

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи
та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

«ПРОЄКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ. СПЕЦКУРС»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво»)



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Проектування металевих конструкцій. Спецкурс» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. І. Лугченко, П. М. Фірсов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 32 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. І. Лугченко,
канд. техн. наук, доц. П. М. Фірсов

Рецензент

О. О. Калмиков, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою будівельних конструкцій, протокол № 10
від 21 лютого 2023 р.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вивчення теоретичної частини курсу.....	5
2 Перелік програмних питань та рекомендації щодо їх вивчення.....	5
3 Рекомендації до практичних занять.....	8
3.1 Розрахунок підкранової балки.....	8
3.1.1 Навантаження на підкранову балку.....	8
3.1.2 Визначення розрахункових умов.....	9
3.1.3 Підбір перерізу балки.....	11
3.2 Розрахунок резервуара.....	18
3.2.1 Визначення розмірів резервуара.....	18
3.2.2 Розрахунок стінки резервуара.....	20
Список рекомендованих джерел.....	24
Додатки.....	26

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Проектування металевих конструкцій. Спецкурс» є однією з профілюючих дисциплін фахової підготовки бакалаврів-будівельників. Метою дисципліни є вивчення видів, галузей раціонального використання, конструктивних форм та методів проектування несучих металевих конструкцій будівель і споруд спеціального призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач набуває здатність розв'язувати складні інженерно-технічні завдання під час професійної діяльності в галузі будівництва і архітектури, що передбачає здатність виконувати техніко-економічне порівняння варіантних рішень, використання нових будівельних матеріалів та енергоощадних технологій.

Самостійна робота здобувачів зводиться до трьох завдань:

- вивчення теоретичної частини курсу;
- отримання вмінь розрахунку металевих конструкцій поширених типів;
- отримання вмінь проектування сталевих конструкцій поширених

типів.

Здобувачам варто організовувати свою роботу за вказаними напрямками згідно з наведеними нижче рекомендаціями, використовуючи при цьому методичні видання, навчальні, нормативні та довідкові джерела, вказані в списку.

Нормативні документи, підручники, навчальні посібники, довідкова література та методичні рекомендації, необхідні для самостійного вивчення теоретичної частини курсу та здобуття необхідних практичних навичок, містяться на сайті дистанційної освіти ХНУМГ імені О. М. Бекетова за адресою: URL: <https://dl.kname.edu.ua>.

1 ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСУ

Теоретичну частину курсу рекомендується вивчати за нормативною та навчальною літературою [1–6]. Наведений нижче перелік програмних питань містить короткий зміст кожного питання та детальні посилання на літературні джерела, доступні студентам у паперовому чи електронному вигляді.

При вивчанні програмних питань за вказаними джерелами бажано складати стислий конспект згідно з наведеною анотацією питання. Це допоможе систематизувати знання з кожного питання та прискорить підготовку до екзамену. При складанні екзамену відповіді на питання слід супроводжувати ескізами конструкцій, розрахунковими схемами, формулами та поясненнями, які потрібно знайти в рекомендованих підручниках [4, 5] і в нормах проектування [1–3].

Окрім теоретичних питань, на екзамен виносяться задачі з розрахунку несучих елементів та з'єднань сталевих конструкцій та споруд, зразки яких наведені в розділі 3 даних методичних рекомендацій. Для кожної задачі даються також рекомендації з її розв'язання з посиланнями на норми проектування [1–3].

2 ПЕРЕЛІК ПРОГРАМНИХ ПИТАНЬ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ЇХ ВИВЧЕННЯ

Таблиця 2.1 – Програмні питання

Зміст програмних питань	Література
1	2
<i>1 Класифікація будівельних об'єктів та конструкцій за відповідальністю й терміном експлуатації</i> Класи наслідків (відповідальності) будівель та споруд за ДБН В.1.2-14-2009. Категорії відповідальності конструкцій. Встановлені терміни експлуатації будівель і споруд	[1] – розділ 5, [3] – розділ 5.3
<i>2 Покриття великих прогінів балкового та рамного типу</i> Призначення великопролітних покриттів та їх типи. Конструктивні схеми великопролітних ферм (габаритні розміри, схеми ґраток, особливості роботи верхніх поясів, типи перерізів стрижнів) та можливі прогони. Конструктивні схеми двохшарнірних і безшарнірних рам суцільного та наскрізного перерізу, прогони, які можна ними покривати. Поперечні перерізи колон і ригелів. Регулювання зусиль в рамах. Діючі навантаження, принципи розрахунку і конструювання важких ферм і рам великих прогінів	[2]– розділи 5, 8, 9 [3]– п. 17.11, 7.2–17.5 [4]– с. 187–192 [5]– с. 481–491

Продовження таблиці 2.1

1	2
<p align="center">3 Сітчасті структурні плити</p> <p>Загальна схема сітчастих плит як просторових ферм регулярної структури. Типи «кристала» структури. Можливі прогони, габаритні розміри та галузі використання сітчастих структурних плит. Переваги та недоліки структур порівняно з плоскими фермами. Особливості роботи і розрахунку структурних плит. Типи і підбір перерізів стрижнів, конструктивні рішення рядових та опорних вузлів</p>	<p>[3]– п. 17.2, 17.3 [4]– с. 195–197 [5]– с. 503–511</p>
<p align="center">4 Арки і куполи</p> <p>Характер роботи, історія використання, переваги та недоліки арок. Конструктивні схеми металевих арок (трьох- двох- і безшарнірних, суцільного та наскрізного перерізу) їх порівняльний аналіз, можливі прогони та галузі раціонального використання. Ребристі, ребристо-кільцеві та сітчасті куполи, їх конструктивні схеми, прогони та типи перерізів основних елементів. Особливості навантажень на арки та куполи. Робота куполів та арок під навантаженням, проблема сприймання розпірних зусиль. Забезпечення загальної стійкості арок і куполів</p>	<p>[2]– розділ 5, 8, 9 [3]– п. 17.3, 17.5, 17.11, розділ 12 [4]– с. 192–195, [5]– с. 491–502, 511–517</p>
<p align="center">5 Висячі та вантові системи покриттів великих прогінів</p> <p>Переваги використання високоміцних сталей при роботі на розтяг та основна ідея висячих і вантових конструкцій. Однопоясні висячі конструкції, їх загальна конструктивна схема, матеріал та види перерізів несучих елементів, конструкція основних вузлів. Навантаження, основи роботи й розрахунку, сприйняття розпірних навантажень на опори. Переваги круглих та еліптичних у плані будівель з висячими конструкціями покрівлі. Проблема забезпечення аеродинамічної стійкості та жорсткості при дії локальних навантажень. Удосконалені схеми висячих конструкцій покриттів великих прогонів: конструкції з жорсткими вантами, двохпоясні системи, перехресні сідловидні системи, мембрани. Можливі прогони, галузі використання та особливості компоновки будівель з висячими покрівлями. Схеми, робота і галузі використання вантових систем покриттів</p>	<p>[2]– розд. 5, 8, 9 [3]– п. 17.9, 17.10 [4]– с. 197–203 [5]– с. 518–532</p>
<p align="center">6 Номенклатура та особливості проектування висотних споруд</p> <p>Призначення, види і приклади висотних споруд (антенні споруди, димові труби, опори повітряних ліній електропередач, радіотелескопи, атракціони тощо. Башти і щогли, їх конструктивні схеми та галузі використання. Особливості динамічних характеристик висотних споруд та їх взаємодії з вітровим потоком. Необхідність урахування навантаження від ожеледі. Визначення вітрового та ожеледно-вітрового навантаження за ДБН В.1.2-2:2006. Перерізи елементів та конструкції вузлів башт і щогл</p>	<p>[2]– п. 5, 9, 10 [5]– с. 600–630</p>
<p align="center">7 Сталеві каркаси багатопверхових будівель</p> <p>Галузі раціонального використання сталі в каркасах багатопверхових будівель. Конструктивні схеми каркасів: в'язева, рамно-в'язева та просторова рамна. Схеми в'язей та їх узгодження з архітектурно-планувальними рішеннями об'єкта. Особливості визначення вітрового та корисного навантаження на перекриття з урахуванням ефекту сполучення по площі та по поверхах. Типи перерізів ригелів і колон, конструкції вузлів їх шарнірного й жорсткого з'єднання. Проблема захисту елементів сталевих каркасів від пожежі</p>	<p>[2]– розділи 5, 6, 8, 9 [4]– с. 204–207 [5]– с. 533–547</p>

