-1.11).

Крани повинні виготовлятися наступних типів:

ККТ - групи режиму ЗК, з електричною талью, з управлінням з кабіни (К) або з підлоги (П);

КК - груп режиму ЗК, 5К і 6К з вантажним візком з керуванням з кабіни (К), а для групи режиму ЗК - і з підлоги (П).

Основні параметри і розміри кранів типу ККТ з електричною талью по ГОСТ 22584 повинні відповідати зазначеним на рисунок 1.10-1.11 і в табл.1.2.

Допускаються такі відхилення від параметрів, зазначених в табл.1.2:

- збільшення загальної маси на 0,8 т при виготовленні кранів з керуванням з кабіни;

- збільшення загальної маси на 0,5 і 1,0 т кранів вантажопідйомністю 3,2 і 5,0 т при виготовленні їх з висотою підйому відповідно 8 і 9 м;
- зменшення загальної маси на 0,8 т кранів вантажопідйомністю 8 і 12,5 т при виготовленні їх з висотою підйому 8 м;
- застосування швидкостей пересування крана 1,0 і 1,25 м / с і електроталі 0,63 м / с тільки в кранах з керуванням з кабіни.

Таблиця 1.1 – Типорозміри мостових кранів

Вантажопідйомність	Проліт	Тип металоконструкції	Маса	База
1	4.5	Однобалкова, двутавр з можливістю використання труби, швелера та полос.	1.26	1500
	7.5		1.41	
	10.5		1.85	2000
	13.5		2.27	2600
	16.5		2.68	
	19.5		4.03	4000
	22.5		4.26	
2	4.5		1.35	1500
	7.5		1.57	
	10.5		2.03	2000
	13.5		2.63	2600
	16.5		2.88	
	19.5		4.14	4000
	22.5		4.34	
3.5	4.5		1.52	1500
	7.5		1.84	
	10.5		2.24	2000
	13.5		2.31	2600

	16.5	з можливістю використання труби, швелера та полос.	3.2	4000
	19.5		4.52	
	22.5		4.97	
	25.5		6.59	5000
	28.5		6.97	
5	4.5		2.87	2600
	7.5		3.24	
	10.5		3.72	
	13.5		4.08	
	16.5		4.36	
	19.5		5.96	4000
	22.5		6.47	
	25.5		8.08	5000
	28.5		8.73	
8	10.5	Двухбалкова, короб.	9	3700
	16.5	Двухбалкова, короб, ферма.	11	
	22.5		13	
	28.5		19.5	5000
	34.5		23.5	5600
10	10.5	Двухбалкова, короб.	11	3700
	16.5	Двухбалкова, короб, ферма.	13	
	22.5		15.8	
	28.5		21	5000
	34.5		29	5600
12.5	10.5	Двухбалкова, короб.	13	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	16	

	22.5	ферма.	20.5	
	28.5		26	5000
	34.5		32	5600
16	10.5	Двухбалкова, короб.	15.8	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	18.7	
	22.5	ферма.	21.7	
	28.5		28.5	5000
	34.5		39	5600
16/3.2	10.5	Двухбалкова, короб.	17.1	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	20	
	22.5	ферма.	23	
	28.5		29	5000
	34.5		40.3	5600
20/5	10.5	Двухбалкова, короб.	19	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	22	
	22.5	ферма.	22.5	
	28.5		33.2	5000
	34.5		46.5	5600
32/5	10.5	Двухбалкова, короб.	25	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	28	
	22.5	ферма.	35	
	28.5		41	5000
	34.5		56.5	5600
50/12.5	10.5	Двухбалкова, короб.	36	3700
	16.5	Двухбалкова, короб,	41.5	

	22.5	ферма.	48.5	
	28.5		59.5	5000
	34.5		73.1	5600

Таблиця 1.2 – Типорозміри козлових кранів

Вантажопідйомність	Проліт	Тип металконструкції	Маса	База
3.2	12.5	Балочна конструкція.	8.5	6000
	12.5		10.5	
5	16	Одна або двох гратчаста ферма трьох- або чотирикутного перетину з постійним або змінним перетином на консолях.	12	7100
	20		17	
	25		19	
8	16		17	
12.5	25	перетину з постійним або змінним перетином на консолях.	24	9000
	16		20	7100
	20		23	9000
	25		30	10000
32	35			
20	25		67	9500
	32		72	11200
32	32		87	

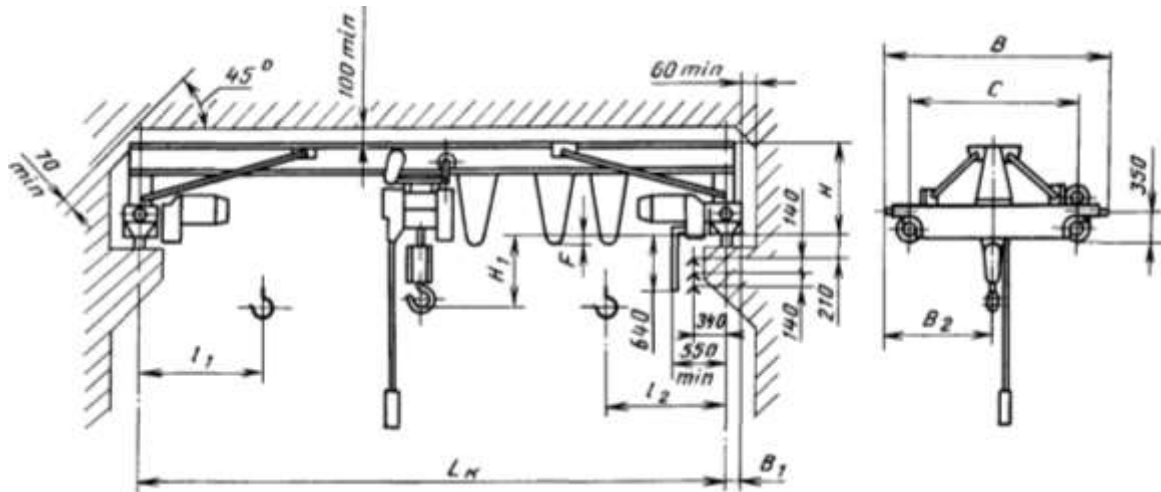


Рисунок 1.1 – Кран типа 1 виконання А для прольоту від 4.5 до 16.5 м

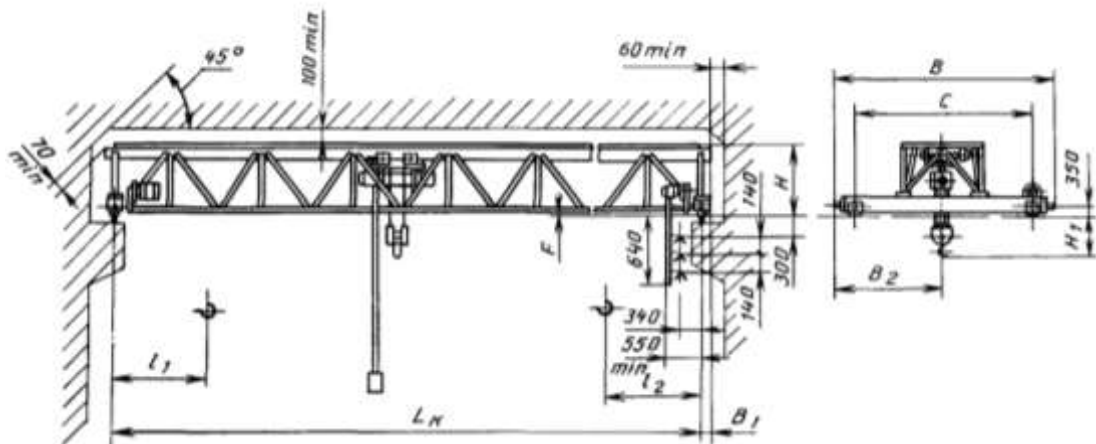


Рисунок 1.2 – Кран типу 1 виконання А для прольотів від 19,5 до 28,5 м.

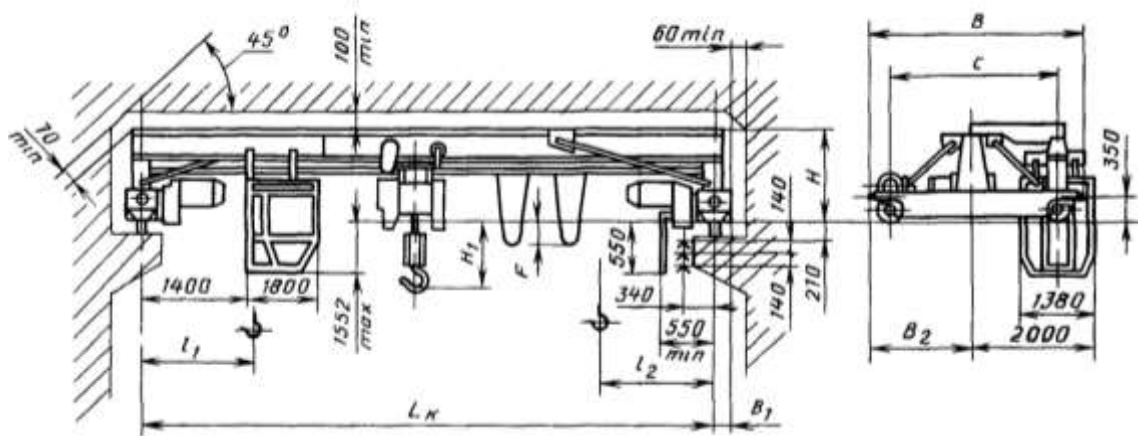


Рисунок 1.3 – Кран типу 1 виконання Б для прольотів від 4,5 до 16,5 м.

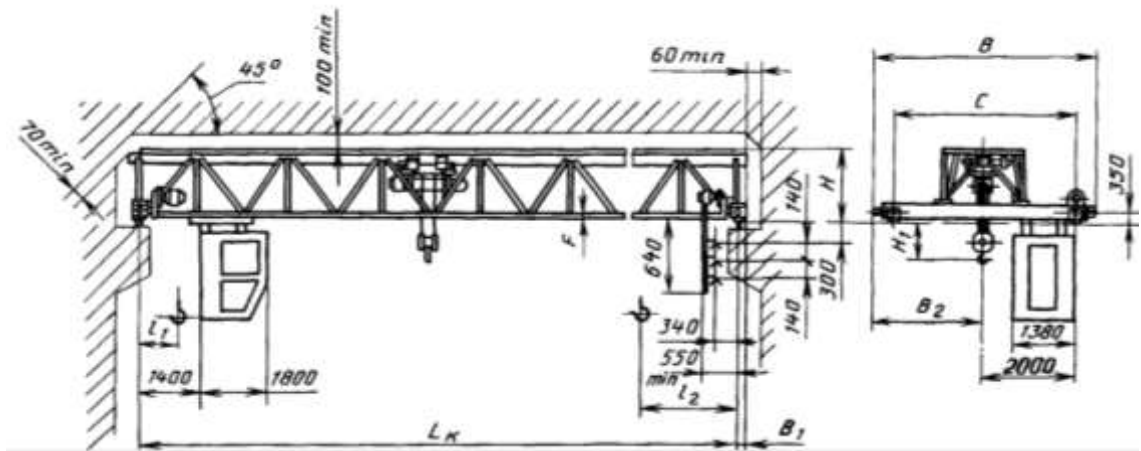


Рисунок 1.4 – Кран типу 1 виконання Б для прольотів від 19,5 до 28,5 м.

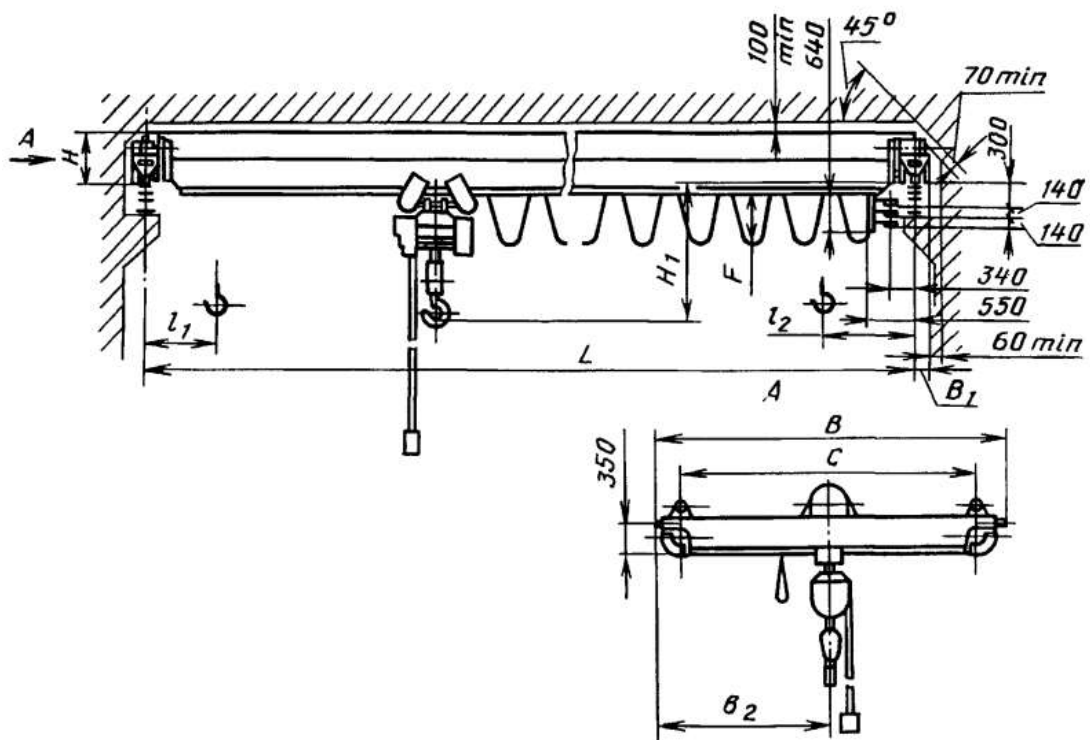


Рисунок 1.5 – Кран типу 2 виконання А для прольотів від 13,5 до 28,5 м.

Кран типа 2 исполнения Б для пролетов от 13,5 до 28,5 м

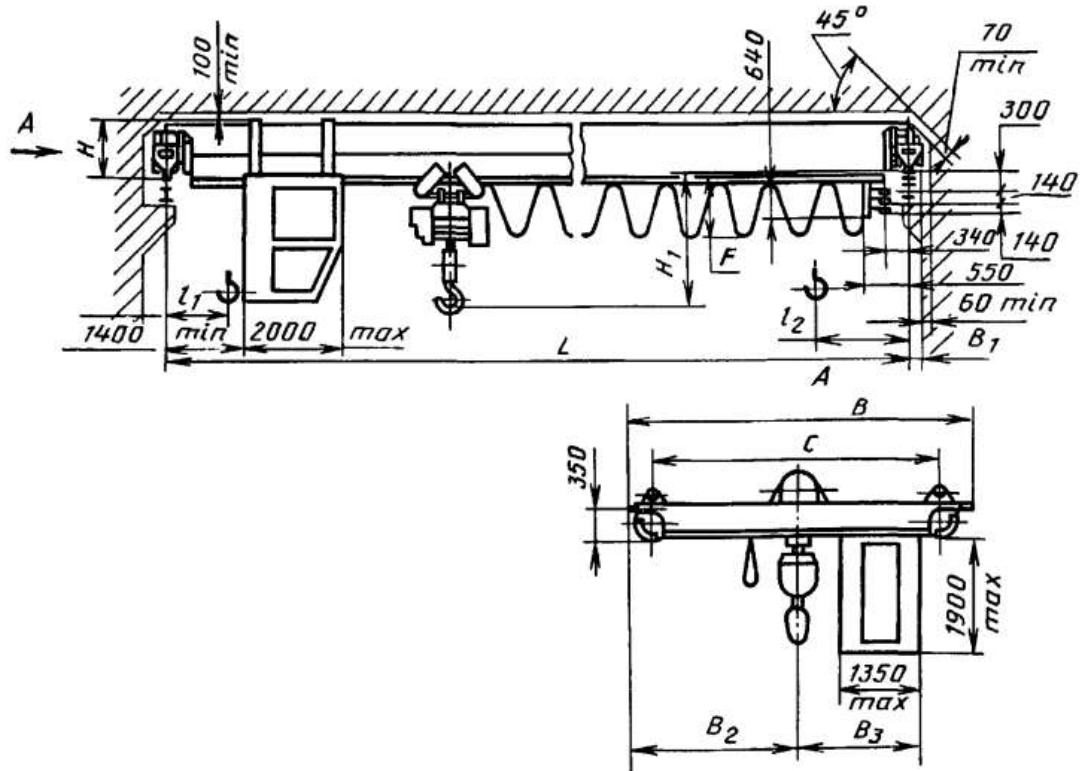


Рисунок 1.6 – Кран типу 2 виконання Б для прольотів від 13,5 до 28,5 м.

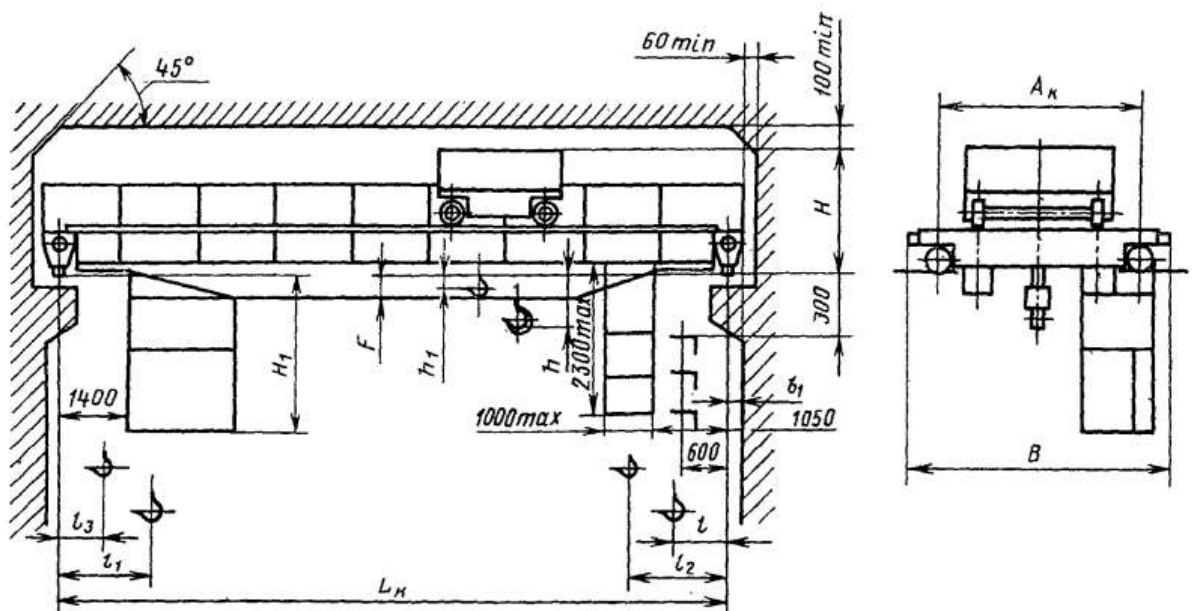


Рисунок 1.7 – Кран мостовий електричний загального призначення

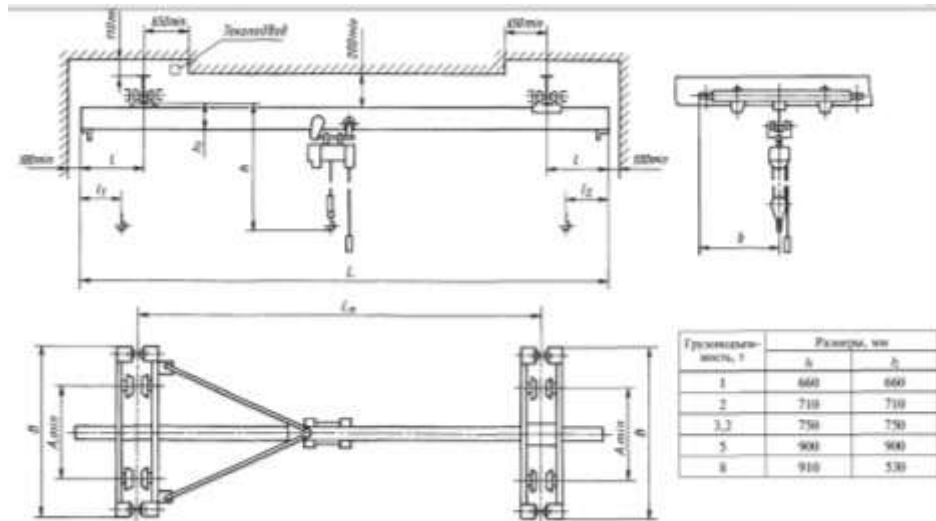


Рисунок 1.8 – Кран мостовий однобалочний електричний підвісний вантажопідіймністю 1,2,3,2,5,8 т.