Закінчення таблиці 2.1

1	2
<p align="center">8 Призначення, особливості роботи й проектування листових металевих конструкцій</p> <p>Номенклатура, призначення та галузі використання листових металевих конструкцій. Особливості використання й роботи листових конструкцій: великий внутрішній тиск, складна форма, вимоги до непроникності, значні обсяги зварювання, плоский напружений стан, крайові ефекти, концентрація напружень, стійкість оболонок при вакуумі, підвищений ризик крихкого руйнування. Вибір сталі для листових конструкцій, зварювальних матеріалів і технології зварювання. Основи розрахунку циліндричних сталевих оболонок та оболонок подвійної кривизни</p>	<p>[2]– розділи 5, 6 [3]– розділ 14, п. 17.8.1 [4]– с. 208, 209–210 [5]– с. 548–555</p>
<p align="center">9 Типи і конструкції резервуарів</p> <p>Призначення резервуарів. Схеми конструкції вертикальних циліндричних резервуарів без надлишкового тиску, з герметичною та з плаваючою покрівлею, їх призначення, діючі навантаження, основи розрахунку та конструювання. Рулонний спосіб транспортування та монтажу вертикальних циліндричних резервуарів. Призначення, конструктивні схеми, навантаження та основи розрахунку горизонтальних циліндричних і сферичних резервуарів. Вибір типу днища та рішення основних вузлів горизонтальних циліндричних резервуарів</p>	<p>[2]– розділи 5, 6, 8, 9 [3]– розділ 14, п. 17.8 [4]– с. 208–214 [5]– с. 556–588</p>
<p align="center">10 Типи і конструкції газгольдерів</p> <p>Призначення і типи газгольдерів: газгольдери постійного та змінного об'єму. Газгольдери постійного об'єму, відмінності їх роботи і проектування від горизонтальних циліндричних резервуарів. Мокрі та сухі газгольдери змінного об'єму, їх експлуатаційні характеристики, конструктивні схеми, навантаження та особливості проектування</p>	<p>[2]– розділи 5, 6, 8, 9 [3]– розділ 14, п. 17.8 [4]– с. 214–215 [5]– с. 589–594</p>
<p align="center">11 Бункери і силоси</p> <p>Призначення бункерів та силосів, їх спільні риси та відмінності. Схеми конструкцій бункерів і силосів, їх основні елементи і вибір геометричних параметрів. Навантаження на бункери і силоси від власної ваги, ваги сипучих матеріалів, атмосферні навантаження. Принципи розрахунку та конструкція основних вузлів бункерів і силосів</p>	<p>[2]– розділи 5, 6 [3]– розділ 14, п. 17.8 [4]– с. 216–217 [5]– с. 595–598</p>
<p align="center">12 Основи технології виготовлення металевих конструкцій</p> <p>Основні операції з виготовлення металевих конструкцій (підготовка металу, заготовка деталей, складання й зварювання конструкцій, контрольне складання, антикорозійний захист і фарбування, маркування й відвантаження) та структура заводів металевих конструкцій. Технологічне обладнання для очистки сталі, різання листового й профільного прокату, гнуття та штампування, утворення отворів, механічної обробки кромки, складання та зварювання, контролю якості зварних швів, антикорозійного захисту</p>	<p>[3]– п. 5.1.2, 5.2.1 [5]– с. 140–143, 168–172</p>
<p align="center">13 Захист металевих конструкцій від корозії</p> <p>Види корозії та її фізичні механізми. Причини виникнення електрохімічної корозії сталі та фактори, що сприяють її розвитку. Конструктивні заходи для запобігання корозії. Ступені агресивності експлуатаційного середовища та їх визначення згідно з чинними нормативними документами залежно від факторів впливу. Захист від корозії оцинкуванням, освинцюванням та лакофарбовими матеріалами. Вибір системи захисту залежно від агресивності середовища та призначення конструкції</p>	<p>[3]– п. 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2</p>

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Мета практичних занять полягає в набутті здобувачами умінь розрахунку та конструювання елементів і з'єднань сталевих конструкцій згідно з чинними нормами проектування, навичок користування нормативною й довідковою літературою. Здобувачі розв'язують типові задачі, які часто зустрічаються в проектній практиці: розрахунок і конструювання підкранових конструкцій та їх елементів і кріплень при дії динамічного навантаження від мостових кранів; розрахунок і конструювання конструкцій спеціальних споруд. Для успішного розв'язання задач необхідно користуватися чинними нормативними документами [1–3] та довідковою літературою, на які даються посилання в тексті методичних рекомендацій, а також вивчити відповідні розділи навчальних видань [4–6].

3.1 Розрахунок підкранової балки

Ціль роботи: одержання первісних знань про підкранові конструкції. Вибір основних конструктивних елементів підкранової балки.

Завдання: Розрахувати підкранову балку крайнього ряду прогіном 12 м під два мостових крани режиму роботи 5К (середній) вантажопідйомністю $Q = 100 / 20$ т із гнучким підвісом вантажу. Проліт будинку 36 м. Матеріал балки сталь С255 з $R_y = 240$ МПа для товщин до 20 мм і $R_y = 230$ МПа для товщин понад 20 мм.