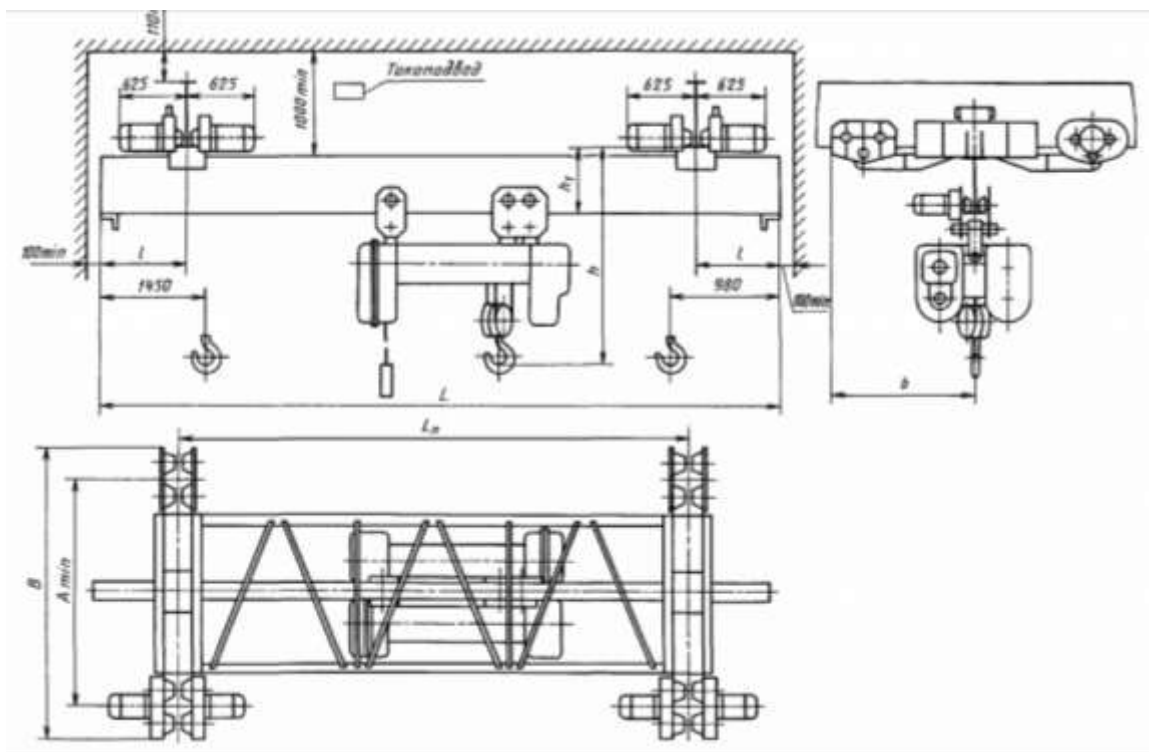


Рисунок 1.9 – Кран мостовий електричний підвісний вантажопідіймністю 10 т та висотою підйому 12 м.

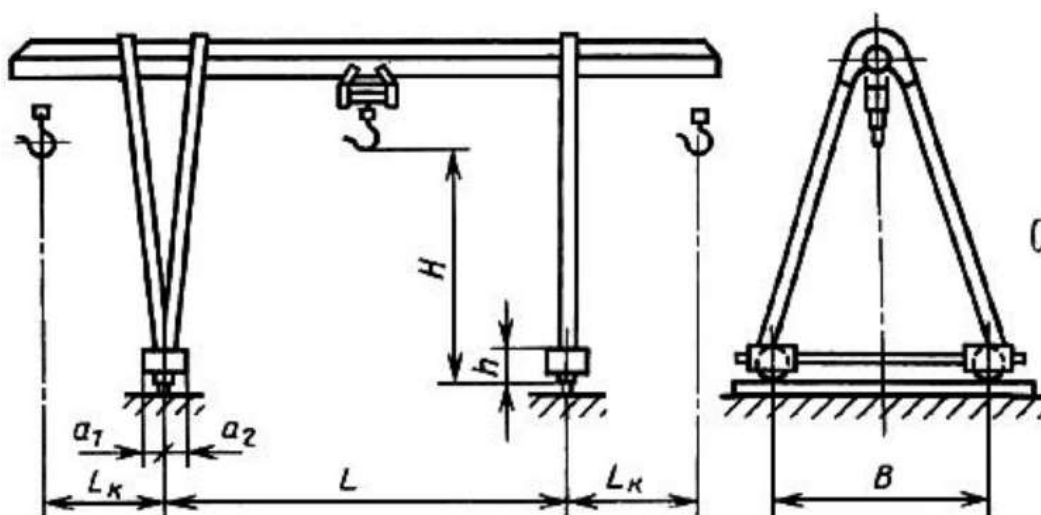


Рисунок 1.10 – Кран козловый электрический ККТ

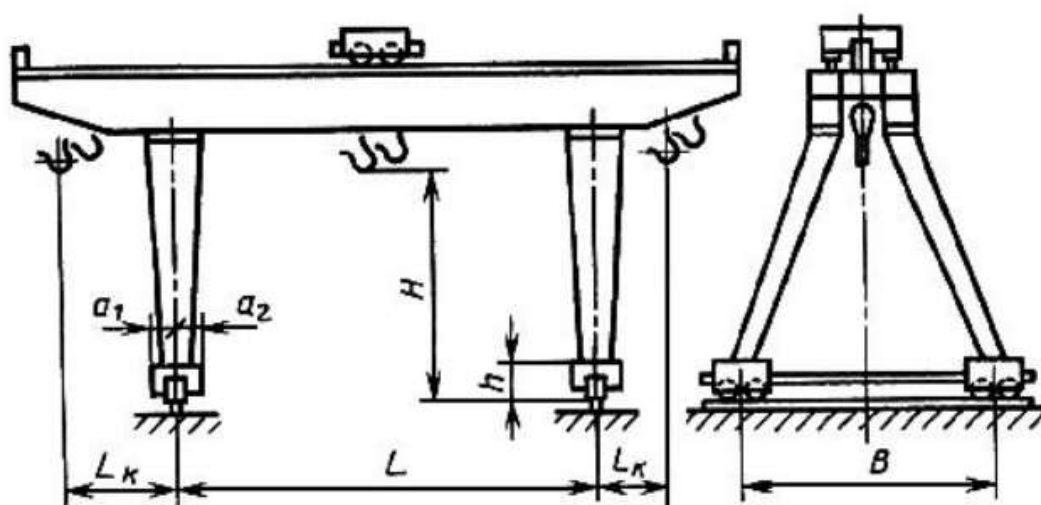


Рисунок 1.11 – Кран козловый электрический КК

1.2 КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІТНИХ БУДОВ ОДНОБАЛКОВИХ КРАНІВ

1.2.1 Мостові крани

Найпростіші мостові крани по конструкції - це кран-балки (рис.1.2.1). Балка може бути виконана у вигляді прокатного (рис.1.2.2), сварного (рис.1.2.3) і перфорованого двотавра (рис.1.2.1).

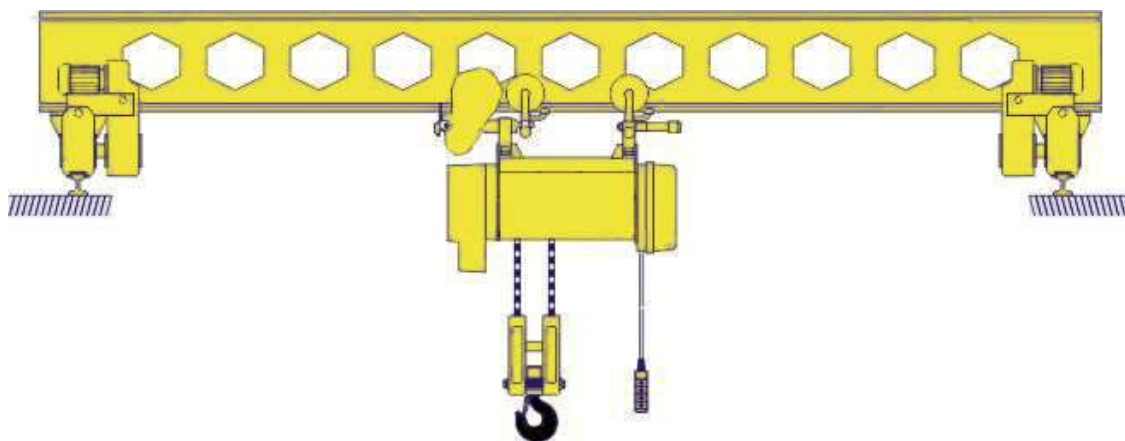


Рисунок 1.2.1 - Кран однобалочний опорний перфорований двотавр

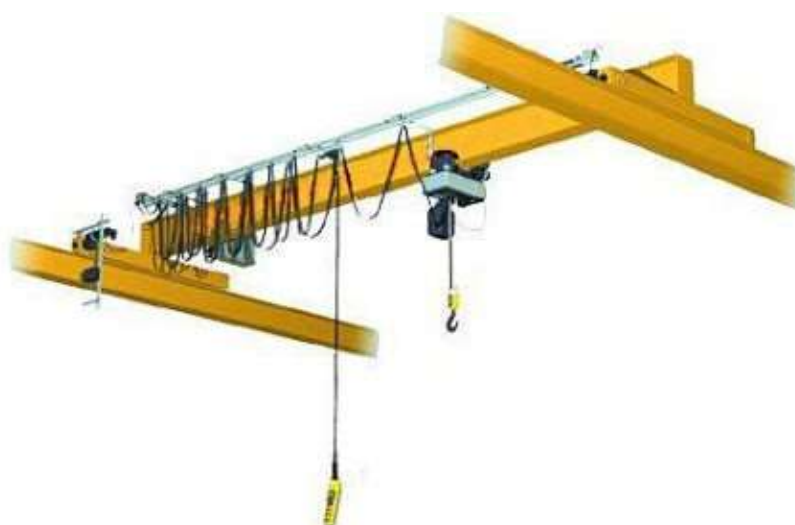


Рисунок 1.2.2 - Кран однобалочний з прокатного двотавра.



Рисунок 1.2.3 - Кран однобалочний з сварного двотавра

При великих прольотах, коли головна балка крана виходить занадто важкою, застосовуються ферми або посилення.

Застосовують наступні способи посилення балок:

- двотавр підсилений трубой (рис.1.2.4).
- двотавр підсилений швелером (рис.1.2.5).
- двотавр підсилений коробкой (рис.1.2.6)



Рисунок 1.2.4 - Кран однобалочний посилений трубою



Рисунок 1.2.5 - Кран однобалочний посиленний швелером прокатний двутавр



Рисунок 1.2.6 - Кран однобалочний з коробчатим посиленням

1.2.2 Козлові крани

Козловий кран однобалковий можна розділити на тип коробки (рис.1.2.7) тип ферми (рис.1.2.8), а в рідких випадках металоконструкція козлового крана може бути виконана як двотавр підсиленний трубою (рис.1.2.9).



Рисунок 1.2.7 – Козловий кран мост короб



Рисунок 1.2.8 – Козловий кран мост ферма



Рисунок 1.2.9 – Козловий кран мост двутавр підсилений трубою

Тип ферми відрізняється від коробки типу. Він виготовлений із сталевих стрижнів, а козловий кран тип коробки виготовлений зі сталевих пластин. Козлової кран тип ферми має багато хороших переваг, він набагато легше, ніж у козлового крана коробки типу, і має високу стійкість до вітру.

1.3 КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІТНИХ БУДОВ ДВОХБАЛКОВИХ КРАНІВ

1.3.1 Мостові крани

Головні балки мостів можуть бути коробчатого перетину (рис.1.3.1), двотаврами (рис.1.3.2) або фермою.

Кран з головними балками коробчатого перетину показаний на рис.2.8. Головна балка виконана зварною у вигляді двох вертикальних стінок і двох горизонтальних полиць, званих поясами. На верхньому поясі головних балок укладені подтележні рейки для візка.

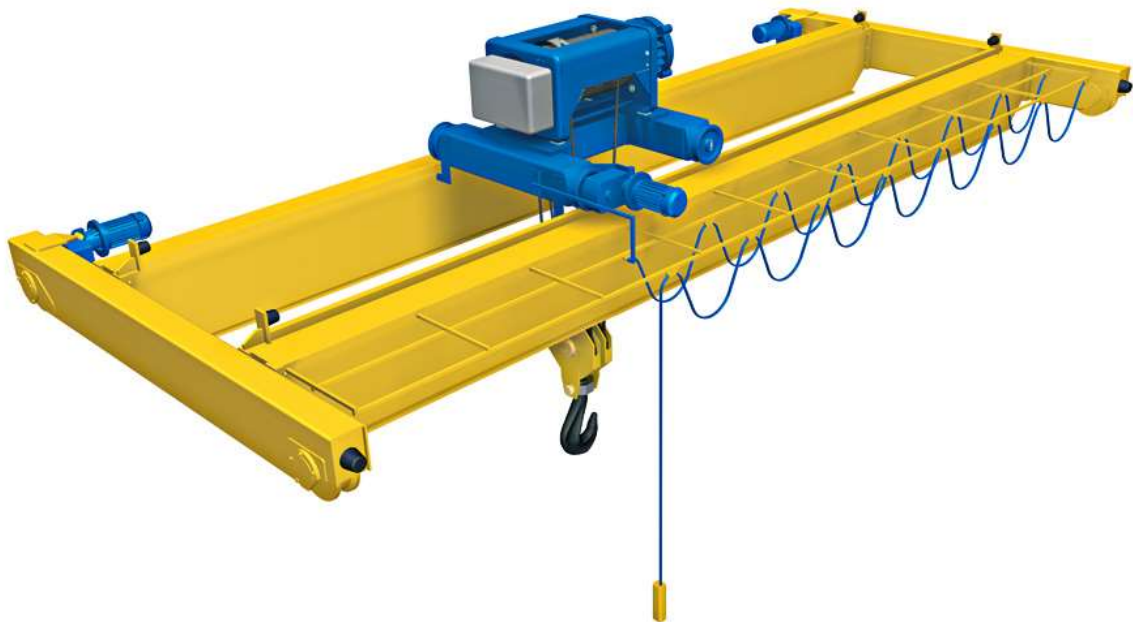


Рисунок 1.3.1 - Мостовий кран опорний двухбалочний



Рисунок 1.3.2 - Мостовий кран опорний двотавр двухбалочний

У мостових кранах великої вантажопідйомності головні балки коробчатого перетину виконують значної висоти і використовують їх для установки механізму пересування і розміщення електрообладнання, щоб отримати доступ всередину головної балки є сходи з перилами.

Розглянемо ферменну металоконструкцію моста крана (рис. 1.3.3), яка використовується для мостових кранів з великими прольотами (рис 1.3.4), складається з головної ферми, яка через покладений на її верхньому поясі подтележний рейок сприймає навантаження від дії сили тяжіння візка з вантажем, і паралельно розташованої допоміжної ферми. Головна і допоміжна ферми пов'язані між собою верхньої і нижньої горизонтальними фермами, що сприймають горизонтальні навантаження, які діють на міст під час пуску або гальмуванні крана. Для забезпечення жорсткості моста служать поперечні діафрагми, які встановлюють в площині стійок 3, 5 головною і допоміжної ферм.

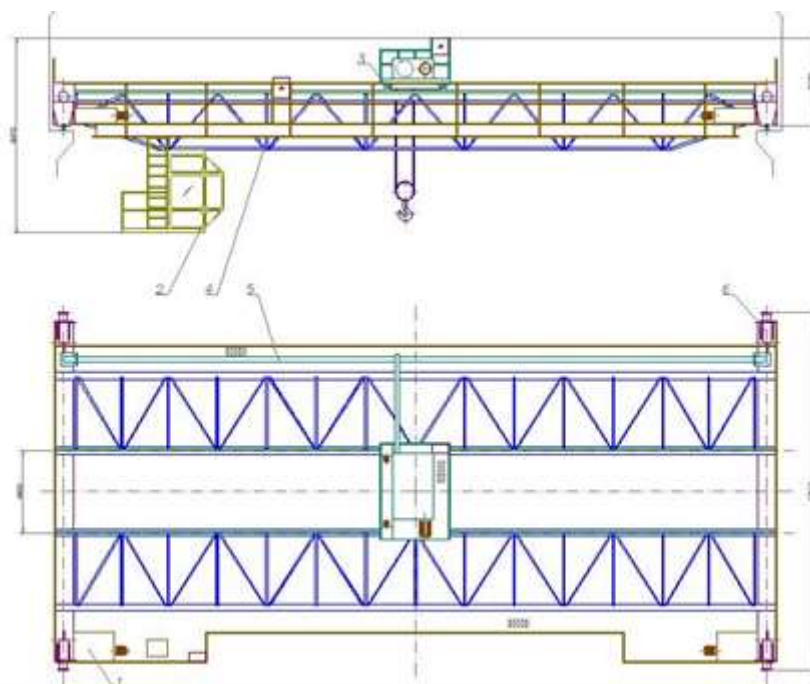
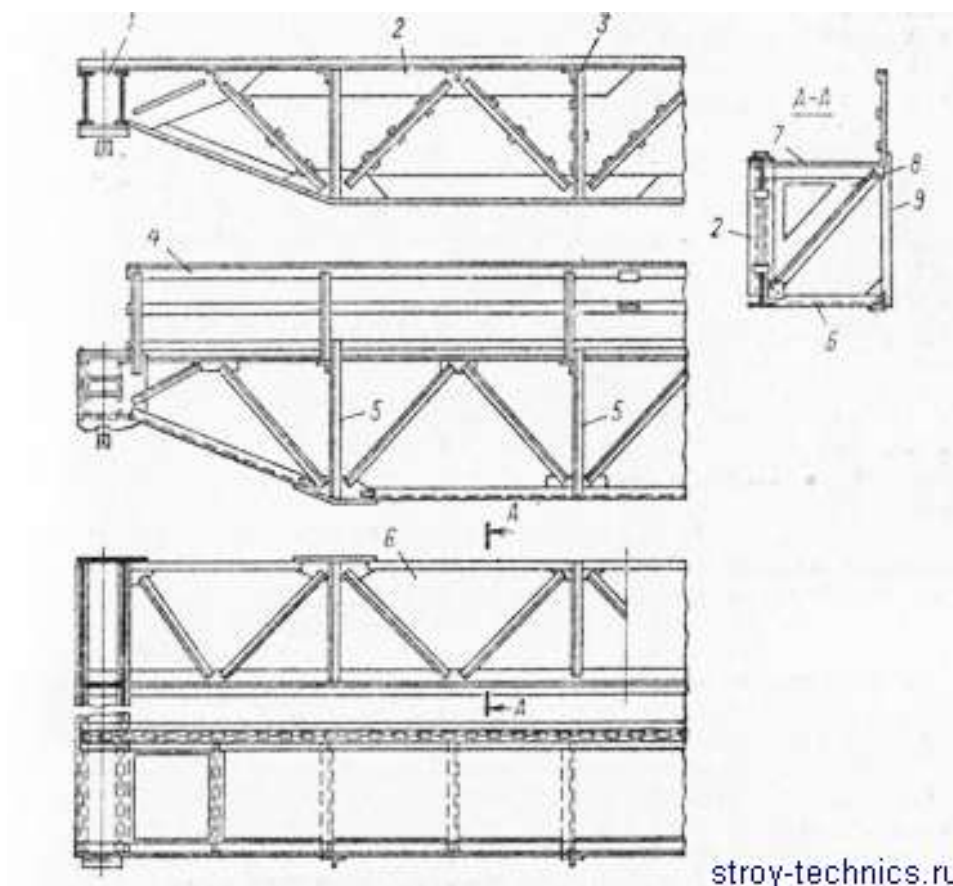


Рисунок 1.3.3 - Мостовой опорный кран ферменной металлоконструкції



stroy-technics.ru

Рисунок 1.3.4 - Металоконструкція моста крана з головними ферменними балками

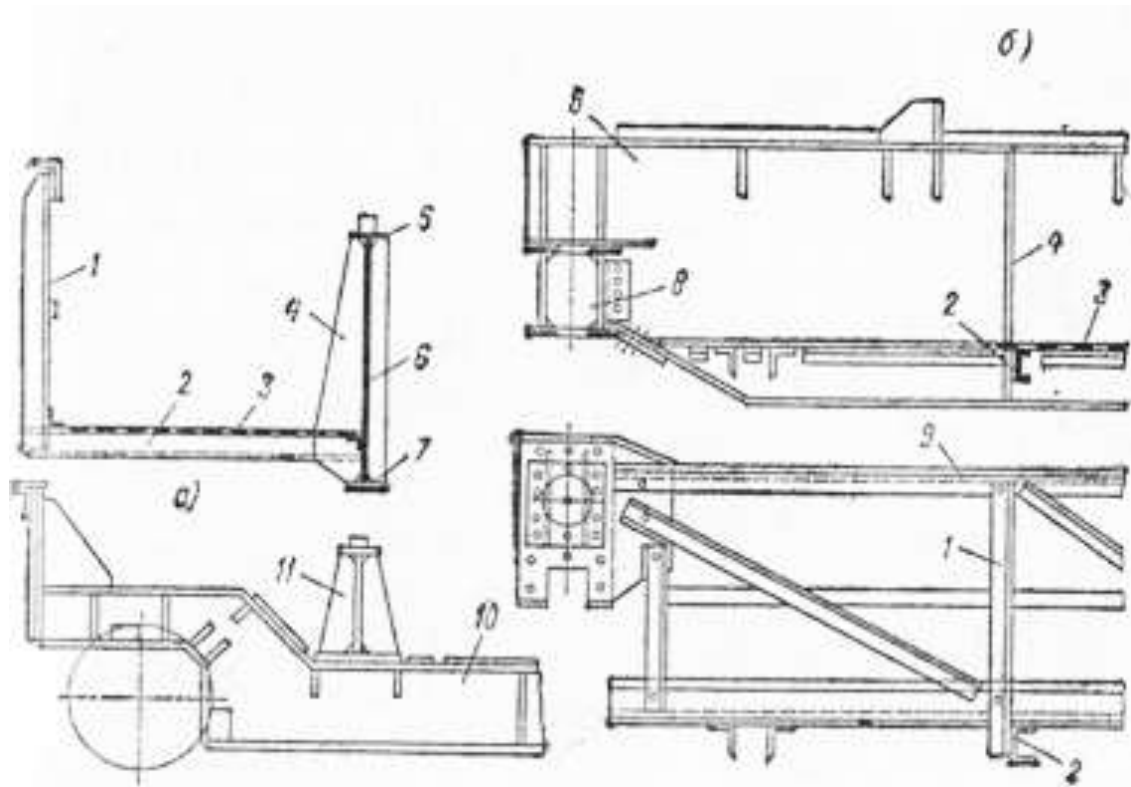
Верхній і нижній пояси головної ферми виконані з профілю таврового перетину, а стрижні верхньої та нижньої ферми - з уголкового профілю.

Металоемність ферменної металоконструкції мостів менше металоемності металоконструкції коробчатого перетину, а трудомісткість виготовлення вище, тому останнім часом ферменні конструкції мостів серійно не виготовляють.

Більшою несучою здатністю володіють головні балки, виконані по чотирьохплоскостній схемі. Ці балки в основній вертикальній площині виконані суцільностінчатими, а в горизонтальній і допоміжній вертикальній площинах - у вигляді ферм.

Металоконструкція мосту з незамкненими головними балками, виконаними по незамкненою трьохплощинною схемою. Головна балка (рис.1.3.5, а) сприймає вертикальні навантаження стінкою зі звареного двутавра, а горизонтальні навантаження - верхнім і нижнім поясами. Для створення просторової жорсткості використовують напіврами, що складаються з ребер, регілей і стійок. Напіврами мають ґратчастий настил. Кінцева балка (рис. 1.3.5, б) виконана з двох зварних двутаврів. Надбуксовий вузол, який служить для кріплення букс ходових коліс, виконаний посиленою конструкції. Схема з'єднання головної в кінцевих балок - напівповерхова за допомогою накладок (рис. 1.3.5, в), В місці обпирання головна балка підкріплена бічними ребрами жорсткості. Допоміжна ферма прикріплена до кінцевій балці за допомогою опорного вузла (рис. 1.3.5, г).

Головні балки коробчатого перетину або ферменні виконані з прогином вгору, так званим будівельним підйомом. Будівельний підйом в деякій мірі компенсує прогин головних балок при нагрузеіі крана вертикальними навантаженнями, що призводить до зниження опорів пересуванню візки.



а - перетин головної балки; б - кінцева балка; в - з'єднання головної і кінцевої балок; г - допоміжна ферма

Рисунок 1.3.5 - Металоконструкція моста крана з головними балками по трьохплощинній схемі з'єднання.

У двобалкових мостах поряд з досить поширеними головними балками у вигляді чотирьох (іноді трьох) просторово розташованих площин, виконаних з листа (рис. 1.3.6) або у вигляді ферм, застосовують і різні відкриті і комбіновані балки. Рейки для опорних візків посередині балки, над однією з її стінок або на нижньому поясі. Горизонтальна жорсткість у одноствінних балок досягається застосуванням розвинутого верхнього пояса, виконаного у вигляді горизонтально розташованого двутавра.

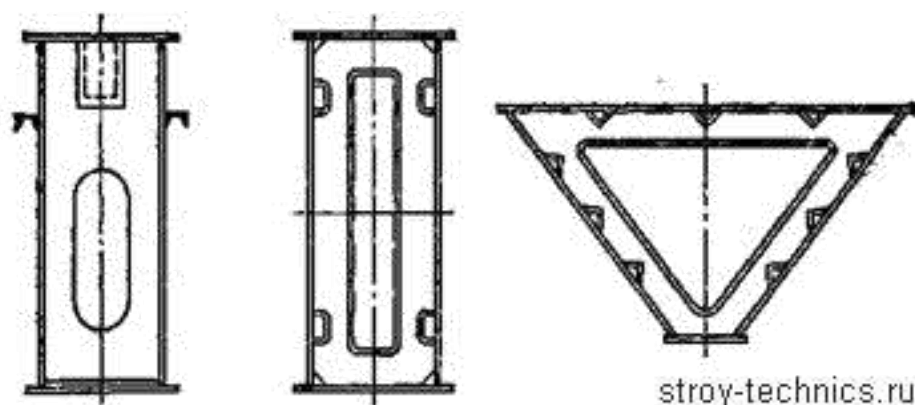


Рисунок 1.3.6 - Коробчаті балки

Просторова жорсткість створюється в закритих балках діафрагмами, розміщеними по довжині прольоту, а у відкритих - поперечними рамами або спеціальними коробками і ребрами жорсткості. На рис. 1.3.7 показано кілька типів таких балок: кутова суцільностінчата (рис.1.3.7, а), коробчата фермова з основною листовою або ферменною стінкою (рис. 1.3.7, б), з несиметричними коробчатими балками (рис. 1.3.7, в), з балками, посиленими коробками (рис.1.3.7, г і д) і з відкритою просторовою фермою (рис. 1.3.7, е).

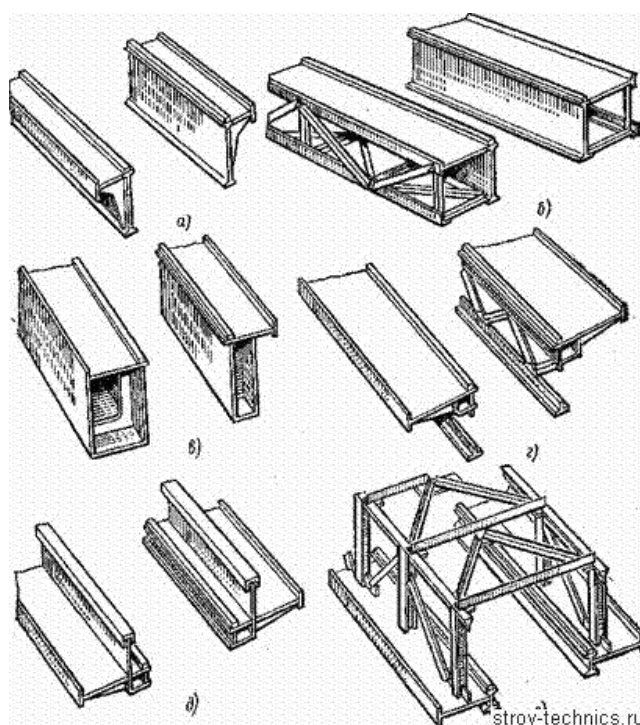


Рисунок 1.3.7 - Типи пролітної частини мостів 206

При виготовленні прогонних частин кранів у вигляді ферм можливо поряд з прокатними профілями застосовувати і труби. Останні дозволяють використовувати їх в якості довгих стрижнів і скоротити витрату металу на додаткові зв'язки. Це особливо важливо для стрижнів, переріз яких вибирається з умов граничної гнучкості. До числа переваг використання труб відноситься можливість застосування стінок меншої товщини. Так, якщо товщина полиць куточків зазвичай не менше V10-V20 ширини полиці, то для труб ця величина зменшується до V20-V50 діаметра.

Трудомісткість зварювання трубчастих конструкцій на 40% вище, ніж конструкцій з кутової сталі, а вартість конструкцій з них на 8-15% вище, ніж конструкцій з куточків, хоча вартість труб приблизно на 20% перевищує номінальну вартість кутового прокату. Це пояснюється різким зменшенням кількості допоміжних елементів (фасонок, прокладок і т. Д.).

Поверхня трубчастої ферми приблизно на 30% менше поверхні ферми з прокату. Ця обставина не тільки зменшує вітрове навантаження на кран, а й знижує експлуатаційні витрати за рахунок зменшення площі поверхні, що фарбується. Оскільки елементи з кільцевим замкнутим перерізом при рівній площі перетину мають в порівнянні з перетинами елементів інших типів більший радіус інерції, застосування їх в конструкціях ферменних мостів дає зниження маси на 25-30%.

Важливим з точки зору конструкції є вузол з'єднання головних балок з кінцевими. Це з'єднання крім необхідної міцності повинен бути досить жорстким, щоб сприймати згинальні моменти в місцях стикування балок при дії горизонтальних навантажень. Від горизонтальної жорсткості моста в значній мірі залежить величина перекосу крана при русі і ступінь зносу ходових коліс.

1.3.2 Козлові крани

Міст козлового крана складається з однієї або двох ґратчастих ферм трьох- або чотирикутного перетину з постійним або змінним перетином на консолях. В перевантажувальних кранах обидві опори можуть мати просторову форму з уголкового профілю. В останні роки козлові крани випускаються з суцільностінчатих металоконструкцій із застосуванням спеціальних профілів.

Крани великого прольоту з одною шарнірно закріпленою парою опор називаються мостовими перевантажувачами. Такі перевантажувачі великої вантажопідйомності прольотом до 100 м застосовуються на великих підприємствах і в морських портах. Мостові перевантажувачі зазвичай обладнані багатоканатними ґрейферами для переробки навалювальних вантажів.

На рис. 1.3.8 показана схема двухконсольного самомонтуючого козлового крана КД-05.

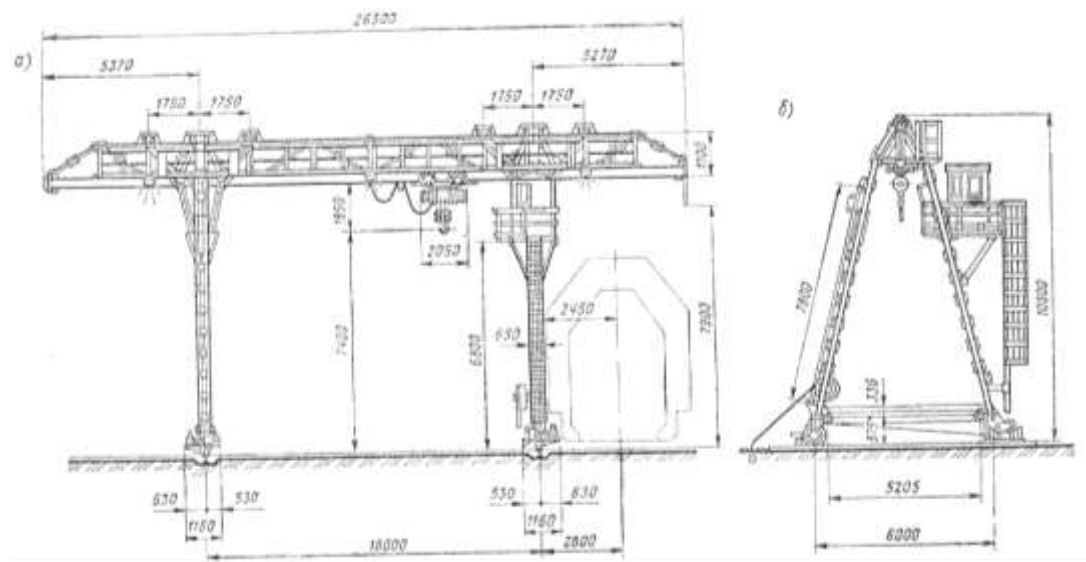


Рисунок 1.3.8-Схема крана КД-05.а - вид спереду; б - вид збоку

Крани КД-05 мають міст у вигляді ферми трикутного перетину і стійки опор з розвиненою підкісною конструкцією у верхній частині. Опори і ферми жорстко з'єднуються болтами. По нижньому поясу моста приварена двотаврова балка для підвіски і пересування тельфера. Опори крана КД-05 виготовляють з швелерів, з'єднаних між собою косинками. У верхній частині кожної стійки опора має по два кронштейна, виконаних також з швелера. Їздова балка, через яку переміщається тельфер, виготовлена з двутавра № 30М і кріпиться на болтах до нижнього поясу ферми. По кінцях балки встановлені кронштейни для обмеження ходу тельфера, що складаються з кутників та дерев'яних амортизувальних подушок.

Ферма крана КД-05 має два пояси: верхній - з двох прогонів кутувий стали і нижній - також з двох прогонів. Між прогонами нижнього поясу є обрешетка, що складається зі стійок і підкосів. На верхньому поясі встановлені щоки для краплення опор. Щоки мають ребра жорсткості і накладки в місцях установки шарнірних валів.

Козловий кран КК-5 (рис. 1.3.9) має балочну конструкцію, завдяки якій вдалося збільшити жорсткість і забезпечити високу швидкість пересування.

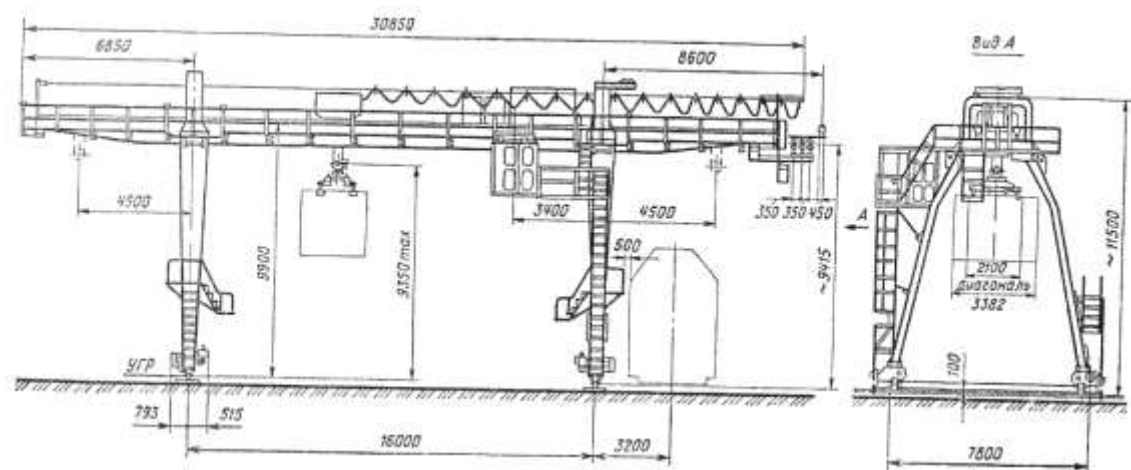


Рисунок 1.3.9 - Схема крана КК-5

Пролітна будова крана КК-5 складається з двох балок, з'єднаних кінцевими кронштейнами за допомогою болтів. Всі балки коробчатого

перетину. Уздовж верхнього пояса кожної балки прокладено рельси для переміщення вантажного візка, а збоку до нижнього поясу приварений настил з перилами, який утворює по контуру прогонової будови ходову галерею моста. У місцях установки опор до головних балок приварені опорні коробки, до яких кріпляться болтами дугові стяжки. Дугові стяжки призначені для підвищення жорсткості моста в опорній частині.

Збоку від однієї з головних балок в прольоті приварені два кронштейна, на яких встановлюється ремонтна площадка, що служить одночасно місцем кріплення кабіни. Для виходу в галерею є сходи. До металоконструкції моста кріплять освітлювальну арматуру і кронштейни тролейного токос'ємника.

Козлової кран КПБ-10М (рис. 1.3.10) влаштований так само, як і КК-5.

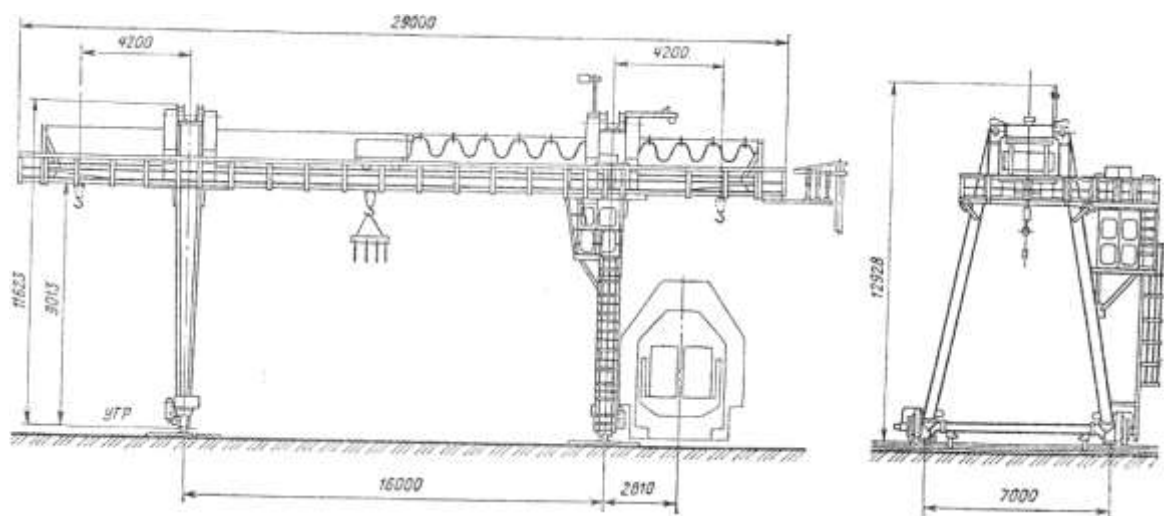


Рисунок 1.3.10 - Схема крана КПБ-10М

Кран КПБ-10М випускають спареним з двох кранів КДКК-Ю за допомогою штанги. Це необхідно для підйому довгомірної рейко-шпальної решітки на звеносборочних базах.