3.1.1 Навантаження на підкранову балку

Для крана $Q_k = 100 / 20$ т найбільші вертикальні зусилля на колесо $F_1^n = 465$ кН і $F_2^n = 485$ кН; маса візка $G_T = 37$ т; тип кранової рейки КР-120. Розрахункові значення вертикальних і горизонтальних зусиль (рис. 3.1) на колесо крана визначаємо за формулами:

$$F_i = k \cdot \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi \cdot F_{\max}^n, \quad (3.1)$$

$$T_i = k \cdot \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi \cdot K_T \cdot \frac{Q_k + G_T}{n_k}, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт динамічності, що враховує ударний характер навантаження при русі крана по нерівностях шляху на стиках рейок, прийнятий по [1];

γ_n – коефіцієнт надійності по призначенню, прийнятий по [1];

γ_f – коефіцієнт надійності по навантаженню, прийнятий по [1];

ψ – коефіцієнт сполучень, прийнятий по [1];

F_{max}^n – максимальний нормативний тиск колеса крана, прийнятий по додатку Б;

K_T – коефіцієнт, рівний 0,05 для кранів із гнучким підвісом вантажу і 0,1 – із жорстким;

Q_k і G_T – відповідно вантажопідйомність крана і вага візка;

n_k – кількість коліс на одній стороні крана.

$$F_1 = 1 \times 0,95 \times 1,1 \times 0,85 \times 465 = 413,04 \text{ кН};$$

$$F_2 = 1 \times 0,95 \times 1,1 \times 0,85 \times 485 = 430,80 \text{ кН};$$

$$T_k = 1 \times 0,95 \times 1,1 \times 0,85 \times 0,05 \times (1000 + 370)/4 = 15,21 \text{ кН}.$$

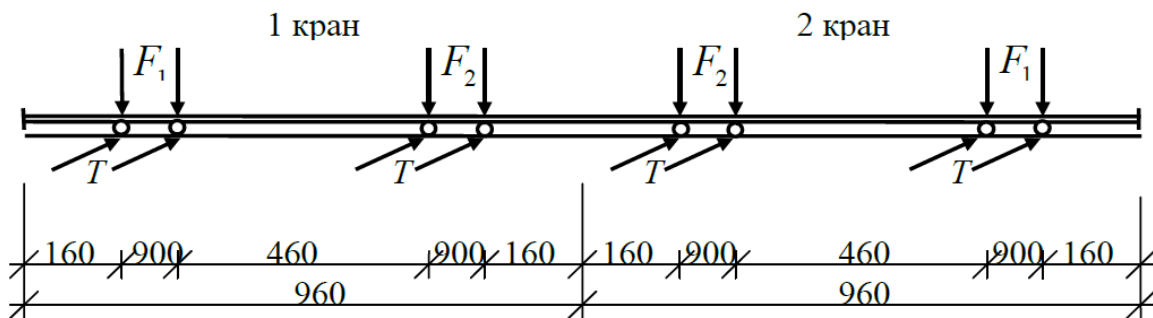


Рисунок 3.1 – Схема кранового навантаження

3.1.2 Визначення розрахункових умов

Для визначення максимальних значень згинальних моментів від вертикальних і горизонтальних навантажень розташуємо рухливі вантажі відповідно до теорії Вінклера (рис. 3.2).

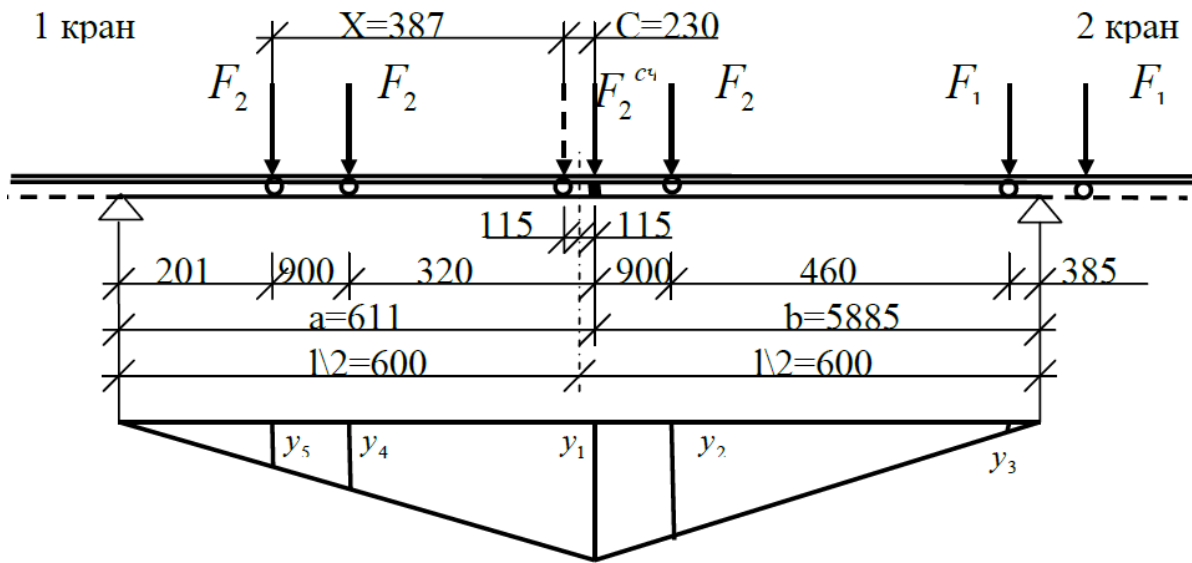


Рисунок 3.2 – Схема розташування вантажів та лінія впливу моменту

Положення рівнодіючої системи рухливих вантажів визначається координатою «х», відлічуваною щодо першого колеса ліворуч:

$$x = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} = \frac{430,8 \times (900 + 4 \cdot 100 + 5 \cdot 000) + 413,04 \times 9 \cdot 600}{4 \times 430,8 + 413,04} = 3 \cdot 872,8 \text{ мм}$$

Відстань від критичного вантажу до рівнодіючої:

$$C = (900 + 3200) - 3870 = 230 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності установки вантажів по нерівностях:

$$1) R_n + F_{cч} \geq \frac{a}{l} R_i,$$

$$2 \times 430,8 + 430,8 = 1292,4 \text{ кН} > \frac{6115}{12000} \times (4 \times 430,8 + 413,04) = 1088,59 \text{ кН,}$$

$$2) R_n \leq \frac{a}{l} R_i,$$

$$2 \times 430,8 = 861,6 \text{ кН} < \frac{6115}{12000} \times (4 \cdot 430,8 + 413,04) = 1088,59 \text{ кН}$$

Отже, прийнята установка вантажів на балці є розрахунковою. Для визначення згинальних моментів визначимо ординати лінії впливу під вантажами:

$$y_1 = a \cdot b / l = 6\,115 \times 5\,885 / 12\,000 = 2,999 \approx 3;$$

$$y_2 = 3 \times 4\,985 / 5\,885 = 2,541;$$

$$y_3 = 3 \times 385 / 5\,885 = 0,196;$$

$$y_4 = 3 \times 2\,915 / 6\,115 = 1,43;$$

$$y_5 = 3 \times 2\,015 / 6\,115 = 0,989.$$

Розрахунковий момент від вертикального навантаження:

$$M_x = 1,05 \times [430,8 \times (3 + 2,54 + 1,43 + 0,989) + 413,04 \times 0,196] = 3685,63 \text{ кНм.}$$

Розрахунковий згинальний момент від сил поперечного гальмування:

$$M_y = 15,21 \times (3 + 2,541 + 1,43 + 0,986 + 0,196) = 124,05 \text{ кНм.}$$

Для визначення максимальної поперечної сили завантажуюємо лінію впливу поперечної сили на опорі (рис. 3.3).

Визначаємо розрахункові значення вертикальної і горизонтальної сил:

$$Q_x = 1,05 \times [430,8 \times (1 + 0,925 + 0,658 + 0,583) + 413,04 \times (0,2 + 0,125)] = 1573,06 \text{ кН}$$

$$Q_y = 15,21 \times (1 + 0,925 + 0,658 + 0,583 + 0,2 + 0,125) = 53,13 \text{ кН.}$$

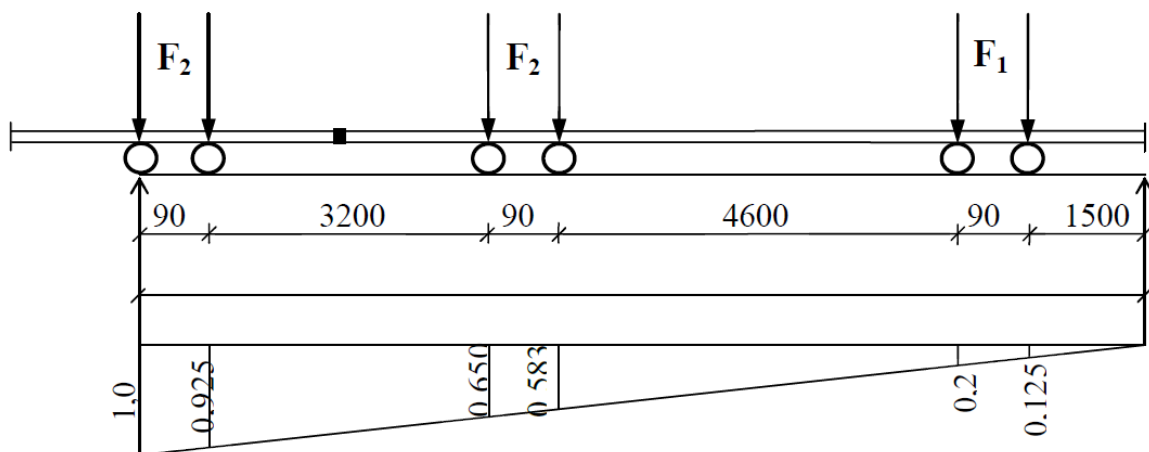


Рисунок 3.3 – Схема розташування вантажів та лінія впливу тиску обпирання

3.1.3 Підбір перерізу балки

Підкранову балку проектуємо складеною несиметричного двотаврового перерізу з розширеним верхнім поясом і гальмовою балкою зі швелера № 18 (вважаємо, що гальмова конструкція кріпиться до проміжної стійки фахверка) і прокатного листа товщиною 6 мм.

Визначаємо мінімальну висоту балки:

$$h_{\min} = \frac{5 \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot l}{24 \cdot \beta \cdot E \cdot [f/l]} \cdot \frac{M^n}{M}, \quad (3.3)$$

де l – прогін балки, см;

E – модуль пружності сталі, прийнятий $2,06 \times 10^4$ кН/см² [1];

R_y – розрахунковий опір сталі розтягу, стиску та згину, кН/см²;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, що дорівнює одиниці;

f/l – відносний прогин підкранової балки, прийнятий згідно [1] для кранів з режимом роботи до 5К (середній) 1/400 прогину;

β – коефіцієнт, що враховує додаткові напруження у верхньому поясі підкранової балки від сил поперечного гальмування (для кранів з режимом роботи до 5К $\beta = 1,05$);

M^n – характеристичне значення згинаючого моменту від завантаження балки одним краном при $\gamma_f = 1$ (при попередньому розрахунку співвідношення M^n/M приймають рівним 0,8).

$$h_{\min} = \frac{5 \times 24,0 \times 1 \times 1200 \times 0,8}{24 \times 1,05 \times 2,06 \times 10^4 \times 1/400} = 89 \text{ см.}$$

Визначаємо оптимальну висоту балки, приймаючи коефіцієнт асиметрії $K^1 = 1,2$, де товщину стінки балки попередньо призначаємо по емпіричній формулі :

$$t_w = 7 + 3 \cdot h \text{ мм}, \quad (3.4)$$

де h – висота стінки балки, дорівнює $(1/8 - 1/9) \times l$ прогону балки, м.

$$h_{opt} = \sqrt{\frac{3K^I}{K^I + 1} \cdot \frac{W_{TP}}{t_w}}, \quad (3.5)$$

де $W_{TP} = M \cdot \beta / R_y \gamma_c$ – необхідний момент опору перерізу;

$$h = \frac{l}{8} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ м};$$

$$h = \sqrt{\frac{3 \times 1,2}{1,2 + 1} \times \frac{16\,125}{1,2}} = 148 \text{ см}$$

Призначаємо висоту стінки $h_w = 1400 \text{ мм}$, двох поясів – $2 \times 20 = 40 \text{ мм}$.

Попередня висота балки:

$$h = 1400 + 40 = 1440 \text{ мм}.$$

Перевіряємо стінку балки на зріз за формулою:

$$t_{w,\min} = 1,5 Q_{\max} / h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c, \quad (3.6)$$

$$t_{w,\min} = \frac{1,5 \times 1573,06}{140 \times 0,58 \times 24,0} = 1,22 \text{ см}.$$

Приймаємо остаточно товщину стінки $t_w = 14 \text{ мм}$.