Міст крана КПБ-10 виготовлений з листової сталі товщиною 5 мм методом напівавтоматичного зварювання. Кожна з боковин моста довжиною 29 м має коробчатий перетин, звужується по краях. До боковин приварені кронштейни коробчатого перетину з привалочними площинами, якими одна

бокова частина моста прилягає до іншої і закріплюється болтами. У місці приєднання опор міст має два портали, що представляють собою спарену коробчатого перетину раму, пов'язану з мостом болтами. У верхніх кутах порталів на шарнірах укріплені опори крана. По всій довжині мосту крана прокладені рейки Р15 для переміщення візка.

Варіант козлового крана КК-12,5 (рис.1.3.11) має коробчатую конструкцію мосту і опор.

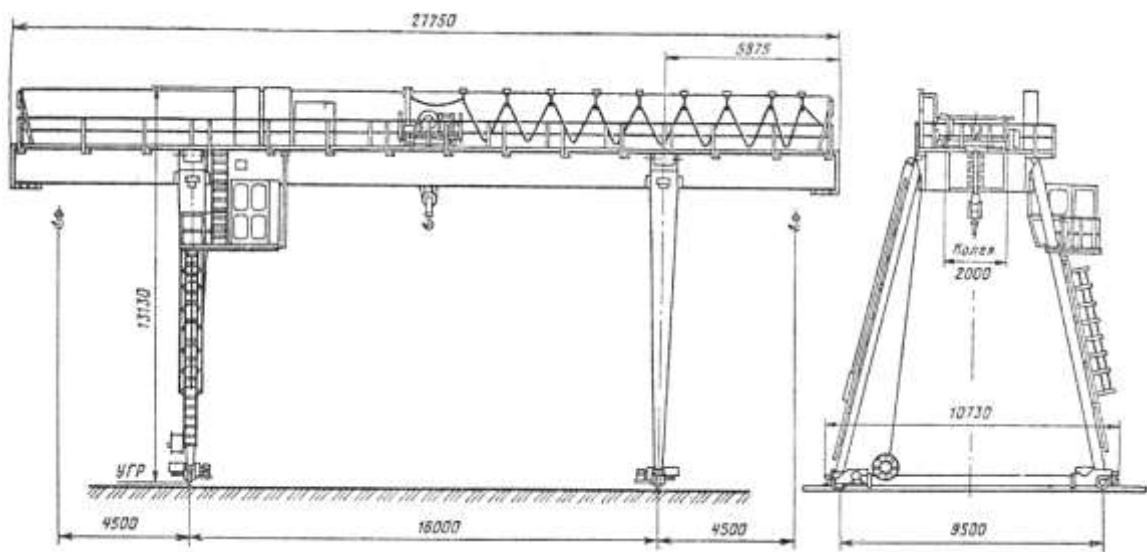


Рисунок 1.3.11 - Схема крана КК-12,5

Крани КК-12,5 зовсім недавно з'явилися на залізничних станціях і використовуються на майданчиках, що мають кранову колію 16 м. На відміну від кранів КПБ-ЮМ, ці крани розраховані на середній режим роботи, а в основному вони близькі за характеристиками: вантажопідйомність 12,5 т, проліт 16 м, робочий виліт консолі 4,5 м; швидкості (підйому 13,2 м / хв, пересування крана 63,5 м / хв, пересування візка 40 м / хв), висота підйому 10 м, маса 32,4 т.

Для вантаження і вивантаження довгомірних вантажів на залізничних станціях застосовується кран ККС-10 (рис.1.3.12).

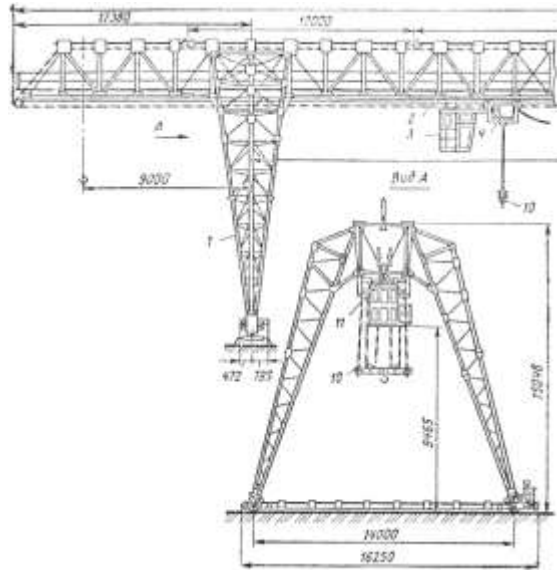


Рисунок 1.3.12 - Кран ККС-10 - жорстка опора; 2 - міст; 3 - кабіна; 4 - вантажний візок; 5 - канат 7 - гнучка опора; в - приводний ходовий візок;

Кран ККС-10 має широко розставлені опори, що дозволяють переміщати між ними без розвороту вантажі довжиною до 8 м на висоті 8 м.

Міст крана ККС-10 являє собою ґратчасту конструкцію прямокутного перерізу загальною довжиною 54,88 м. Вертикальні ферми підкісного типу з додатковими стійками; горизонтальні - також підкісний типу з елементами жорсткості для зменшення гнучкості підкосів. Стрижні цих ферм складені з одинарних профілів кутової сталі.

У нижній частині ферми на болтах підвішений їздовий монорельс, над яким розташована галерея для обслуговуючого персоналу. До галереї по гнучкій опорі крана ведуть сходи. На галереї влаштовані два майданчики для огляду і обслуговування вантажного візка і платформа для монтажу лебідки пересування візка.

Міст крана ККС-10 складається з п'яти секцій, які сполучають при монтажі болтами за допомогою стикових елементів.

Для скорочення прольоту крана з 32 до 20 м досить вилучити середню секцію моста довжиною 12 м. Ліва консоль крана ККС-10 на 2 м більше

правої. Це необхідно для розміщення на лівій консолі пересувний кабіни при однаковому вильоті гака на обох консолях.

Козлові крани вантажопідйомністю 5-10 т (рис.1.3.13-1.3.20), всі крани (за винятком крана вантажопідйомністю 5 т Львівського ПВРЗ (рис.1.3.13)) є двухконсольними. Довжина консолей (4,2 і 7-8 м) забезпечує перекриття і обслуговування кожною консолю одного або двох залізничних колій.

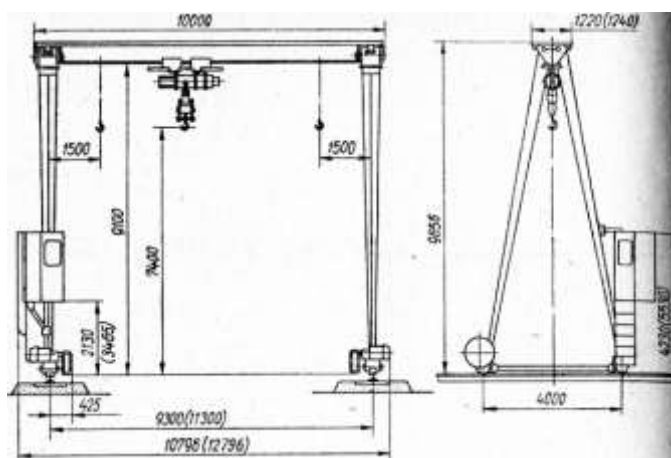


Рисунок 1.3.13. - Самомонтуючийся козловий кран Львівського ПВРЗ

Моделі ККУ-7,5; ККУ-10; КС5Х2-28А і 10-тонний кран Московського механічного заводу № 5 (рис.1.3.14) випускаються із змінним прогоном, що розширює можливість їх використання.

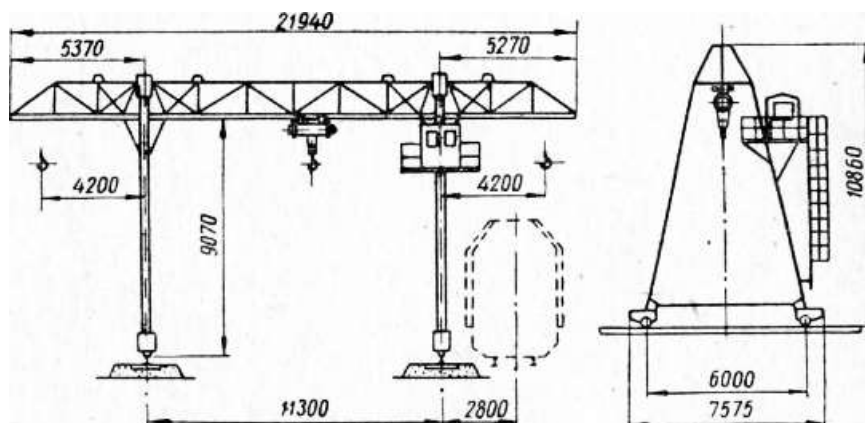


Рисунок 1.3.14 - Двухконсольний самомонтуючийся козловий кран вантажопідйомністю 5 т Московського механічного заводу № 5

Більшість кранів має ригель у вигляді ґратчастої ферми, до якої знизу підвішена двотаврова їздова балка (монорельс). Виняток становлять кран моделі КДКК-7,5 / 10, ригель якого складається з двох суцільностінчатих коробчатих балок, і 5-тонний кран Львівського ПВРЗ (рис.1.3.13) з ригелем з однієї двотаврової балки.

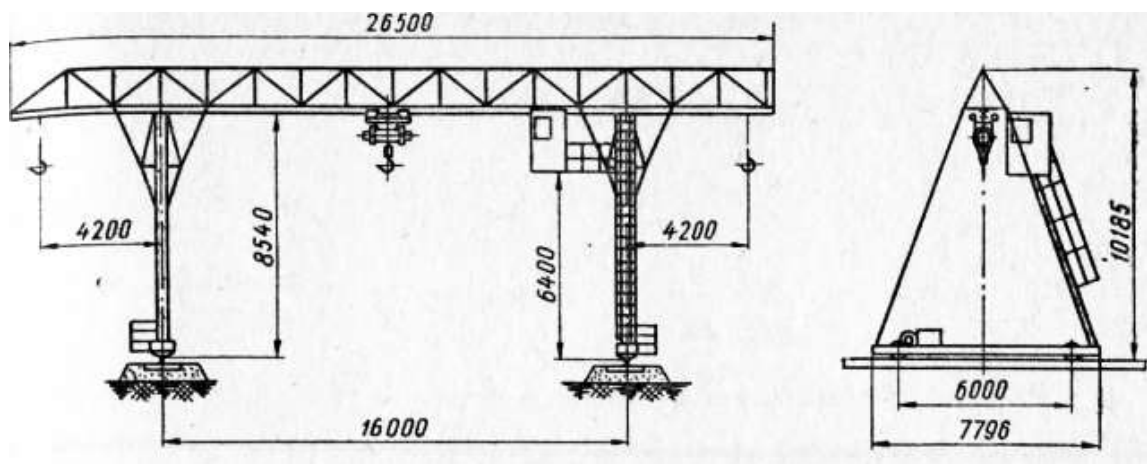


Рисунок 1.3.15 - Двухконсольний козловий кран К-09 ферменний проліт.

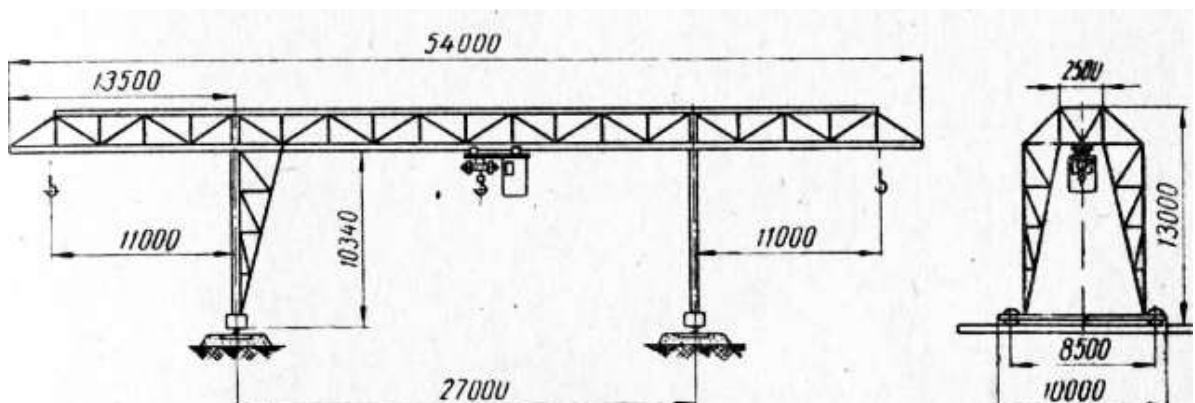


Рисунок 1.3.16 - Двухконсольний козловий кран К-51 ферменний проліт.

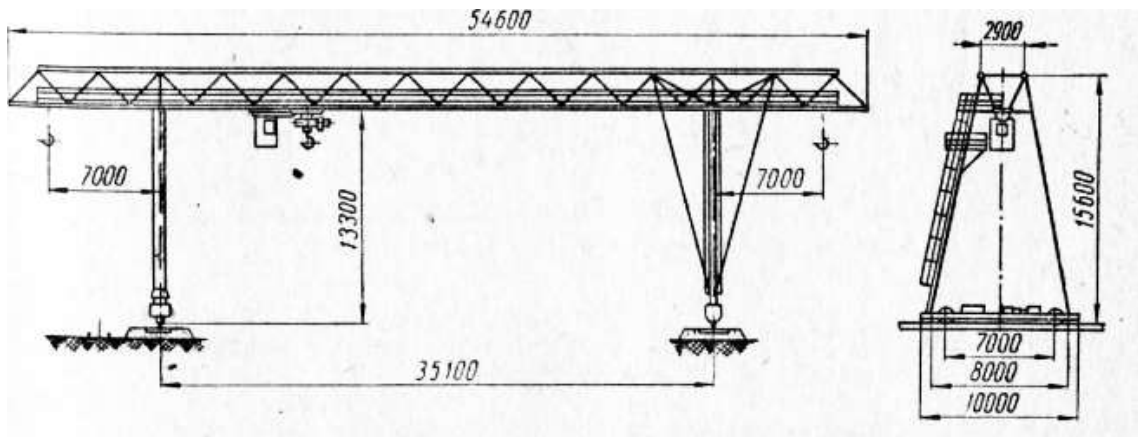


Рисунок 1.3.17 - Двухконсольний козловий кран КК-5 ферменний проліт .

Проліт крана ККУ-7,5 (рис.1.3.18) може бути змінений з 20 на 32 м шляхом вставки секції ригеля. Кран ККУ-10(рис.1.3.18) може мати два виконання, що відрізняються величиною прольоту між опорами.

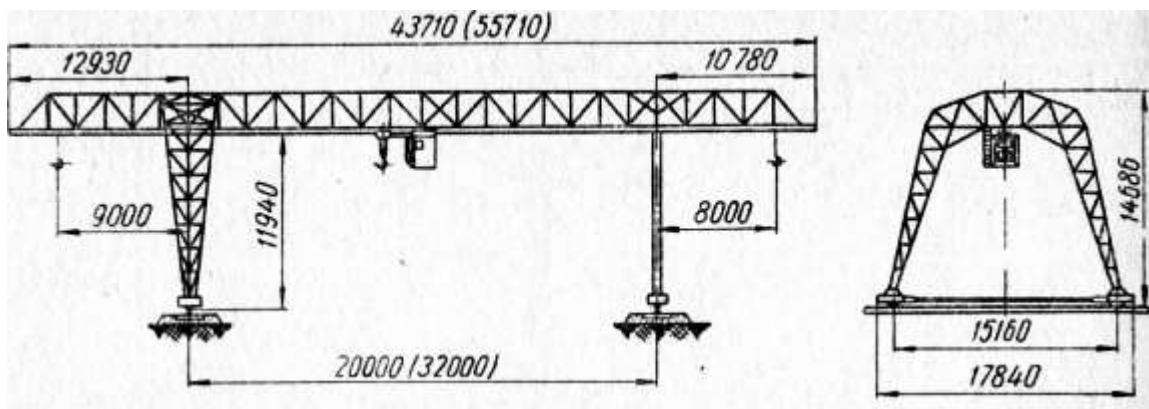


Рисунок 1.3.18 - Двухконсольні козлові крани ККУ-7,5 и ККУ-10 ферменний проліт.

Кран може мати 4 виконання(рис.1.3.19-1.3.22), що відрізняються наявністю вставок ригеля.

Козлові крани вантажопідйомністю 12-50 т

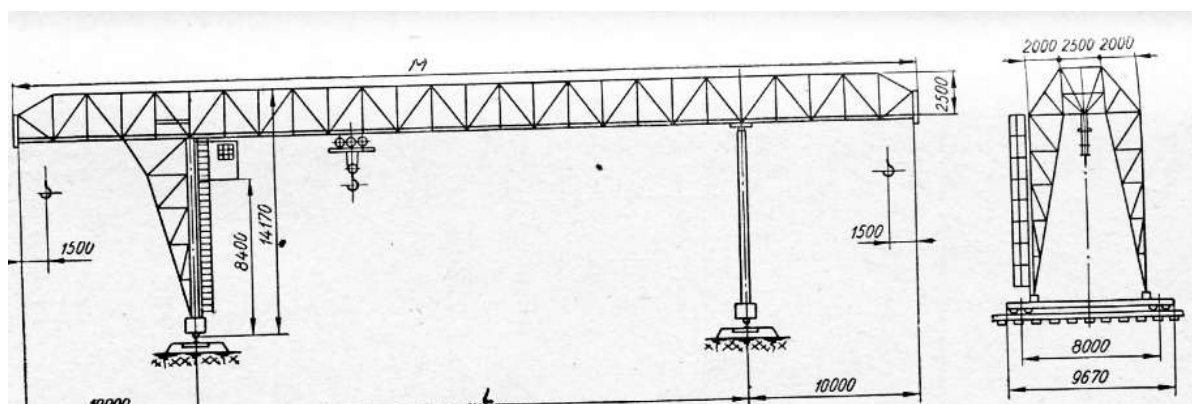


Рисунок 1.3.19 - Двухконсольний козловий кран К2К.

Крани К20-32 і К30-32 (рис 1.3.20) є реконструйованими моделями крана К-202, у яких посилені металоконструкції моста. Це дозволило збільшити проліт, а у крана К30-32, крім того, підвищити вантажопідйомність і швидкості пересування крана і візка.