Площа поперечного перерізу балки з урахуванням $h_w \approx h$:

$$A = \frac{K^I + 1}{h} \cdot W_{TP} + \frac{(K^I + 1)^2}{6K^I} \cdot h \cdot t_w. \quad (3.7)$$

Площа верхнього пояса:

$$A_f^B = \frac{K^I}{1 + K^I} A - \frac{t_w h}{2}. \quad (3.8)$$

Площа нижнього пояса:

$$A_f^H = \frac{1}{1 + K^I} A - \frac{t_w h}{2}. \quad (3.9)$$

$$A = \frac{1,2+1}{144} \times 16125 + \frac{(1,2+1)^2}{6 \times 1,2} \times 144 \times 1,4 = 381,87 \text{ см}^2,$$

$$A_f^B = \frac{1,2}{1+1,2} \times 381,87 - \frac{1,4 \times 144}{2} = 107,5 \text{ см}^2,$$

$$A_f^H = \frac{1,0}{1+1,2} \times 381,87 - \frac{1,4 \times 144}{2} = 72,77 \text{ см}^2.$$

Компонуємо переріз балки з урахуванням товщини і ширини аркушів сортаменту товстостенової і універсальної сталі (рис. 3.4):

- верхній пояс – 500 мм × 20 мм, $A_f^B = 100 \text{ см}^2$;
- нижній пояс – 380 × 20 мм, $A_f^H = 76 \text{ см}^2$;
- стінка – 1400 × 14 мм, $A_w = 196 \text{ см}^2$.

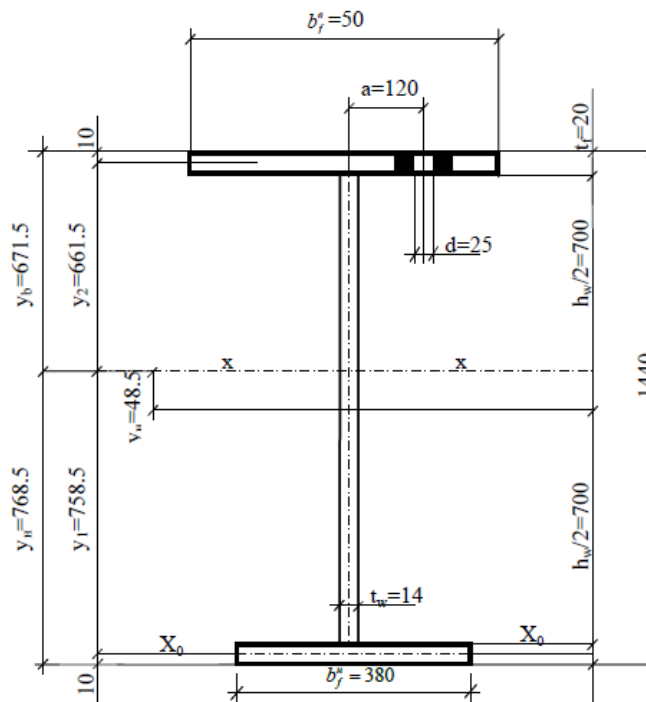


Рисунок 3.4 – Поперечний переріз балки.

Перевіримо місцеву стійкість непідкріпленого звису стиснутого пояса балки :

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{50}{2 \times 2} = 12,5 \leq 0,5 \sqrt{\frac{2,06 \times 10^4}{24,0}} = 14,65.$$

Положення центра ваги перерізу:

$$y_1 = \frac{\sum S_i}{\sum A_i} = \frac{140 \times 1,4 \times 71 + 50 \times 2 \times 143}{38 \times 2 + 140 \times 1,4 + 50 \times 2} = 75,85 \text{ см},$$

$$y_c = 75,85 - 71 = 4,85 \text{ см}.$$

Визначаємо геометричні характеристики перерізу, з огляду на ослаблення верхнього пояса отворами для кріплення кранової рейки при підрахунку I_{xn} . Розбивка отворів виконується в розбіг, щоб у прогінні балки в переріз попадав тільки один отвір.

$$\begin{aligned} I_{xn} &= t_w \cdot h_w^3 / 12 + t_w \cdot h_w \cdot y_0^2 + (\epsilon_f^B - d) \cdot t_f \cdot y_2^2 + \epsilon_f^H \cdot t_f \cdot y_1^2 = \\ &= 1,4 \times 140^3 / 12 + 1,4 \times 140 \times 4,85^2 + (50 - 2,5) \times 2 \times 66,15^2 + \\ &+ 38 \times 2 \times 75,85^2 = 1177692 \text{ см}^4. \end{aligned}$$

Момент опору для верхнього і нижнього поясів балки:

$$\begin{aligned} W_{xn}^B &= \frac{I_{xn}}{y_B} = \frac{1177692}{67,15} = 17538 \text{ см}^3, \\ W_{xn}^H &= \frac{I_{xn}}{y_H} = \frac{1177692}{76,85} = 15324 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Розрахунковий переріз гальмівної балки включає верхній пояс підкранової балки – 500 мм × 20 мм, горизонтальний лист товщиною $t_n = 6$ мм і зовнішній пояс гальмівної балки зі швелера №18 ($A^c = 20,7 \text{ см}^2$; $I_y^c = 86 \text{ см}^4$; $Z_0 = 1,94 \text{ см}$).

Визначимо положення центра ваги перерізу щодо вісі $y_1 - y_1$ (рис. 3.5):

$$x_0 = \frac{\sum S_i}{\sum A_i} = \frac{100 \times 0,6 \times 70 + 20,7 \times 120,06}{50 \times 2 + 100 \times 0,6 + 20,7} = 37 \text{ см}.$$

Момент інерції перерізу щодо осі $y_1 - y_2$ з урахуванням ослаблення верхнього пояса балки отвором діаметром $d = 25$ мм:

$$\begin{aligned} I_{yn} &= t_f \cdot (\epsilon_f^B)^3 / 12 - d \cdot t_f \cdot a^2 + (\epsilon_f^B - d) \cdot t_f \cdot x_0^2 + t_n \cdot \epsilon_n^3 / 12 + t_n \cdot \epsilon_n \cdot x_1^2 + I_y^c + \\ &+ A_c \cdot x_2^2 = 2 \times 50^3 / 12 - 2,5 \times 2 \times 12^2 + (50 - 2,5) \times 2 \times 37^2 + 0,6 \times 100^3 / 12 + \\ &+ 0,6 \times 100 \times 33^2 + 86 + 20,7 \times 83,06^2 = 409757 \text{ см}^4. \end{aligned}$$