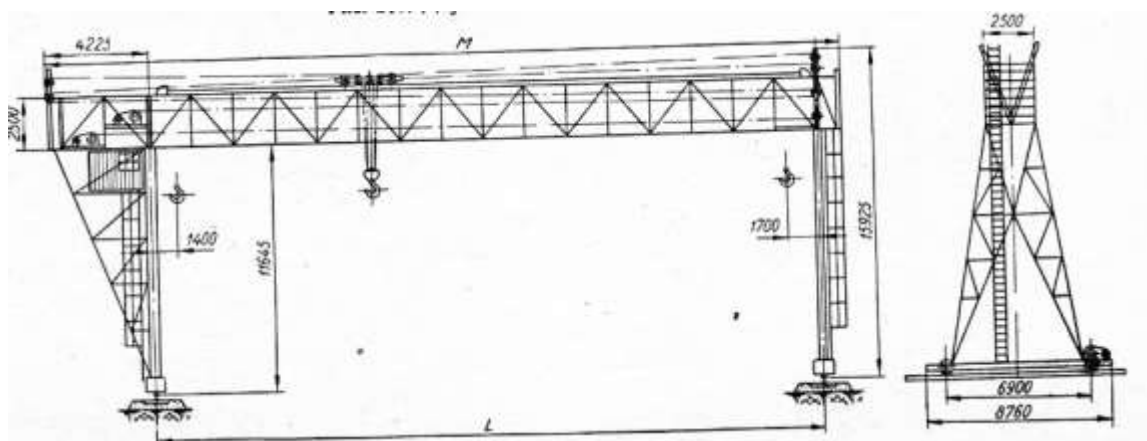


Рисунок 1.3.20 - Козловий кран К20-32 (К30-32).

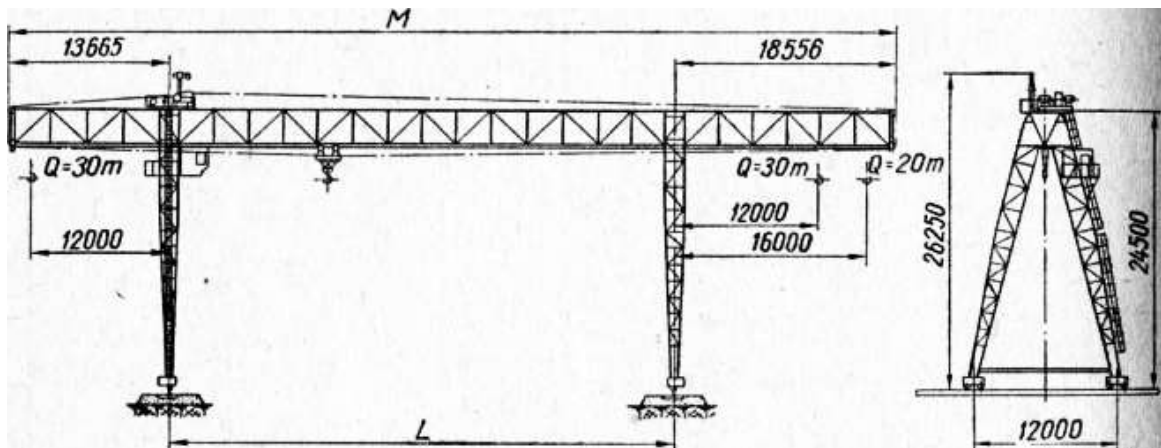


Рисунок 1.3.21 - Двухконсольний козловий кран КСК30-42А.

Козлові крани з попередньо напруженим ригелем.

Модернізація існуючих козлових кранів дозволяє збільшити їх вантажопідйомність, проліт і висоту підйому. Подальша модернізація полягала в підвищенні несучої здатності ригеля шляхом його попереднього напруження, яке створюється контрвантажом через вантові розтяжки. Попереднє напруження дозволяє в 1,5-2 рази збільшити вантажопідйомність кранів і створити нові моделі з збільшеними прольотами і меншою вагою в порівнянні з існуючими кранами тієї ж вантажопідйомності. Кран К-302П являє собою модернізований кран К-302 (рис.1.3.22), вантажопідйомність якого збільшена за рахунок посилення стиків ригеля і попереднього його напруження.

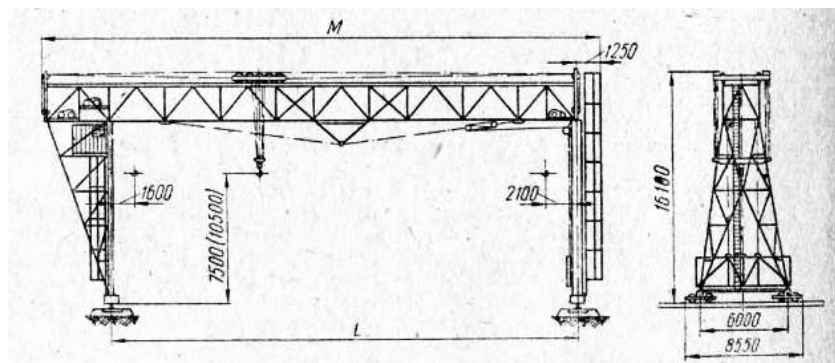


Рисунок 1.3.22 - Козловий кран з попередньо навантаженим ригелем К-302П. Сучасні козлові крани які використовуються на виробництвах(рис.1.3.23-1.3.27)



Рисунок 1.3.23 - Козловий кран ферма однобалочний двоконсольний



Рисунок 1.3.24 - Козловий кран однобалочний коробчата балка
двоконсольний



Рисунок 1.3.25 - Козловий кран однобалочний коробчата балка
двоконсольний



Рисунок 1.3.26 - Козловий кран ферма двоконсольний



Рисунок 1.3.27 - Козловий кран двоблочний двоконсольний коробчатий проліт

1.4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ ДВОХБАЛКОВИХ КРАНІВ

1.4.1 Загальні відомості

Розрахунок металевої конструкції крана включає перевірку міцності і стійкості конструкції при дії максимальних навантажень робочого стану, а при необхідності також при максимальних навантаженнях неробочого стану. Розрахунок на опір втомі носить перевірочний характер і проводиться після розрахунку на міцність і стійкість, коли в проекті виявлені всі конструктивні особливості елементів. Цей розрахунок ведуть по еквівалентним навантаженням робочого стану, що враховує багаторазову дію змінних навантажень, що виникають протягом усього терміну служби крана.

Розрахунок металевих конструкцій і їх елементів ведуть одним з двох методів: розрахунок за методом граничних станів і методу допустимих напружень.

1.4.2 Метод граничних станів

При розрахунку за цим методом конструкція розглядається в своєму розрахунковому граничному стані. За розрахунковий граничний стан приймається такий стан конструкції, при якому вона перестає задовольняти пропонованим до неї експлуатаційним вимогам, або втрачає здатність чинити опір зовнішнім впливам, або отримує неприпустиму деформацію або місцеве ушкодження. Для сталевих конструкцій встановлено два розрахункових граничних станів:

перший розрахунковий граничний стан, обумовлений несучою здатністю (міцністю, стійкістю або витривалістю); цьому граничному стану повинні задовольняти всі сталеві конструкції;

другий розрахункове граничний стан, обумовлений розвитком надмірних деформацій (прогинів і переміщень); цьому граничному стану повинні задовольняти конструкції, в яких величина деформацій може обмежити можливість їх експлуатації.

Перше розрахунковий граничний стан виражається нерівністю

де N - розрахункове зусилля в конструкції від суми впливів розрахункових навантажень P в найбільш не вигідній комбінації; Φ - несуча здатність конструкції, що є функцією геометричних розмірів конструкції, розрахункового опору матеріалу R і коефіцієнта умов роботи m . Встановлені нормами найбільші величини навантажень, що допускаються при нормальній експлуатації конструкцій, називаються нормативними навантаженнями R_n . Розрахункові навантаження P , на які розраховується конструкція (щодо граничного стану), приймаються трохи більше нормативних. Розрахункове навантаження визначається, як добуток нормативного навантаження на коефіцієнт перевантаження n (більший одиниці), що враховує небезпеку перевищення навантаження в порівнянні з її нормативним значенням внаслідок можливої мінливості навантаження:

$$P = P_n n.$$

Значення коефіцієнтів наведені в таблиці нормативних та розрахункових навантажень, коефіцієнти перевантаження. Таким чином, конструкції розглядають під впливом не експлуатаційних (нормативних), а розрахункових навантажень. Від впливу розрахункових навантажень в конструкції визначають розрахункові зусилля (осьове зусилля N або момент M), які знаходять за загальними правилами опору матеріалів та будівельної механіки. Права частина основного рівняння - несуча здатність конструкції Φ - залежить від граничного опору матеріалу силових дій, що характеризується механічними властивостями матеріалу і нормативним опором R_n , а також від геометричних характеристик перерізу (площі перерізу

F, моменту опору W і т. п.). Для будівельної сталі нормативний опір прийнято рівним межі текучості (для найбільш поширеною будівельної сталі марки Ст. 3 $\sigma_T = 2400 \text{ кг / см}^2$).

$$R^* = \sigma_T$$

За розрахунковий опір сталі R приймається напруга, рівна нормативному опору, помноженому на коефіцієнт однорідності k (менший одиниці), що враховує небезпеку зниження опору матеріалу в порівнянні з нормативним його значенням внаслідок мінливості механічних властивостей матеріалу.

$$R = kR^*$$

Для звичайних маловуглецевих сталей $k = 0,9$, а для сталей підвищеної якості (низьколеговані) $k = 0,85$. Таким чином, розрахунковий опір R - це напруга, рівна найменшому можливому значенню границі текучості матеріалу, яке і приймається для конструкції як граничне. Крім того, для безпеки споруди повинні бути враховані всі можливі відхилення від нормальних умов, викликані особливостями роботи конструкції (наприклад, умови, що сприяють появі підвищеної корозії і т. д.). Для цього вводиться коефіцієнт умов роботи m, який для більшості конструкцій і з'єднань приймається рівним одиниці. Таким чином, основне розрахункове рівняння матиме такий вигляд:

$$N \leq mRF_{нт} \quad \text{или} \quad M \leq mRW_{нт}$$

де N і M - розрахункові осьові сили або моменти від розрахункових навантажень (з урахуванням коефіцієнтів перевантаження); $F_{нт}$ - площа перерізу нетто (за вирахуванням отворів); $W_{нт}$ - момент опору перерізу нетто (за вирахуванням, отворів);

при перевірці конструкції на стійкість

$$N \leq m\varphi RF_{\phi p} \quad \text{или} \quad M \leq m\varphi_{\delta} RW_{\phi p}$$

де $F_{бр}$ і $W_{бр}$ - площа і момент опору перерізу бруто (без вирахування отворів); φ і φ_b - коефіцієнти, що зменшують розрахунковий опір до значень, які забезпечують стійку рівновагу. Зазвичай при розрахунку наміченої конструкції спочатку підбирають перетин елемента і потім перевіряють напругу від розрахункових зусиль, які б перевищували розрахунковий опір, помноженого на коефіцієнт умов роботи. Тому поряд з формулами виду формул вище будемо записувати ці формули в робочому вигляді через розрахункові напруги, наприклад:

при перевірці на міцність

$$\sigma = \frac{N}{F_{нт}} \leq mR$$

чи

$$\sigma = \frac{M}{W_{нт}} \leq mR;$$

при

$$\sigma = \frac{N}{F_{бр\varphi}} \leq mR$$

чи

$$\sigma = \frac{M}{W_{бр\varphi_b}} \leq mR,$$

де σ - розрахункове напруження в конструкції (від розрахункових навантажень).

1.4.3 Метод допустимих напружень

В його основі лежить умова міцності

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma],$$

яке для випадку розтягування (стиснення) набуває вигляду

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

де σ_{\max} – найбільше за величиною напруження, що виникає в небезпечних точках найбільш навантаженого перерізу;

$[\sigma]$ - допустиме напруження, яке для кожного матеріалу знаходиться за формулою

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{оп}}}{n}.$$

де $\sigma_{\text{оп}}$ – небезпечна напруга, за яку приймають або межу плинності при статичному навантаженні для пластичних матеріалів, або межу міцності для крихких;

n - коефіцієнт запасу міцності, що враховує весь комплекс факторів, що впливають на точність розрахунків - розкид механічних характеристик матеріалу, похибки методик розрахунку, спрощення умов навантаження, особливості роботи конструкції і т.д. Коефіцієнти запасу призначаються технічними умовами і нормами проектування, вони можуть істотно відрізнятися в різних галузях виробництва. Для пластичних матеріалів коефіцієнт запасу приймається зазвичай рівним $n = 1.4 \dots 1.6$, для тендітних $n = 2.5 \dots 3.5$. З розвитком техніки, зростанням якості виробництва і точності розрахунків коефіцієнти запасу мають тенденцію до зниження.

2 РОЗРАХУНОК ПЕРЕТИНІВ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

2.1 РОЗРАХУНОК МОСТОВОГО КРАНУ В/П 20Т ПРОЛІТ 22,5М

2.1.1 Коробчата металоконструкція

Вибираємо сталь Ст.3 ГОСТ 380 з наступними характеристиками

Таблиця 2.1 Характеристика сталі Ст. 3

Межа текучості	$\sigma_T = 235 \dots 255 \text{ МПа}$
Межа міцності	$\sigma_b = 370 \dots 380 \text{ МПа}$
Модуль Юнга першого порядку	$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
Відносне видовження	$\varepsilon = 23 \dots 26\%$
Ударна в'язкість при -20°C	$a \geq 30 \cdot 10^5$
Щільність	$\rho = 7,35$

Балки одно балкових кранів, зазвичай, виконують у вигляді коробчастої листової конструкції з співвідношенням ширини балки В до її висоти Н в межах

$$\frac{B}{H} = 0,6 \dots 1$$

$$H = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times L = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times 22,5 = 1,8 \text{ м}$$

$$B = 1,8 \text{ м}$$

Товщина стінки може бути в межах

$$\delta_c \geq 7 + 3H = 12 \text{ мм}$$

З визначених обмежень попередньо обираємо поперечні параметри балки та розміри її складових елементів (рис.2.1), які заносимо до табл.

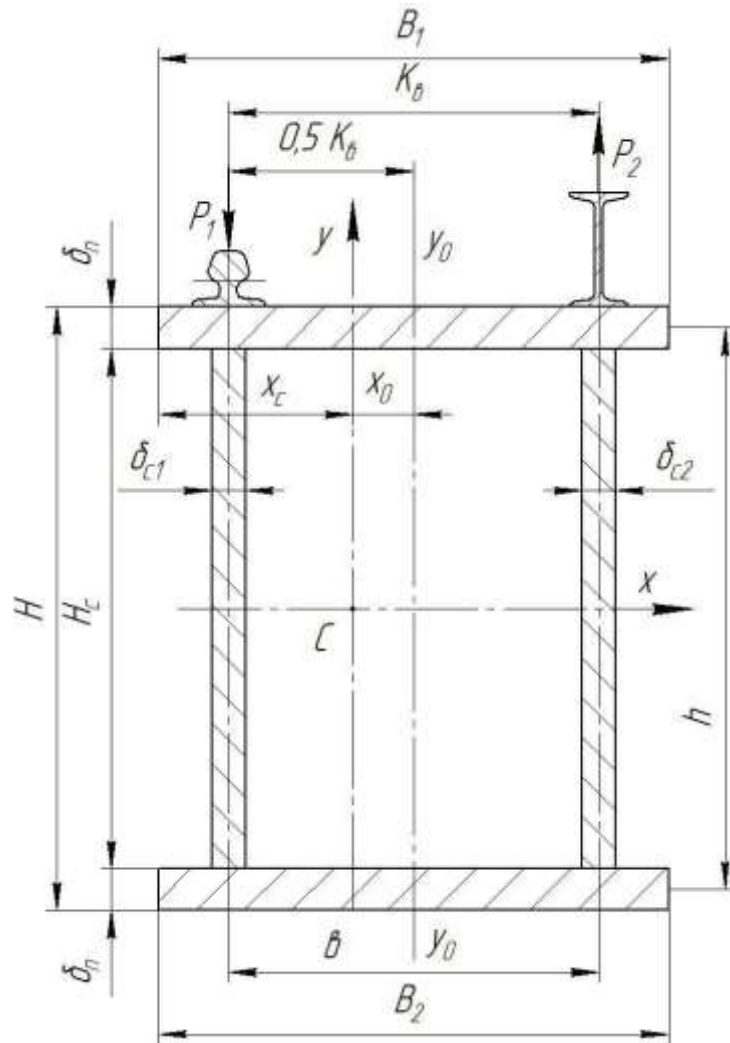


Рисунок 2.1 – Поперечний перетин головної балки крана

Таблиця 2.2 – Розміри балки

Висота, H , м	1,8
Ширина, B_1 , мм	1800
Товщина стінки під рейкою підвізковою, δ_c , мм	12
Товщина другої стінки, δ_c , мм	10
Товщина верхнього та нижнього поясів, $\delta_n = \delta_n$, мм	12
Ширина поясу B_2 , м	1660
Висота стінки, H_c , мм	1776
Відстань між осями стінок, b , мм	1600
Відстань між осями поясів, h , мм	1788

Працездатність металоконструкції головної балки оцінюється по величині допускового прогину балки f (СНіП II-23-81)

$$[f] = \frac{L}{800} = \frac{22,5}{800} = 0,0282\text{м}$$

Прогин балки визначається в такий спосіб

$$f = \frac{M_{\text{max}} \cdot L^2}{10 \cdot EI_x}$$

Визначимо момент інерції I_x даного перетину. Момент інерції вертикальних стінок

$$I_{xc1} = \frac{\delta_{c1} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,012 \cdot 1,776^3}{12} = 560 \cdot 10^{-5} \text{м}^4$$

$$I_{xc2} = \frac{\delta_{c2} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,01 \cdot 1,776^3}{12} = 467 \cdot 10^{-5} \text{м}^4$$

Моменти інерції поясів

$$I_{xp1} = F_{n1} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,0216 \cdot \left(\frac{0,012 + 1,776}{2} \right)^2 = 1726 \cdot 10^{-5} \text{м}^4$$

$$I_{xp2} = F_{n2} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,0199 \cdot \left(\frac{0,012 + 1,776}{2} \right)^2 = 1590 \cdot 10^{-5} \text{м}^4$$

Таким чином, площі поясів та стінок дорівнюють

$$F_{n1} = \delta_n \cdot B_1 = 0,012 \cdot 1,8 = 0,0216 \text{м}^2$$

$$F_{n2} = \delta_n \cdot B_2 = 0,012 \cdot 1,66 = 0,0199 \text{м}^2$$

$$F_{c1} = \delta_{c1} \cdot H_c = 0,012 \cdot 1,786 = 0,0214 \text{м}^2$$

$$F_{c2} = \delta_{c2} \cdot H_c = 0,01 \cdot 1,786 = 0,0178 \text{м}^2$$

Загальна площа перетину балки

$$F = F_{c1} + F_{c2} + F_{n1} + F_{n2} = 0,0216 + 0,0199 + 0,0214 + 0,0178 = 0,0808 \text{м}^2$$

Сумарний момент інерції перетину балки

$$I_x = I_{xc1} + I_{xc2} + I_{xn1} + I_{xn2} = 560 \cdot 10^{-5} + \\ + 467 \cdot 10^{-5} + 1726 \cdot 10^{-5} + 1590 \cdot 10^{-5} = 4343 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Визначення центру ваги перетину головної балки

$$X_c = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} = \frac{0,0216 \cdot 0,9 + 0,0199 \cdot 0,9 + 0,0214 \cdot 0,1 + 0,0178 \cdot 1,7}{0,0808} \\ = 0,865 \text{ м}$$

Момент інерції відносно осі Y

$$I_y = \frac{\delta_n \cdot B_1^3}{12} \cdot \frac{\delta_n \cdot B_2^3}{12} + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 \\ + \delta_{c1} H_c \left(X_c - \frac{B_1 - b}{2} \right)^2 + \delta_{c2} H_c \left(\frac{b}{2} + \frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 = \\ = \frac{0,012 \cdot 1,8^3}{12} \cdot \frac{0,012 \cdot 1,66^3}{12} + 0,012 \cdot 1,8 \left(\frac{1,8}{2} - 0,865 \right)^2 \\ + 0,012 \cdot 1,66 \left(\frac{1,8}{2} - 0,865 \right)^2 + 0,012 \\ \cdot 1,776 \left(0,865 - \frac{1,8 - 1,66}{2} \right)^2 + 0,01 \cdot 1,776 \left(\frac{1,6}{2} + \frac{1,8}{2} - 0,865 \right)^2 \\ = 0,0353 \text{ м}^4$$

Моменти опору перетину балки

$$W_x = \frac{I_x \cdot 2}{H} = \frac{0,0434 \cdot 2}{1,8} = 0,048 \text{ м}^3$$

$$W_{y1} = \frac{I_y}{x_c} = \frac{0,0353}{0,865} = 0,0408 \text{ м}^3$$

$$W_{y1} = \frac{I_y}{B_1 - x_c} = \frac{0,0353}{1,8 - 0,865} = 0,038 \text{ м}^3$$

Фактичний прогин балки

$$f = \frac{5260 \cdot 22,5^2}{10 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,04343} = 0,0292 \text{ м} \approx [f] = 0,0282 \text{ м}$$

Умова жорсткості балки виконується в межах прийнятих запасів міцності та жорсткості.

Умова міцності

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 104 \leq [\sigma] = 130$$

Умова міцності балки виконується

2.1.2 Однобалковий підсилений двотавр

Металоконструкція виготовляється зі вуглецевої конструкційної сталі В Ст3 СП 5 ГОСТ 380. Яка має досить високі механічні властивості, і разом з тим задовільної ударною в'язкістю, а також гарними технологічними властивостями – зварюваністю, пластичністю.

Таблиця 2.3 – Механічні характеристики сталі.

Сталь	σ_T , МПа	σ_B , МПа	$[\sigma]_p$, МПа	R_p , МПа
Ст3сп5м ГОСТ 380-90	245-255	370-380	170	210

Розрахункова сила ваги піднятого вантажу розраховується у відповідності з комбінаціями навантажень.

$$G_Q = (Q \cdot k_2 + Q_n) \cdot g = (20 \cdot 1.2 + 0.40) \cdot 9.81 = 191.49 \text{ кН},$$

де $Q_n = 0.02 \cdot Q = 0.02 \cdot 20 = 0.40 \text{ т}$ – маса гакової підвіски.

Поздовжню масу прогінної балки попередньо прийmemo $m_\delta = 0.35 \frac{\text{т}}{\text{м}}$

Тоді розрахункова поздовжня сила ваги прогінної балки дорівнює :

$$q_\delta = m_\delta \cdot g \cdot k_1 = 0.35 \cdot 9.8 \cdot 1.1 = 3.77 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Масу електротали вантажопідіймальністю 16 т вибираємо по каталогу Харківського заводу ПТО $m_E = 1.5 \text{ т}$

Розрахункова сила ваги електроталі складає

$$G_E = m_E \cdot g \cdot k_3 = 1.5 \cdot 9.8 \cdot 1.1 = 16.17 \text{кН}$$

де $k_1 = 1.1$, $k_2 = 1.2$, $k_3 = 1.1$ – коефіцієнти перенавантажень по, відповідно, власній вазі металокопструкції, вазі піднятого вантажу, обладнанню.

Розрахункові сила тиску завантаженого електроталія на осі опорно-ходової частини у відповідності до комбінацій дорівнюють:

$$N_1 = \frac{G_Q + G_E}{2} = \frac{191.49 + 16.17}{2} = 103.83 \text{кН}$$

Інерційне навантаження вздовж підкранової колії від власної ваги балки, викликані пуском-гальмуванням кран-балки, дорівнює:

$$q_{\delta i} = q_{\delta} \cdot a = 3.77 \cdot 0.1 = 0.38 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Тиск на одне колесо складає:

$$P = \frac{N_1}{2} = \frac{103.83}{2} = 51.91 \text{кН},$$

Від ваги електроталія з піднятим вантажем :

$$P_{i1} = N_1 \cdot a = 103.83 \cdot 0.1 = 10.38 \text{кН},$$

де $a = 0.1 \text{ м/с}^2$ - рекомендована межа прискорення електроталія та кран-балки.

Інерційне навантаження вздовж прогінної балки від пуску-гальмування завантаженого талія

$$P_i = (G_Q + G_E) \cdot a = (191.49 + 16.17) \cdot 0.1 = 20.76 \text{кН},$$

Прогінну будову виконуємо із перетину, що складається з двотаврової балки, підсиленою по верхньому поясі зварною тригранною коробкою із листа(Рис.2.2).

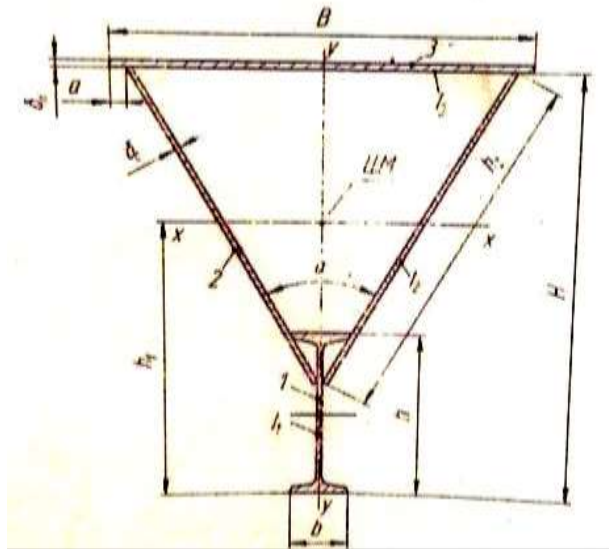


Рисунок 2.2 – Перетин прогінної балки

Розміри елементів балки визначаємо виходячи із умов жорсткості прогону в межах допускнуго прогону для крана без кабіни з групою режиму роботи А4

$$[f] = \frac{L}{800} = \frac{22,5}{800} = 0,0282 \text{ м},$$

Мінімально допускний момент інерції перетину балки дорівнює

$$[j_x] \geq \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot [f]} = \frac{1255,41 \cdot 22,5^2}{10 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,0282} = 0,0081 \text{ м}^4,$$

Так як моменти інерції найбільших із передбачених ГОСТ 19425-74 або ГОСТ 8239-89 гарячекатаних двотаврів не задовольняють допускним умовам прогину, то пропонується підсилити двотавр №33 ГОСТ 8239-89, який є їздовою балкою для електроталю, листовою коробчатою конструкцією тригранного перетину. Щоб забезпечити жорсткість балки задаємося наступними розмірами перетину:

$H = 1,4$ м – висота перетину,

$b_n = 0,012$ м – товщина верхнього поясу,

$B = 1,2$ м – ширина верхнього поясу,

$b_c = 0,01$ м – товщина стінок,

$h = 0.33\text{м}$ – висота двотавра,

$b = 0.14\text{м}$ – ширина полиці двотавра,

$t = 0.0112$ – товщина полиці двотавра,

$a = 0.03$ – звисання поясу,

Розрахунок геометричних характеристик поперечного перетину балки.

Кут нахилу бокових стінок до вертикальної площини

$$\frac{\alpha}{2} = \text{arctg} \frac{B-b}{H-h} = \text{arctg} \frac{1.2-0.14}{2(1.4-0.33)} = 26.34^{\circ}$$

Висота бокових стінок с достатньою точністю визначається

$$h_2 = \frac{B}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{1.2}{2 \cdot \sin 26.34} = 1.35\text{м},$$

Площа поперечного перетину балки дорівнює

$$F = F_1 + 2 \cdot h_2 \cdot \delta_c + B \cdot \delta_n = 53.8 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 1.35 \cdot 0.01 + 1.2 \cdot 0.012 = 0.0467\text{м}^2,$$

Поздовжні бокові листи рекомендується розкріпити поперечними діафрагмами з кроком 1м, для усунення можливої місцевої втрати стійкості.

Відстань центру мас поперечного перетину балки від підшви двотавра

$$h_1 = \frac{F_1 \cdot \frac{h}{2} + 2 \cdot F_2 \cdot \left(H - \frac{h_2}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right) + F_3 \cdot \left(h - \frac{\delta_n}{2} \right)}{F_1 + 2F_2 + F_3}$$

$$h_1 = \frac{53.8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0.33}{2} + 2 \cdot 1.35 \cdot \left(1.4 - \frac{1.35}{2} \cdot \cos 26.34 \right) + 1.2 \cdot 0.012 \cdot \left(0.33 - \frac{0.012}{2} \right)}{53.8 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 1.35 \cdot 0.01 + 1.2 \cdot 0.012} =$$

$$= 0.91\text{м},$$

Моменти інерції поперечного перетину балки з достатньою точністю дорівнює

$$J_x = J_{1x} + 2 \frac{\delta_c \cdot h_2^3 \cdot \cos^2 26.34}{12} + F_1 \cdot \left(h_1 - \frac{h}{2} \right)^2 + 2 \cdot F_2 \cdot \left(H - \frac{h_2}{2} \cdot \cos 26.34 - \delta_n - h_1 \right) + F_3 \left(H - \frac{\delta_n}{2} - h_1 \right)^2$$

$$J_x = 0.98 \cdot 10^{-4} + \frac{2 \cdot 0.01 \cdot 2.47 \cdot 0.804}{12} + 53.8 \cdot 10^{-4} \cdot (0.91 - 0.165)^2 + 2 \cdot 0.01 \cdot 1.35 \cdot (1.4 - 0.675 \cdot 0.89 - 0.012 - 0.091)^2 + 1.2 \cdot 0.012 \cdot (1.4 - 0.006 - 0.91)^2 = 101.69 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

$$J_y = J_{1y} + 2 \frac{\delta_c \cdot h_2^3 \cdot (\cos 90 - 26.34)^2}{12} + J_{3y} + 2 \cdot F_2 \cdot \left(\frac{h_2}{2} \cdot \sin 26.34 \right)^2$$

$$J_y = 419 \cdot 10^{-8} + \frac{2 \cdot 0.01 \cdot 2.47 \cdot 0.196}{12} + \frac{0.012 \cdot 1.225}{12} + 2 \cdot 0.01 \cdot 1.35 \cdot (0.675 \cdot 0.44)^2 = 44.5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

Моменти опору перетину балки

$$W_{x1} = \frac{J_x}{h_1} = \frac{101.69 \cdot 10^{-4}}{0.91} = 111.74 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$W_{x2} = \frac{J_x}{H - h_1} = \frac{101.69 \cdot 10^{-4}}{1.4 - 0.91} = 207.53 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$W_{y1} = \frac{2 \cdot J_y}{b} = \frac{2 \cdot 44.55 \cdot 10^{-4}}{0.14} = 636.42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$W_{y1} = \frac{2 \cdot J_y}{B} = \frac{2 \cdot 44.55 \cdot 10^{-4}}{1.2} = 74.25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

Розрахунковий фактичний прогин балки

$$f = \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot J_x} = \frac{1255 \cdot 22.5^2}{10 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 101.69 \cdot 10^{-4}} = 0.028 \text{ м} \leq [f]$$

$$0.028 \leq 0.028 - \text{ умова виконується}$$

Умова міцності

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 104 \leq [\sigma] = 130$$

Умова міцності балки виконується

2.1.3 Мостовий двубалочний кран

Вибираємо сталь Ст.3 ГОСТ 380 з наступними характеристиками

Таблиця 2.4 - Характеристика сталі Ст. 3

Межа текучості	$\sigma_T = 235 \dots 255 \text{ МПа}$
Межа міцності	$\sigma_b = 370 \dots 380 \text{ МПа}$
Модуль Юнга першого порядку	$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
Відносне видовження	$\varepsilon = 23 \dots 26\%$
Ударна в'язкість при -20°C	$a \geq 30 \cdot 10^5$
Щільність	$\rho = 7,35$

Висоту балки H та ширину B можна вибрати в межах

$$H = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times L = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times 22,5 = 1,8 \text{ м}$$

$$\frac{H}{2} \geq B \geq \frac{H}{3}$$

$$B = (0,9 \dots 0,6) \text{ м}$$

Товщина стінки може бути в межах

$$\delta_c \geq 7 + 3H = 11 \text{ мм}$$

Товщина поясу може бути

$$\frac{B}{30} \geq \delta_n \geq \frac{B}{60}$$

$$\delta_n = (26 \dots 13) \text{ мм}$$

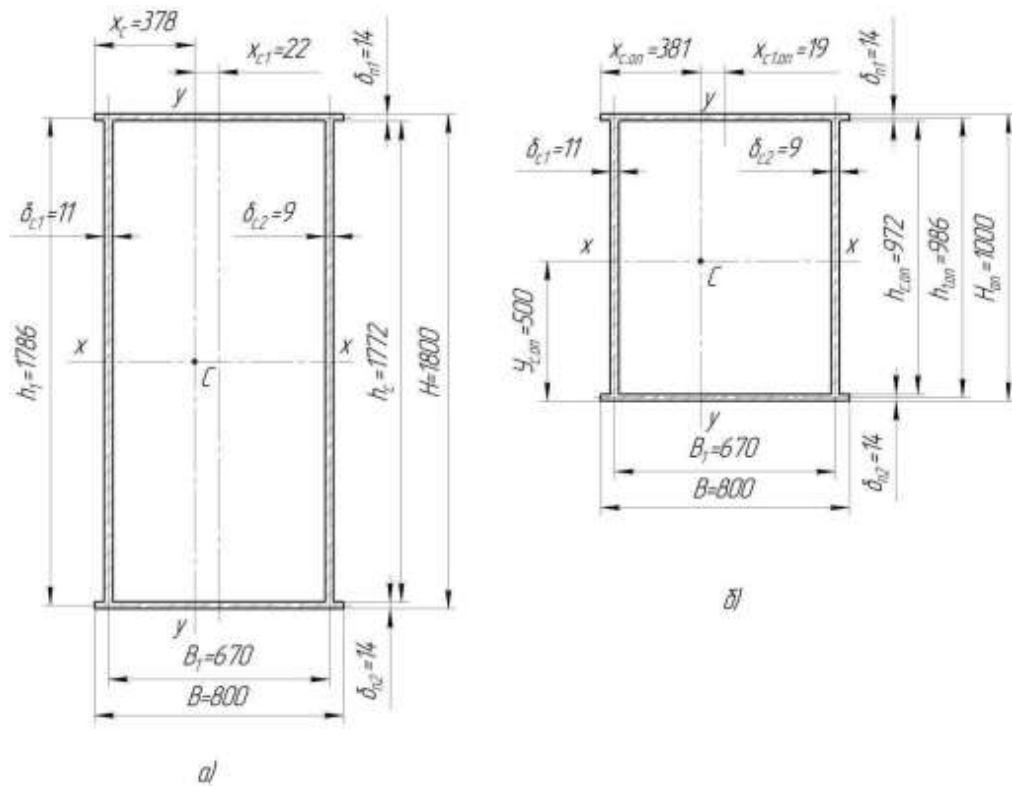
Висота опорного перетину при стикуванні головної балки до кінцевої має бути

$$H_{оп} = (0,5 \dots 0,6)H = 1 \text{ м}$$

Довжина скосу балки повинна відповідати

$$l_{ск} = (0,007 \dots 0,2)22,5 = 2 \text{ м}$$

З визначених обмежень попередньо обираємо поперечні параметри балки та розміри її складових елементів (рис.2.3), які заносимо до табл.



а) основний; б) опорний

Рисунок 2.3 - Попередньо вибраний поперечний перетин головної балки

Таблиця 2.5 – Розміри балки

Висота, H , м	1,8
Ширина, B , м	0,8
Товщина стінки під рейкою підвізковою, δ_c , мм	11
Товщина другої стінки, δ_c , мм	9
Товщина верхнього та нижнього поясів, $\delta_n = \delta_n$, мм	14
Висота опорного перетину, $H_{оп}$, м	1
Довжина скосу, l_{ce} , м	2
Висота стінки, H_c , мм	1772
Відстань між осями стінок, b , мм	670
Відстань між осями поясів, h , мм	1786

Працездатність металокопструкції головної балки оцінюється по величині допускового прогину балки $[f]$ (СНіП II-23-81)

$$[f] = \frac{L}{800} = \frac{22,5}{800} = 0,0282\text{м}$$

Прогин балки визначається в такий спосіб

$$f = \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot EI_x}$$

де $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль пружності;

Визначимо момент інерції I_x даного перетину. Момент інерції вертикальних стінок

$$I_{xc1} = \frac{\delta_{c1} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,011 \cdot 1,772^3}{12} = 510 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$I_{xc2} = \frac{\delta_{c2} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,009 \cdot 1,772^3}{12} = 417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Моменти інерції поясів

$$I_{xp1} = F_{n1} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,0112 \cdot \left(\frac{0,014 + 1,772}{2} \right)^2 = 893 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$I_{xp2} = F_{n2} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,00938 \cdot \left(\frac{0,014 + 1,772}{2} \right)^2 = 748 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Таким чином, площі поясів та стінок дорівнюють

$$F_{n1} = \delta_n \cdot B_1 = 0,014 \cdot 0,8 = 0,0112 \text{ м}^2$$

$$F_{n2} = \delta_n \cdot B_2 = 0,014 \cdot 0,67 = 0,00938 \text{ м}^2$$

$$F_{c1} = \delta_{c1} \cdot H_c = 0,011 \cdot 1,772 = 0,0194 \text{ м}^2$$

$$F_{c2} = \delta_{c2} \cdot H_c = 0,009 \cdot 1,772 = 0,0159 \text{ м}^2$$

Загальна площа перетину балки

$$F = F_{c1} + F_{c2} + F_{n1} + F_{n2} = 0,0112 + 0,00938 + 0,0194 + 0,0159 = 0,0559 \text{ м}^2$$

Сумарний момент інерції перетину балки

$$I_x = I_{xc1} + I_{xc2} + I_{xn1} + I_{xn2} = 510 \cdot 10^{-5} + \\ + 417 \cdot 10^{-5} + 893 \cdot 10^{-5} + 748 \cdot 10^{-5} = 2568 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Визначення центру ваги перетину головної балки

$$X_c = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} = \frac{0,0112 \cdot 0,9 + 0,00938 \cdot 0,9 + 0,0194 \cdot 0,1 + 0,0159 \cdot 1,7}{0,0559} \\ = 0,695 \text{ м}$$

Момент інерції відносно осі Y

$$I_y = \frac{\delta_n \cdot B_1^3}{12} \cdot \frac{\delta_n \cdot B_2^3}{12} + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 \\ + \delta_{c1} H_c \left(x_c - \frac{B_1 - b}{2} \right)^2 + \delta_{c2} H_c \left(\frac{b}{2} + \frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 = \\ = \frac{0,014 \cdot 0,8^3}{12} \cdot \frac{0,014 \cdot 0,67^3}{12} + 0,014 \cdot 0,8 \left(\frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 \\ + 0,014 \cdot 0,67 \left(\frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 + 0,011 \\ \cdot 1,772 \left(0,695 - \frac{0,8 - 0,67}{2} \right)^2 + 0,009 \\ \cdot 1,772 \left(\frac{0,67}{2} + \frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 = 0,03142 \text{ м}^4$$

Моменти опору перетину балки

$$W_x = \frac{I_x \cdot 2}{H} = \frac{0,0256 \cdot 2}{1,8} = 0,0284 \text{ м}^3 \\ W_{y1} = \frac{I_y}{x_c} = \frac{0,03142}{0,695} = 0,0371 \text{ м}^3 \\ W_{y1} = \frac{I_y}{B_1 - x_c} = \frac{0,03142}{0,8 - 0,695} = 0,0171 \text{ м}^3$$

Фактичний прогин балки

$$f = \frac{5260 \cdot 22,5^2}{10 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,0256} = 0,0272 \text{ м} \approx [f] = 0,0282 \text{ м}$$

Умова жорсткості балки виконується в межах прийнятих запасів міцності та жорсткості.