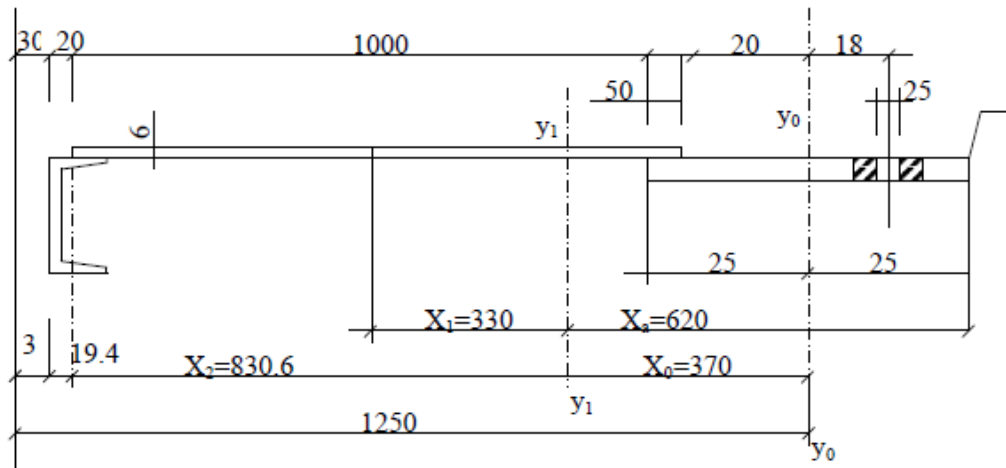


Рисунок 3.5 – Переріз гальмівної балки

Момент опору в точці «а», де сумуються напруження від вертикальних і горизонтальних зусиль:

$$W_{yn} = \frac{I_{yn}}{x_a} = \frac{409757}{62} = 6609 \text{ см}^3.$$

Нормальні напруження у верхньому поясі балки в точці «а»:

$$\sigma_e^a = \frac{M_{max}}{W_x^B} + \frac{M_T}{W_y^a} \leq R_y \gamma_c; \quad (3.10)$$

$$\sigma_e^a = \frac{368563}{17538} + \frac{12405}{6609} = 22,9 \text{ кН/см}^2 < 24 \text{ кН / см}^2.$$

Нормальні напруження в нижньому поясі :

$$\sigma_n = \frac{M_{max}}{W_x^H} \leq R_y \gamma_c, \quad (3.11)$$

$$\sigma_n = \frac{368563}{15324} = 24 \text{ кН/см}^2.$$

Недонапруга у верхньому поясі балки в точці «а»:

$$\frac{24,0 - 22,9}{24,0} \cdot 100\% = 4,5\% < 5\%.$$

Недонапруга у нижньому поясі балки:

$$\frac{24,0 - 24,0}{24,0} \cdot 100\% = 0\%.$$

Жорсткість балки перевіряти немає необхідності, тому що вона забезпечена ($h_3 > h_{min}$).

Далі необхідно визначити найбільший катет звареного шва з'єднання верхнього пояса балки зі стінкою:

$$k_f \geq \frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2 \cdot \beta_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \quad (3.12)$$

$$k_z \geq \frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2 \cdot \beta_z \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c}, \quad (3.13)$$

де $T = \frac{Q_{max} \cdot S_f}{I_x}$ – зусилля, що зрушує, у поясі на одиницю довжини,

викликуване силою Q_{max} ;

S_f – статичний момент частини пояса, що зрушується, бруто щодо нейтральної осі;

I_x – момент інерції переріз у бруто щодо нейтральної осі;

$$V = \frac{\gamma_f F_{max}^n}{l_{ef}},$$

де F_{max}^n – тиск від зосередженого вантажу (колеса) на одиницю довжини;

l_{ef} – умовна довжина розподілу зосередженого вантажу, обумовлена формулою:

$$l_{ef} = 3,25 \sqrt{I_{1f} / t_w}, \quad (3.14)$$

де I_{1f} – сума власних моментів інерції пояса балки і кранової рейки.

Нижні поясні шви не сприймають зусилля від колеса крана, і тому їх розраховують тільки на зусилля, викликуване силою Q у поясі.

На цьому розрахунок підкранових конструкцій в обсязі практичних занять закінчують.

3.2 Розрахунок резервуара

Мета роботи: одержання первісних знань про конструкції й елементи сталевого резервуара. Вибір основних конструктивних елементів резервуара.

Завдання: розрахувати й сконструювати стінку, днище й покриття вертикального циліндричного резервуара місткістю $5\,000\text{ м}^3$ для зберігання рідини (рис. 3.6). Щільність рідини – $\rho = 0,000\,9\text{ кг/см}^3$. Місце будівництва – м. Вінниця, характеристичне навантаження по сніговому покриву – 1 кН/м^2 . Матеріал резервуара – сталь марки С235 ДСТУ 380-71*, $R_y = 225\text{ МПа}$; зварювання аркушів – електродами марки Э42. Надлишковий тиск паркої рідини, спрямований назовні, прийняти $p_0 = 2\text{ кПа}$, а вакуум (навантаження всередину резервуара) – 250 Па . Коефіцієнт надійності по призначенню $\gamma_n = 1$.

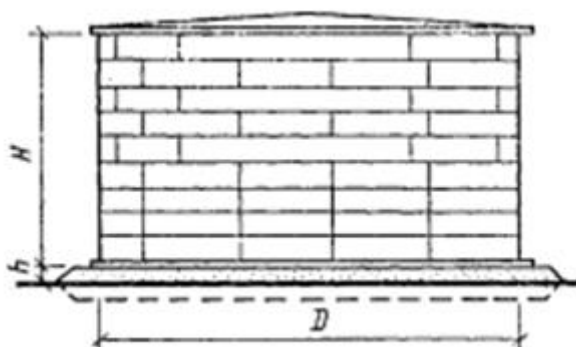


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд вертикального циліндричного резервуара

3.2.1 Визначення розмірів резервуара

Найбільш вигідне співвідношення між висотою резервуара H і діаметром D (за даними академіка В. Г. Шухова) при заданому обсязі встановлюється наступними двома правилами:

- 1) резервуар зі змінною товщиною стінки має мінімальну вагу, якщо обсяг сталі в днищі й покритті дорівнює обсягу сталі в стінці;
- 2) резервуар з постійною товщиною стінки має найменшу вагу за умови, що обсяг сталі в днищі й покритті в 2 рази менше обсягу сталі в стінці.

Виходячи із цих правил, оптимальну форму резервуарів призначають при наступних відношеннях H/D :

- для обсягу 100–600 м³ ухвалюють $H/D = 1/1 - 1/4$;
- для обсягу до 10 000 м³ $H/D = 1/2 - 1/5$.

При цьому висота резервуара повинна бути кратна ширині аркушів (1 400 мм або 1 500 мм). Найбільша оптимальна висота більших резервуарів (до 10 000 м³) становить близько 12 м (вісім поясів по 1 500 мм). Ухвалюємо:

- номінальні розміри $H = 12$ м і $D = 23$ м;
- відношення $H/D \approx 1/2$;

У типовому резервуарі обсягом 5 000 м³ конструктивні розміри по висоті $H = 11\,845$ мм, внутрішній діаметр $D_0 = 22\,790$ мм і зовнішній діаметр $D = 22\,810$ мм (укладається по довжині окружності 12 аркушів довжиною по 6 м).

Дах резервуарів проектуємо у вигляді щитів, що полягають із аркушів товщиною $t = 2,5$ мм, покладених на каркас із двотаврів, швелерів і кутиків. Щити спираються на центральну трубчасту стійку й корпус резервуара.

Днище, розташоване на піщаній підставі, випробовує тільки стиск від тиску рідини, тому товщину його аркушів призначаємо з конструктивних міркувань:

- при $D < 18$ м ухвалюють $t = 4$ мм;
- при $D = 18-25$ м ухвалюють $t = 5$ мм;
- при $D > 25$ м ухвалюють $t = 6$ мм.

У даному прикладі при $D = 22,81$ м призначаємо днище з аркушів $t = 5$ мм. Діаметр днища $D_b = D + 90 = 22\,810 + 90 = 22\,900$ мм (виступ днища за межі стінки ухвалюють не більш 50 мм).

3.2.2 Розрахунок стінки резервуара

Ухвалюємо висоту рівня затоки резервуара $H_0 = 11,5$ м, а враховуючи надлишковий тиск $p_0 = 2$ кПа умовна висота дорівнює:

$$H' = H_0 + \frac{p_0}{\rho} = 11,5 + \frac{2 \times (100)}{0,0009 \times 106} = 11,7 \text{ м.}$$

Розрахункова схема стінки корпусу резервуара наведена на рисунку 3.7. По висоті стінка складається з восьми поясів висотою по 1 500 мм. Розрахунковий переріз кожного пояса розташований на 300 мм вище його нижньої крайки, тобто в перерізі, де не враховується вплив кільцевих швів суміжного пояса.

Пояс стінки резервуара з умови забезпечення міцності за першою групою граничних станів розраховуємо за формулою:

$$\frac{(\gamma_{f1} \cdot \rho_x + \gamma_{f2} \cdot \rho_0) \cdot r}{t \cdot R_{wy} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (3.15)$$

або

$$t \geq \frac{(\gamma_{f1} \cdot \rho_x + \gamma_{f2} \cdot \rho_0) \cdot r}{R_{wy} \cdot \gamma_c}, \quad (3.16)$$

де γ_{f1} – коефіцієнт надійності по навантаженню для гідростатичного тиску, рівний 1,1;

γ_{f2} – коефіцієнт надійності по навантаженню для внутрішнього надлишкового тиску, рівний 1,1;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, рівний для стінки резервуара 0,8;

R_{wy} – розрахунковий опір звареного шва встик розтягання. Для конструкцій зі сталі марки С235 при автоматичному зварюванні або напівавтоматичному й ручному зварюванні з фізичним контролем якості шва $R_{wy} = R_y = 225$ МПа, а без контролю $R_{wy} = 0,85 \times 225 = 191$ МПа;

ρ – щільність нафтопродуктів, прийнята $0,0009 \text{ кг/см}^3$.

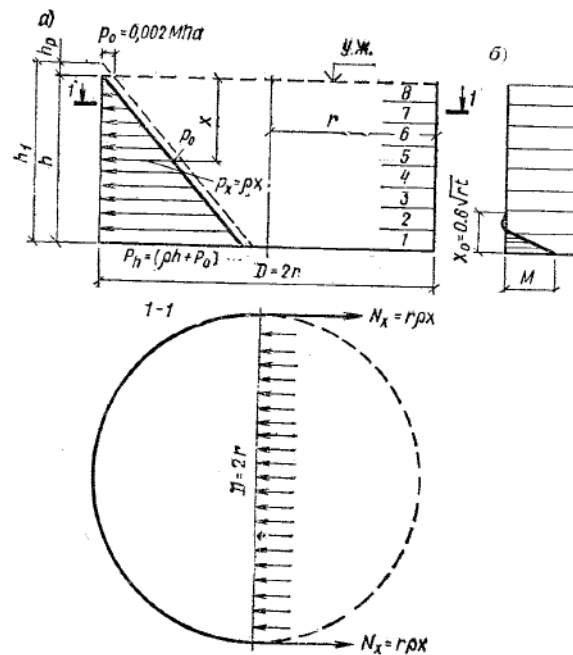


Рисунок 3.7 – Розрахункові епюри тиску на стінку вертикального циліндричного резервуара: а – епюра тиску рідини; б – епюра моменту у місці стика днища зі стінкою

Розрахунки поясів стінки за формулою (3.16) зведено в таблиці 3.1. Для першого пояса (нижнього) розрахунки товщини аркушів для смуги довжиною 1 см виконані у такий спосіб:

– при $R_{wy} = 225 \text{ МПа}$:

$$t = \frac{(1,1 \times 0,0009 \times 10 + 1,15 \times 0,002 \times 100) \times 1140}{0,8 \times 225 \times 100} = 0,72 \text{ см},$$

де $r = D_0 / 2 \approx 22790 / 2 \approx 11400 \text{ мм} = 1140 \text{ см}$;

– при $R_{wy} = 191 \text{ МПа}$ товщина аркушів пояса буде $t \approx 9 \text{ мм}$.

Аналогічно виконані розрахунки для інших поясів.

Прийняті в таблиці 3.1 товщини поясів для конструювання резервуара відповідають $R_{wy} = 191 \text{ МПа}$, тобто для випадку напівавтоматичного зварювання. Для поясів 5 – 8 товщина аркушів $t = 5 \text{ мм}$ призначена із конструктивних міркувань.

Перевіряємо напруження в нижньому поясі стінки резервуара з урахуванням дії крайового моменту M_1 :

$$\frac{\left(\frac{T_1}{t} + \frac{6M_1}{t^2}\right)}{R_y \gamma_c} \leq 1,$$

де $M_1 = 0,1 \cdot (1,1 \cdot \rho \cdot h + 1,15 \cdot \rho_0) \cdot r \cdot t$.

Значення моменту M_1 максимально на відстані $x_2 = \pi \cdot s / 4$ від днища,

де $s = 0,78 \sqrt{r \cdot t} = 0,78 \sqrt{1140 \times 1} = 26,4 \text{ см}$.

Для цього перерізу зусилля T_1 :

$$T_1 = (\gamma_{f1} \cdot \rho_x + \gamma_{f2} \cdot \rho_0) \cdot r = (1,1 \times 0,0009 \times 10 \times 1127,6 + 1,15 \times 0,002 \times 100) \times 1140 = 13050 \text{ Н/см}$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок поясів стінки резервуара

Номер пояса	Відстань від верху резервуара, мм		Значення (х1-340) до розрахункового рівня, мм	Внутрішнє зусилля на пояс Н/см	Розрахункова товщина пояса, мм при R_{wy} , МПа		Прийнята товщина аркушів t, мм	Напруження в поясі σ , МПа
	До низу пояса	До Розрахункового перерізу			225	191		
8	1 520	1 320	980	1 370	0,76	0,9	5	27,4
7	2 980	2 680	2 340	2 910	1,61	1,91	5	58,3
6	4 400	4 140	3 800	4 550	2,52	3	5	91
5	5 890	5 590	5 250	6 200	3,44	4,06	5	124
4	7 340	7 040	6 700	7 840	4,36	5,13	6	131
3	8 840	8 540	8 200	9 520	5,29	6,23	7	136
2	10 340	10 040	9 700	11 250	6,3	7,42	8	141
1	11 840	11 540	11 200	12 900	7,2	8,5	10	129