Умова міцності

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 104 \leq [\sigma] = 130$$

Умова міцності балки виконується

2.1.4 Двобалковий двотавровий перетин

Основні несучі елементи металоконструкції можливо виготовити із сталі Ст3 ГОСТ 380, механічні характеристики якої наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Механічні характеристики сталі.

Сталь	σ_t , МПа	σ_b , МПа	$[\sigma]_p$, МПа	R_p , МПа
Ст3 ГОСТ 380-90	245-255	370-380	170	210

Величини навантажень приймаємо по аналогії з вже існуючими зразками кран-балок та у відповідності з рекомендаціями спеціальної літератури.

Таблиця 2.7 – Розрахункові навантаження на прогінну балку.

Комбінації навантажень	Навантаження, кН		
	Вертикальна площина		
	Розрахункові навантаження	Позначення	Величина
2.1,2.2	Сила ваги вантажу з гаковою підвіскою	G_Q	191.49
	Сила ваги електроталія	G_E	16.17
	Поздовжня сила	q_b	3.77

	власної ваги балки		
	Сила тиску завантаженого електроталія на вісь опорно ходової частини	N_1	103.83

Розрахункова сила ваги піднятого вантажу розраховується у відповідності з комбінаціями навантажень.

$$G_Q = (Q \cdot k_2 + Q_n) \cdot g = (20 \cdot 1.2 + 0.40) \cdot 9.81 = 191.49 \text{кН},$$

де $Q_n = 0.02 \cdot Q = 0.02 \cdot 20 = 0.40 \text{т}$ – маса гакової підвіски.

Поздовжню масу прогінної балки попередньо приймемо $m_{\delta} = 0.35 \frac{\text{т}}{\text{м}}$

Тоді розрахункова поздовжня сила ваги прогінної балки дорівнює :

$$q_{\delta} = m_{\delta} \cdot g \cdot k_1 = 0.35 \cdot 9.8 \cdot 1.1 = 3.77 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Масу електроталі вантажопідіймальністю 16 т вибираємо по каталогу Харківського заводу ПТО $m_E = 1.5 \text{т}$

Розрахункова сила ваги електроталія складає

$$G_E = m_E \cdot g \cdot k_3 = 1.5 \cdot 9.8 \cdot 1.1 = 16.17 \text{кН}$$

де $k_1 = 1.1$, $k_2 = 1.2$, $k_3 = 1.1$ – коефіцієнти перенавантажень по, відповідно, власній вазі металоконструкції, вазі піднятого вантажу, обладнанню.

Розрахункові сила тиску завантаженого електроталія на осі опорно-ходової частини у відповідності до комбінацій дорівнюють:

$$N_1 = \frac{G_Q + G_E}{2} = \frac{191.49 + 16.17}{2} = 103.83 \text{кН}$$

Інерційне навантаження вздовж підкранової колії від власної ваги балки, викликані пуском-гальмуванням кран-балки, дорівнює:

$$q_{\delta i} = q_{\delta} \cdot a = 3.77 \cdot 0.1 = 0.38 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Тиск на одне колесо складає:

$$P = \frac{N_1}{2} = \frac{103.83}{2} = 51.91 \text{кН},$$

Від ваги електроталі з піднятим вантажем :

$$P_{1i} = N_1 \cdot a = 103.83 \cdot 0.1 = 10.38 \text{кН},$$

де $a = 0.1 \text{ м/с}^2$ - рекомендована межа прискорення електроталі та кран-балки.

Інерційне навантаження вздовж прогінної балки від пуску-гальмування завантаженого талі

$$P_i = (G_Q + G_E) \cdot a = (191.49 + 16.17) \cdot 0.1 = 20.76 \text{кН},$$

Розміри елементів балки визначаємо виходячи із умов жорсткості прогону в межах допускового прогону для крана без кабіни з групою режиму роботи А4

$$[f] = \frac{L}{800} = \frac{22.5}{800} = 0.028 \text{м},$$

Мінімально допускний момент інерції перетину балки дорівнює

$$[j_x] \geq \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot [f]} = \frac{1255.41 \cdot 22.5^2}{10 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 0.028} = 0.0075 \text{м}^4,$$

Вибираємо тип перетину і номер прогіної балки двотавр(рис.2.4) №60
ГОСТ 8239-89.

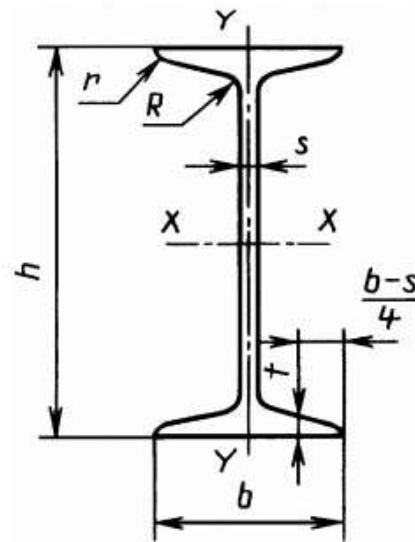


Рисунок 2.4 - Попередньо вибраний поперечний перетин головної балки

$h = 0.33\text{м}$ – висота двотавра,
 $b = 0.14\text{м}$ – ширина полиці двотавра,
 $t = 0.0112$ – товщина полиці двотавра,
 $a = 0.03$ – звисання поясу

$$I_x = 76806 \text{ см}^2$$

Розрахунковий фактичний прогин балки

$$f = \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot J_x} = \frac{1255 \cdot 22.5^2}{10 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 101.69 \cdot 10^{-4}} = 0.028 \text{ м} \leq [f]$$

$0.028 \leq 0.028$ - умова виконується

Умова міцності

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 104 \leq [\sigma] = 130$$

Умова міцності балки виконується

2.2 РОЗРАХУНОК КОЗЛОВОГО КРАНУ В/П 32Т, ПРОЛЬОТОМ 32М

2.2.1 Тригранна ферма із їздовим двотавром

Вибір матеріалу

Так як немає особливих вимог до умов експлуатації козлового крана, виберемо для металоконструкції досить дешеvu та доступну сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005 з наступними характеристиками:

межа текучості $\sigma_T = 240 \text{ МПа}$

межа міцності $\sigma_B = 380 \dots 490 \text{ МПа}$.

Допускні напруження при деформаціях:

На розтягування та стиск $[\sigma]_B = 170 \text{ МПа}$;

на згин $[\sigma]_p = 180 \text{ МПа}$;

на зріз $[\tau]_{зр.} = 100 \text{ МПа}$;

Базуючись на конструкціях існуючих кранів подібного типу, попередньо задаємось конструктивним виконанням та сортаментом для даної металоконструкції. Верхній пояс прогінної будови козлового крана рекомендується виконати згідно рис 2.5.

В якості стрижнів верхнього поясу рекомендується труба сталевна безшовна гаряче деформована 180x10 ГОСТ 8732.

Розкоси бокових ферм рекомендується виконувати з труб як для верхнього поясу 80x6 ГОСТ 8732

Нижній пояс рекомендується виконати із двотавра № 40 ГОСТ 8239

Нижню полицю двотавра, по якій рухається завантажений, візок слід підсилити штабою товщиною 14 мм, щоб уникнути відгину полиць двотавра.

Всі елементи з'єднані між собою за допомогою косинців товщиною 10 мм електрозварюванням напівавтоматичним.

Вздовж верхньої полиці двотавра приварюються листи товщиною 10 мм, шириною 390 мм. Кут між листами і вертикаллю складає $\alpha = 27,8$. До цих листів приварюються розкоси та стійки бокових ферм. (рис.2.6)

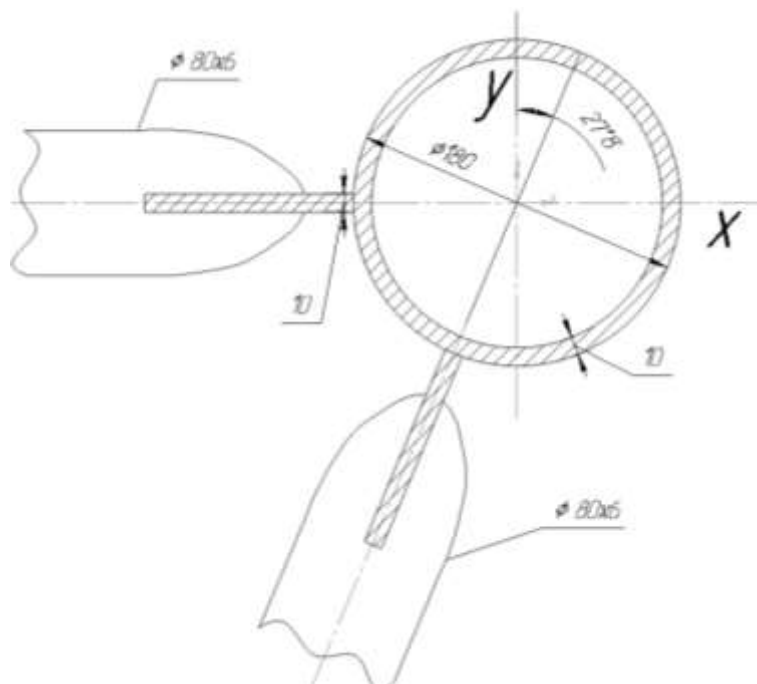


Рисунок 2.5 – Поперечний перетин верхнього поясу прогінної будови

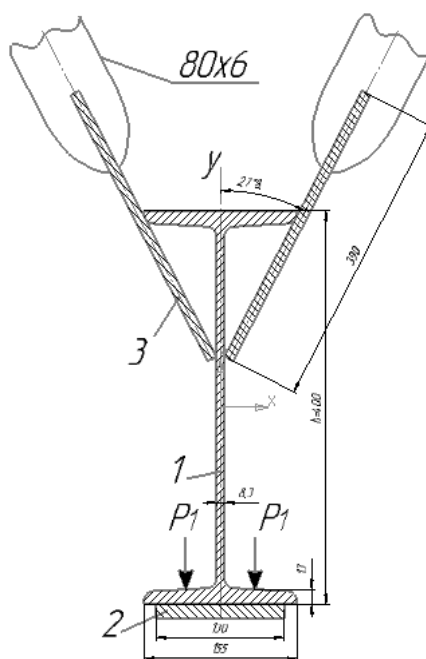


Рисунок 2.6 – Поперечний перетин нижнього поясу прогінної будови

Площа поперечного перетину нижнього поясу

$$F_{н.п.} = F_1 + F_2 + 2F_3 = 7,26 \cdot 10^{-3} + 1,69 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} = 16,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

Відстань центра мас перетину від підоснови двотавра

$$h_1 = \frac{F_1 \cdot \frac{h}{2} + F_2 \cdot \frac{\delta}{2} + 2 \cdot F_3 \cdot (h + \frac{l \cdot \cos \alpha}{2} - h_2)}{F} =$$

$$= \frac{7,26 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,4}{2} + 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,010}{2} + 2 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} (0,4 + \frac{0,39 \cdot \cos 27,8}{2} - 0,146)}{16,75 \cdot 10^{-3}} = 0,131 \text{ м}$$

Момент інерції J_x поперечного перетину нижнього поясу з достатньою точністю можна визначити

$$J_{x_{н.п.}} = J_x + F_1 \cdot (h_1 - \frac{h}{2})^2 + F_2 \cdot (h_1 + \frac{\delta}{2})^2 + 2 \cdot \frac{\delta \cdot l^3 \cdot \cos^2 \alpha}{12} + 2 \cdot F_3 \cdot (h - h_2 + \frac{l \cdot \cos \alpha}{2} - h_1)^2 =$$

$$= 1,90 \cdot 10^{-4} + 72,6 \cdot 10^{-4} \cdot (0,131 - \frac{0,4}{2})^2 + 16,9 \cdot 10^{-4} \cdot (0,131 + \frac{0,010}{2})^2 +$$

$$+ 2 \cdot \frac{0,01 \cdot 0,39^2 \cdot (\cos 27,8)^2}{12} + 2 \cdot 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot (0,4 - 0,146 + \frac{0,39 \cdot \cos 27,8}{2} - 0,131)^2 =$$

$$= 11,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Момент опору поперечного перетину нижнього поясу

$$W_x = \frac{2 \cdot J_x}{h_1 + \delta} = \frac{2 \cdot 11,66 \cdot 10^{-4}}{0,131 + 0,010} = 165,39 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Таблиця 2.8 - Характеристики поперечних перетинів елементів мосту

Елементи металоконструкції мосту	Площа поперечного перетину, m^2	Момент інерції, m^4	Мінімальний радіус інерції, м
Труба безшовна гаряче деформована 180x10 ГОСТ 8732. Верхній пояс	0,0053	$1,118 \cdot 10^{-4}$	0,060
Двотавр №40 ГОСТ 8239. Нижній пояс.	$72,6 \cdot 10^{-4}$	$19062 \cdot 10^{-8}$	$17,2 \cdot 10^{-2}$
Дві смуги 390x10, вздовж верхньої полиці двотавра приварені під кутом $\alpha=27,8$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$3,86 \cdot 10^{-5}$	0,134
Штаба 170x13, приварена до нижньої полиці двотавра	$1,69 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$

Розрахунок найбільших напружень в стрижнях прогінної будови
Без врахування перекісних навантажень напруження в стрижнях прогінної будови можна розрахувати по загальному рівнянню.

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_x + \sigma_y = \frac{1}{m} \cdot \left[\frac{N_1 + N_2}{\varphi \cdot F} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \right]$$

де: N_1, N_2 - зусилля в стрижнях, відповідно, у вертикальній та горизонтальній

площинах, кН;

M_y, M_x - згинальні моменти, відповідно, у вертикальній та горизонтальній площинах, кНм;

φ – коефіцієнт поздовжньої стійкості стиснутого стрижня;

F – площа поперечного перетину, m^2 ;

W_y, W_x - момент опору поперечного перетину стрижня, m^3 ;

m – коефіцієнт умов роботи.

Найбільші напруження:

У верхній поясах консольної частини при комбінації навантажень

2.1(стиск)

$$\sigma = \frac{Q_2}{m \cdot F} = \frac{698,783}{0,8 \cdot 0,943 \cdot 8,41 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}} = 165,8 \text{ МПа} < R.$$

Визначаємо гнучкість поясного стрижня

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{r_{\min}} = \frac{1 \cdot 3,0}{0,06} = 50$$

$l = d_1 = 3,0 \text{ м}$ - довжина середнього полігону поясу;

$r_{\min} = 0,06 \text{ м}$ – мінімальний радіус інерції поясної труби;

$\mu = 1$ – коефіцієнт приведення довжини стрижня верхнього поясу.

По таблиці згідно λ вибираємо коефіцієнт поздовжньої стійкості стиснутого стрижня верхнього поясу $\varphi = 0,943$.

Найбільші розрахункові напруження в нижньому їздовому двотаврі:

в прогоні, комбінація навантажень 1.1

$$\sigma = \frac{1}{m} \cdot \left[\frac{2 \cdot V_1}{F} + \frac{M_1}{W_x} \right] = \frac{1}{10^3 \cdot 0,8} \cdot \left[\frac{2 \cdot 824,63}{16,75 \cdot 10^{-3}} + \frac{75,75}{165,39 \cdot 10^{-4}} \right] = 104,79 \text{ МПа} < R,$$

де M_1 - момент згину нижнього поясу в межах довжини полігону від дії сили ваги завантаженого візка, кНм;

W_x - момент опору перетину нижнього поясу, m^3 .

2.2.1 Двобалковий коробчатий перетин

Вибираємо сталь Ст.3 ГОСТ 380 з наступними характеристиками

Таблиця 2.9 - Характеристика сталі Ст. 3

Межа текучості	$\sigma_T = 235 \dots 255 \text{ МПа}$
Межа міцності	$\sigma_b = 370 \dots 380 \text{ МПа}$
Модуль Юнга першого порядку	$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
Відносне видовження	$\varepsilon = 23 \dots 26\%$
Ударна в'язкість при -20°C	$a \geq 30 \cdot 10^5$
Щільність	$\rho = 7,35$

Висоту балки H та ширину B можна вибрати в межах

$$H = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times L = \left(\frac{1}{14} \dots \frac{1}{20} \right) \times 22,5 = 1,8 \text{ м}$$

$$\frac{H}{2} \geq B \geq \frac{H}{3}$$

$$B = (0,9 \dots 0,6) \text{ м}$$

Товщина стінки може бути в межах

$$\delta_c \geq 7 + 3H = 11 \text{ мм}$$

Товщина поясу може бути

$$\frac{B}{30} \geq \delta_n \geq \frac{B}{60}$$

$$\delta_n = (26 \dots 13) \text{ мм}$$

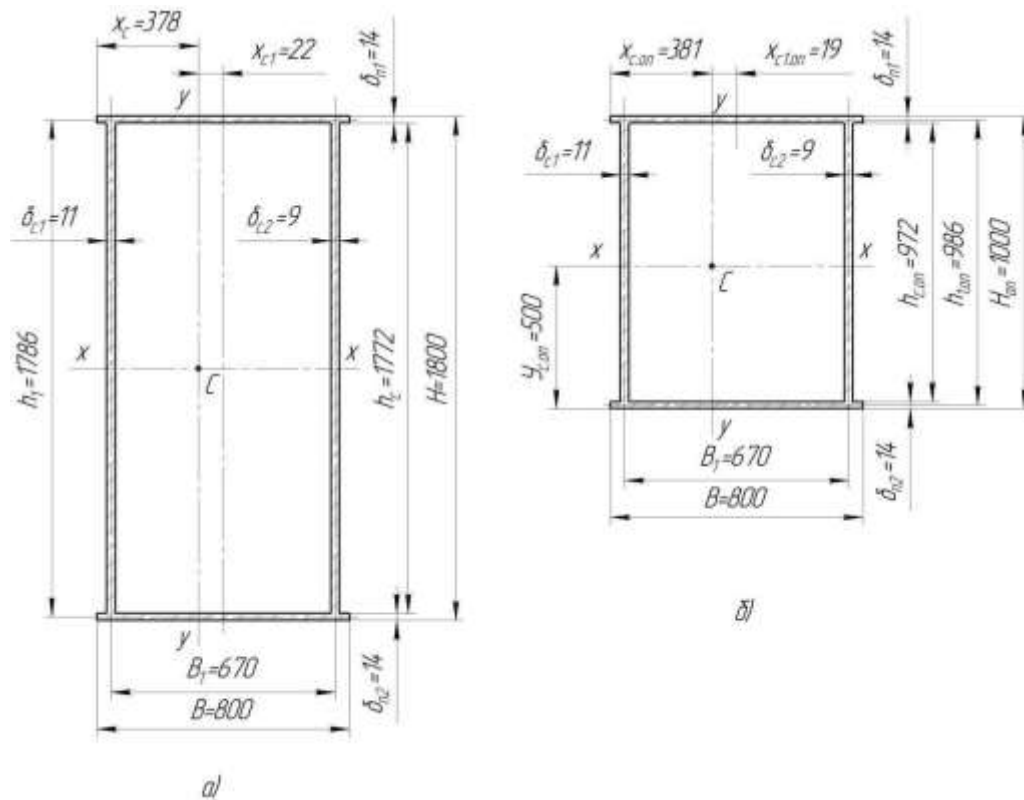
Висота опорного перетину при стикуванні головної балки до кінцевої має бути

$$H_{\text{оп}} = (0,5 \dots 0,6)H = 1 \text{ м}$$

Довжина скосу балки повинна відповідати

$$l_{ck} = (0,007 \dots 0,2)22,5 = 2 \text{ м}$$

З визначених обмежень попередньо обираємо поперечні параметри балки та розміри її складових елементів (рис.2.7), які заносимо до табл.



а) основний; б) опорний

Рисунок 2.7 - Попередньо вибраний поперечний перетин головної балки

Висота, H , м	1,8
Ширина, B , м	0,8
Товщина стінки під рейкою підвізковою, δ_c , мм	11
Товщина другої стінки, δ_c , мм	9
Товщина верхнього та нижнього поясів, $\delta_n = \delta_n$, мм	14
Висота опорного перетину, H_{om} , м	1
Довжина скосу, l_{ce} , м	2
Висота стінки, H_c , мм	1772
Відстань між осями стінок, b , мм	670
Відстань між осями поясів, h , мм	1786

Працездатність металокопструкції головної балки оцінюється по величині допускового прогину балки $[f]$ (СНіП II-23-81)

$$[f] = \frac{L}{800} = \frac{32}{800} = 0,04\text{м}$$

Прогин балки визначається в такий спосіб

$$f = \frac{M_{\max} \cdot L^2}{10 \cdot EI_x}$$

де $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль пружності;

Визначимо момент інерції I_x даного перетину. Момент інерції вертикальних стінок

$$I_{xc1} = \frac{\delta_{c1} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,011 \cdot 1,772^3}{12} = 510 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$I_{xc2} = \frac{\delta_{c2} \cdot H_c^3}{12} = \frac{0,009 \cdot 1,772^3}{12} = 417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Моменти інерції поясів

$$I_{xp1} = F_{n1} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,0112 \cdot \left(\frac{0,014 + 1,772}{2} \right)^2 = 893 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$I_{xp2} = F_{n2} \cdot \left(\frac{\delta_n + H_c}{2} \right)^2 = 0,00938 \cdot \left(\frac{0,014 + 1,772}{2} \right)^2 = 748 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Таким чином, площі поясів та стінок дорівнюють

$$F_{n1} = \delta_n \cdot B_1 = 0,014 \cdot 0,8 = 0,0112 \text{ м}^2$$

$$F_{n2} = \delta_n \cdot B_2 = 0,014 \cdot 0,67 = 0,00938 \text{ м}^2$$

$$F_{c1} = \delta_{c1} \cdot H_c = 0,011 \cdot 1,772 = 0,0194 \text{ м}^2$$

$$F_{c2} = \delta_{c2} \cdot H_c = 0,009 \cdot 1,772 = 0,0159 \text{ м}^2$$

Загальна площа перетину балки

$$F = F_{c1} + F_{c2} + F_{n1} + F_{n2} = 0,0112 + 0,00938 + 0,0194 + 0,0159 = 0,0559 \text{ м}^2$$

Сумарний момент інерції перетину балки

$$I_x = I_{xc1} + I_{xc2} + I_{xn1} + I_{xn2} = 510 \cdot 10^{-5} + \\ + 417 \cdot 10^{-5} + 893 \cdot 10^{-5} + 748 \cdot 10^{-5} = 2568 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Визначення центру ваги перетину головної балки

$$X_c = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} = \frac{0,0112 \cdot 0,9 + 0,00938 \cdot 0,9 + 0,0194 \cdot 0,1 + 0,0159 \cdot 1,7}{0,0559} \\ = 0,695 \text{ м}$$

Момент інерції відносно осі Y

$$I_y = \frac{\delta_n \cdot B_1^3}{12} \cdot \frac{\delta_n \cdot B_2^3}{12} + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 + \delta_n B_1 \left(\frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 \\ + \delta_{c1} H_c \left(X_c - \frac{B_1 - b}{2} \right)^2 + \delta_{c2} H_c \left(\frac{b}{2} + \frac{B_1}{2} - x_c \right)^2 = \\ = \frac{0,014 \cdot 0,8^3}{12} \cdot \frac{0,014 \cdot 0,67^3}{12} + 0,014 \cdot 0,8 \left(\frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 \\ + 0,014 \cdot 0,67 \left(\frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 + 0,011 \\ \cdot 1,772 \left(0,695 - \frac{0,8 - 0,67}{2} \right)^2 + 0,009 \\ \cdot 1,772 \left(\frac{0,67}{2} + \frac{0,8}{2} - 0,695 \right)^2 = 0,03142 \text{ м}^4$$

Моменти опору перетину балки

$$W_x = \frac{I_x \cdot 2}{H} = \frac{0,0256 \cdot 2}{1,8} = 0,0284 \text{ м}^3 \\ W_{y1} = \frac{I_y}{x_c} = \frac{0,03142}{0,695} = 0,0371 \text{ м}^3 \\ W_{y1} = \frac{I_y}{B_1 - x_c} = \frac{0,03142}{0,8 - 0,695} = 0,0171 \text{ м}^3$$

Фактичний прогин балки

$$f = \frac{5260 \cdot 32^2}{10 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,04} = 0,045 \text{ м} \approx [f] = 0,04 \text{ м}$$

Умова жорсткості балки виконується в межах прийнятих запасів міцності та жорсткості.

3 ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ

Виходячи з розрахунків пункта 2 порівнюємо металоконструкції мостових і козлових кранів.

Таблиця 3.1 – Порівняння однобалочних мостових кранів.

	Однобалковий підсилений двотавр	Однобалковий коробчастий перетин
Тип прольоту	Прогінна балка виконана із перетину, що складається із двотаврової балки, підсиленною по верхньому поясі зварною тригранною коробкою із листа.	Пролітна будова цього крана виконана у вигляді коробчастої листової конструкції.
Вага МК	20 т	20 т
Сортамент прокату	Матеріал - вуглецева конструкційна сталь В Ст3 СП 5 ГОСТ 380.	Матеріал - вуглецева конструкційна сталь В Ст3 СП 5 ГОСТ 380.
Кількість унікальних елементів в металоконструкції	1	1
Загальна кількість деталей в МК	4	4
Кількість зварних швів	12	12
Сумарна довжина зварних швів	120 мм	120 мм

Таблиця 3.2 – Порівняння двобалочних мостових кранів.

	Двобалковий двотавровий перетин	Двобалковий коробчастий перетин
Тип прольоту	Прогінна балка виконана із перетину, що складається із двотаврової балки.	Пролітна будова цього крана виконана у вигляді коробчастої листової конструкції.
Вага МК	20 т	20 т
Сортамент прокату	Матеріал - вуглецева конструкційна сталь В Ст3 СП 5 ГОСТ 380.	Матеріал - вуглецева конструкційна сталь В Ст3 СП 5 ГОСТ 380.
Кількість унікальних елементів в металоконструкції	2	2
Загальна кількість деталей в МК	8	8
Кількість зварних швів	24	24
Сумарна довжина зварних швів	240 мм	240 мм

Таблиця 3.3 – Порівняння металоконструкцій козлових кранів.

	Тригранна ферма із їздовим двотавром	Двобалковий коробчастий перетин
Тип прольоту	Пролітна будова цього крана виконана у вигляді тригранної ферми з вершиною, направленою вниз.	Пролітна будова цього крана виконана у вигляді коробчастої листової конструкції.
Вага МК	32 т	32 т
Сортамент прокату	Матеріал - вуглецева конструкційна сталь В Ст3 СП 5 ГОСТ 380.	Матеріал - в якості стрижнів верхнього поясу рекомендується труба стальна безшовна гаряче деформована 180x10 ГОСТ 8732. Розкоси бокових ферм рекомендується виконувати з труб як для верхнього поясу

		80x6 ГОСТ 8732 Нижній пояс рекомендується виконати із двотавра № 40 ГОСТ 8239
Кількість унікальних елементів в металоконструкції	2	2
Загальна кількість деталей в МК	4	26
Кількість зварних швів	12	54
Сумарна довжина зварних швів	120 мм	540 мм

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні конструктивної варіативності кранів одного типу.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна організація робочих зон в приміщеннях лабораторій та конструкторських бюро в наслідок порушень вимог ергономіки.

б) Можливість ураження електричним струмом при використанні комп'ютерів та іншої офісної техніки при проведенні проектних робіт.

в) Небезпеки які пов'язані з хибним визначенням експлуатаційної міцності несучих конструкцій кранів мостового типу, що може в подальшому призвести до аварійних ситуацій.

г) Незадовільне освітлення в лабораторії, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а внаслідок і до травмування.

д) Можливість набування захворювання дихальної системи із-за незадовільних параметрів повітряного середовища в лабораторії в наслідок не ефективної роботи систем опалення та повітря обміну.

е) Наявність звукового тиску дискомфортних октавних частот, що є специфікою роботи.

ж) Можливість загорянь внаслідок порушень правил з пожежної безпеки, короткого замикання, що може призвести до пожеж і як наслідок до опіків.

з) Непідготовленість персоналу діям в умовах надзвичайних ситуацій, що може призвести до паніки і як наслідок людських втрат.

4.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки

а) Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з відео терміналами в офісі. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності.

В результаті технічного переоснащення, що базується на впровадженні інформаційних технологій у приміщенні, що знаходиться на другому поверсі виробничого корпусу заплановано встановити комп'ютери. Визначимо скільки комп'ютеризованих робочих місць, оснащених відео дисплейними терміналами (ВДТ) можна встановити у даному приміщенні і як їх розташувати відповідно до встановлених норм та правил з охорони праці. Розміри приміщення: довжина $a = 5,1$ м, ширина $b = 4,1$ м, висота $h = 2,5$ м.

Перш за все необхідно проаналізувати чи підходить дане приміщення для того, щоб розмістити в ньому комп'ютеризовані робочі місця.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» є неприпустимим розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах. Також забороняється розташування вибухонебезпечних приміщень категорії А і Б (НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности») та виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ (ПЕОМ), а також над такими приміщеннями, або під ними. Окрім того, виробничі приміщення

для роботи з ВДТ не повинні межувати з приміщеннями, у яких рівень шуму і вібрації перевищує допустимі значення.

Вибране приміщення відповідає вищезазначеним вимогам, тому переходимо до наступного етапу, а саме, до визначення кількості комп'ютеризованих робочих місць, що можна розмістити в даному приміщенні. Оскільки площа приміщення становить $S_{ПР} = 20,91 \text{ м}^2$, а площа, на якій розташовується однеробоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше три комп'ютеризованих робочих місць. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ($V_{P.M.Min} = 20 \text{ м}^3$). Об'єм приміщення становить $52,275 \text{ м}^3$, а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце - $V_{P.M.} = 17,425 \text{ м}^3$. Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ не виконується. Тому розміщуємо в даному приміщенні щонайбільше два комп'ютеризованих робочих місць.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Необхідно також врахувати розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкраще розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

б) Приміщення офісу, в яких перебувають співробітники галузі управління персоналом, відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

Обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 В від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І (стаціонарні комп'ютери,) та ІІ (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

Згідно «Правилам улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») виконані такі групи заходів з електробезпеки:

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок.

Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» у приладах ІІ класу захисту використовується подвійна ізоляція – електрична ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції.

Так як згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устроювання електроустановок. Електрооборудование спеціальних установок» офісні приміщення у більшості своїй відносяться до класу пожеженебезпечної зони П-Па (приміщення, в яких містяться твердігорючі речовини), тому передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Схемно-конструктивні заходи.

Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій.

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Електробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщенняхгалузіуправління персоналом влаштовується занулення.

Організаційні заходи.

Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС»).

в) Конструктивні особливості металокопструкції кранів мостового типу, які забезпечують експлуатаційну надійність, полягають у :

- виборі матеріалу, що залежить від типу роботи, місця де буде встановлений кран, та вантажопідйомності згідно НПАОП 0.00-1.01-07 „ПРАВИЛА БУДОВИ І БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ КРАНІВ,,.

- розрахунку металокопструкції з урахування усіх можливих небезпек при експлуатації згідно НПАОП 0.00-1.01-07 „ПРАВИЛА БУДОВИ І БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ КРАНІВ,,.

При використанні у проектних розрахунках коефіцієнтів і матеріалів, які відповідають режиму та кліматичним умовам роботи крана досягається належна надійність металокопструкції крана при її експлуатації.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

г) Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісних приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світловіпрорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

д) Показники мікроклімату в офісних приміщеннях відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Роботи в приміщеннях обслуговування туристів, належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і

становлять: $n_{+}=1500-30000$ (шт. на 1см^3); $n_{-} = 3000-5000$ (шт. на 1см^3). Підтримка оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечено за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. Дотримання вимог цих документів досягається оснащенням приміщень і транспортних засобів пристроями кондиціонування і вентиляції, дезодорації повітря, опалювання згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

е) Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

ж) Закон України «Про пожежну безпеку» визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Для забезпечення пожежної безпеки в установах проводять пожежну профілактику, яка включає в себе комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження її поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Для ліквідації пожежі у початковій стадії її розвитку силами персоналу об’єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі за ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об’єктів будівництва» поділяються на відповідні класи.

В офісному приміщенні знаходиться дерев’яна мебель, електронна апаратура, бумажні носії інформації.

Клас пожежі у офісному приміщенні (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об’єктів будівництва») – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, пластмаси, папір) – визначається як клас А. Категорія приміщення (згідно із НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою») – визначається як категорії Д.

Визначення типу та розрахунок кількості первинних засобів пожежегасіння (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва») – для адміністративного приміщення площею 20,91 м² слід застосовувати два порошкових вогнегасниками типу ВП–5 (НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»). Крім цього адміністративні приміщення повинні бути обладнані автоматичними пожежними сповіщувачами, що реагують на підвищення температури, дим, полум'я. Наприклад, сповіщувачі моделей ДТЛ, ІТМ.

4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

з) «Інженерно-технічні заходи від впливу електромагнітного імпульсу на елементи виробництва».

Ядерний вибух має декілька вражаючих факторів, які впливають на людей та механізми. Ці фактори складаються зі світлового випромінювання, ударної хвилі та електромагнітного імпульсу, окрім цього радіоактивне враження.

Електромагнітний імпульс супроводжує ядерний вибух у вигляді короткого імпульсу, який вражає електричну та електронну апаратуру.

Особливість електромагнітного імпульсу полягає в його здатності поширюватися на десятки кілометрів в оточуючому середовищі та по різних комунікаціям.

В мережах електропостачання виникають перевантаження, які викликають пробій ізоляції обмоток електродвигуна, міжфазне коротке замикання, замикання на корпус, пробій ізоляції проводів, які підключають двигун до мережі.

Ступінь ушкодження залежить від амплітуди наведеного імпульсу напруги або струму та електричної міцності обладнання. Особливо незахищеним до впливу електромагнітного імпульсу є апаратура на напівпровідниках. Електромагнітний імпульс випалює елементи електросхем, викликає коротке замикання, іонізацію діелектриків.

Електромагнітний імпульс вражає також резистори, викликає іскріння у міжконтактних з'єднаннях. Це призводить до нагріву та пошкодження опору поверхні, що буває небезпечно.

Електромагнітний імпульс ядерного вибуху вражає електротехнічні пристрої керування електродвигуном, тому необхідно вірно оцінити ймовірність пошкодження наявних схем і систем внаслідок дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ).

Головна задача захисних пристроїв від ЕМІ – виключити доступ наведених струмів до чутливих вузлів та елементів обладнання, яке захищається.

Одним з методів захисту від дії сильного ЕМІ є використання металевих екранів. Вони віддзеркалюють електромагнітні хвилі та гасять високовольтну високочастотну енергію. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, збігає в землю.

Для розширення спектру частот ЕМІ, що поглинаються, використовують різні типи екранів, виготовлених з різних елементів. Найдешевший екрануючий матеріал – холоднокатана сталь. Стінки екранів можуть виконуватися у вигляді сіток та у вигляді листів.

Також використовуються розрядники, які встановлюються в лінії електропостачання на вході та виході електродвигуна, що захищається.

Основні функції захисного розрядника – розімкнути лінію або відвести енергію для попередження пошкодження в двигуні або обладнанні, що захищається.

Розрізняють два види розрядників:

- “жорсткі” обмежувачі – прилади з пробоем (газові розрядники, діоди);
- “м'які” обмежувачі – нелінійні опори, які залежать від напруги (конденсатори).

Для електродвигунів основну небезпеку представляє імпульс, який приходить до мережі живлення.

Для захисту використовують запобіжники та вхідні пристрої, які реагують на підвищення струму або напруги. Найбільш ефективними є вказані пристрої з використанням плавких запобіжників.

При появі між провідною лінією і землею великої різниці потенціалів розрядники у ряді випадків забезпечать “стікання” великого заряду в землю без пошкодження ізоляційних елементів ліній.

Для захисту двигунів в цьому випадку використовують: плавкі вставки з автоматичним відновленням, замикаючі котушки, розрядники, дренажні котушки, двопровідну лінію, екран кабелю та пристрій вимикання двигунів.

Також для захисту кабелів, які живлять електродвигуни, використовують екранування і прокладання кабелів в металевих трубах. При цьому використовуються кабелі з високим коефіцієнтом екранування і високою електричною та механічною міцністю, тому що прокладання в трубах викликане великими труднощами.

При виборі захисних пристроїв слід враховувати, що ЕМІ характеризується дуже великим об'ємом, тобто одночасним спрацюванням захисних засобів у всіх ланцюгах, які будуть знаходитись в зоні джерела ЕМІ. Тому схеми захисту, що використовуються, повинні автоматично відновлювати працездатність ланцюгів.

Стійкість електродвигунів до дії ЕМІ у великій мірі залежить від правильної експлуатації ліній та правильного контролю справності засобів захисту. До важливих вимог експлуатації відносять періодичну і своєчасну перевірку електричної міцності ізоляції ліній до вхідних ланцюгів

електрорадіотехнічної апаратури, своєчасне виявлення та усунення вимикаючих заземлень проводки, контроль працездатності розрядників, плавких вставок і т. і.

Вказані засоби захисту повинні застосовуватися на усіх видах електротехнічної апаратури з урахуванням характеру вражаючої дії електромагнітних випромінювань ядерного вибуху для забезпечення надійності роботи підприємств в умовах ракетно-ядерної війни.

Усі розглянуті заходи в розділі “Охорона праці” сприяють покращенню умов праці та безпеки, зменшують шкідливий вплив виробничих факторів на людину, а тому призводять до покращення якості виконаних робіт.

ВИСНОВКИ

Виходячи з розгляду та розрахунку різних типів металоконструкцій одно- і дво- балочних козлових і мостових кранів, а саме однобалковий підсилений двотавр, однобалковий коробчастий перетин, двобалковий двотавровий перетин, двобалковий коробчастий перетин, тригранна ферма з їздовим двотавром.

Коробчата металоконструкція має просту будову, через що дуже часто використовується, але має велику вагу, особливо якщо металоконструкція з великим прольотом, що в свою чергу призводить до збільшення ціни крану.

Фермена металоконструкція має більш складну будову, вона легша і більш надійна за балочну, але складність виконання призводить до збільшення ціни. Тому крани мостового типу при малих прольотах, краще виконувати з коробчастої металоконструкції або двутавру, бо при малих конструкціях вага не дуже відобразиться на ціні, а при великих краще використовувати ферму, бо ціна подібна до коробчастої, але надійність вища.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. Изд. 3-е, доп. и переработ. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976.
2. Строительная механика и металлические конструкции: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование»; Под общ.ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. 231 с., ил.
3. Справочник по кранам. Т. 1. Под ред. М. М. Гохберга. Л., «Машиностроение», 1988г. 400стр.
4. Справочник конструктора металлических конструкций. В.Т. Васильченко, А.Н. Рутман, Е.П. Лукьяненко. – К. Будівельник, 1980. – 288с
5. Справочник проектировщика. Под общей редакцией В.В. Кузнецова – М.: изд-во АСВ, 1998. – 576с.
6. Методичні вказівки до курсового проекту з курсу: «Проектування металоконструкцій», 2005. – 69 с.