Розрахунковий крайовий момент при пружньому защемленні стінки:

$$M_1 = 0,1 \cdot (1,1 \times 0,0009 \times 10 \times 1127,6 + 1,15 \times 0,002 \times 100) \times 1140 \times 1 = 1305 \text{ Нсм}$$

Напруження в поясі:

$$\sigma = \frac{T_1}{t} + \frac{6M_1}{t^2} = \frac{13050}{1} + \frac{6 \times 1305}{1^2} = 208,8 \text{ МПа} \geq 0,8 \times 225 = 180 \text{ МПа}.$$

Отже, нижній пояс у цьому перерізі необхідно підсилити, наприклад, приваркою швелера або кутика по всьому контуру, або прийняти аркуші товщиною 12 мм. В останньому випадку ($t = 12$ мм) напруження буде:

$$\sigma = \frac{13050}{1,2} + \frac{6 \times 1305}{1,2^2} = 161,5 \text{ МПа} \leq 0,8 \times 225 = 180 \text{ МПа}.$$

Умова міцності пояса задовольняється.

Можна товщину аркушів нижнього пояса залишити рівною 10 мм без підсилення прокатним профілем, але тоді необхідно призначати аркуші сталі підвищеної міцності, наприклад, марка 0,9Г2С. Остаточо, це вирішується на заводі-виготовлювачі з урахуванням наявності листової сталі відповідних марок. Схеми сполучень поясів по висоті резервуара й епюри тиску й напруги показані на рисунку 3.8. Після розрахунків стінки по міцності перевіряють стійкість форми корпусу резервуара при спільній дії рівномірного вісьового й радіального стиску.

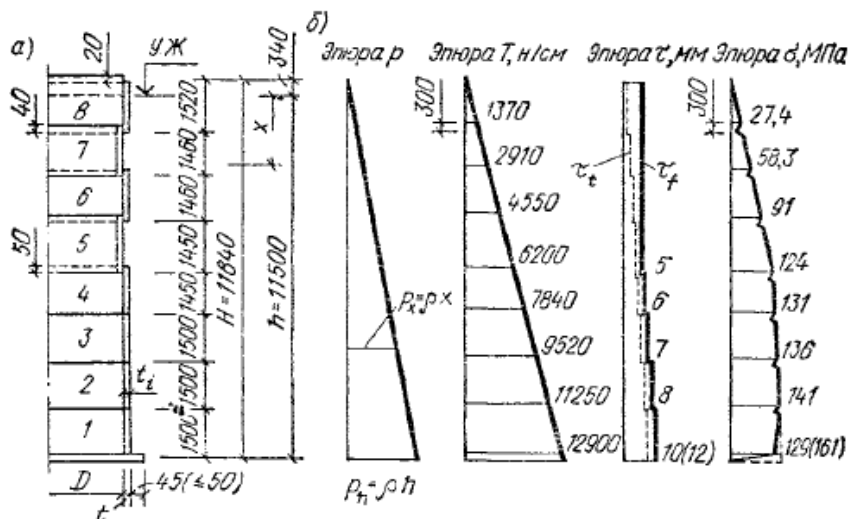


Рисунок 3.8 – Розрахунок стінки вертикального циліндричного резервуара:

а – розташування поясів по висоті стінки; б – епюри тиску та напружень

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-14-2009 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Чинний від 2009-12-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 40 с. (Національні стандарти України).

2. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Чинний від 2007-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. – 75 с. (Національні стандарти України).

3. ДБН В.2.6-198:2014. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Сталеві конструкції. Норми проектування. – Чинний від 2015-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. – 205 с. (Національні стандарти України).

4. Клименко Ф. Є. Металеві конструкції : підручник / Ф. Є. Клименко, В. М. Барабаш, Л. І. Стороженко ; [за ред. Ф. Є. Клименка]. – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів : Світ, 2002. – 312 с.

5. Металлические конструкции : учебник для студентов высших учебных заведений / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева и др. ; под ред. Ю. И. Кудишина. – 10-е изд., доп. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 688 с.

6. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи із дисципліни «Проектування металевих конструкцій» (для здобувачів всіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво») [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. І. Лугченко, П. М. Фірсов. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 40 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/55989/>, вільний (дата звернення: 20.03.2023). – Назва з екрана

ДОДАТОК А

Навантаження від власної ваги конструкцій

Найменування конструкції	Нормативне навантаження кПа	Коефіцієнт надійності за навантаженням, γ_f
Обгороджувальні конструкції покрівлі		
Гравійний захист $t = 15...20$ мм	0,3...0,4	1,3
Захисний шар із бітумної мастики і гравію $t = 10$ мм	0,20	1,3
Гідроізоляційний килим із 3-4 шарів руберойду	0,15...0,20	1,3
Асфальтова або цементно-пісчана стяжка $t = 15...20$ мм	0,36...0,45	1,3
Пароізоляція з одного шару руберойду або пергаміну	0,05	1,3
Несучі елементи покрівлі		
Сталевий профільований настил $t = 0,6...1$ мм	0,08...0,15	1,05
Азбестоцементні хвилясті листи підсиленого профілю	0,20	1,1
Рєбристі залізобетонні плити розміром, мм:		
5970 x 2980 x 300	150	
5970 x 1490 x 300	170	
11960 x 2980 x 455 районів)	175	
11960 x 2980 x 400 (для III і IV снігового	195	
11960 x 2980 x 455 районів)	208	
11960 x 1480 x 400	290	
Прогони суцільні прольотом 6 м	0,05...0,08	1,05
Прогони суцільні прольотом 12 м	0,10...0,15	1,05
Прогони наскрізні прольотом 12 м	0,07...0,12	1,05
Каркас сталевих панелей розміром, м:		
3 x 6	0,10...0,15	1,05
3 x 12	0,15...0,25	1,05
Кроквяні ферми	0,10...0,40	1,05
Підкроквяні ферми	0,05...0,10	1,05
Каркас ліхтаря	0,08...0,12	1,05
В'язі по покриттю	0,04 - 0,06	1,05
Колони в будівлях:		
з мостовими опорними кранами Q , т:		
до 50	0,25...0,35	1,05
50...100	0,30...0,60	1,05
100...150	0,55...0,75	1,05
з підвісними кранами Q до 10 т	0,12...0,15	1,05
безкранових	0,09...0,12	1,05

Рисунок А.1 – Власна вага конструкцій

Обгороджувальні конструкції стін		
Стінові панелі для неопалювальних будівель:		
залізобетонні попередньо-напружені панелі		
розміром мм:		
5980 x 885 x 70	1,65	1,1
5980 x 1185 x 70	1,70	1,1
5980 x 1785 x 70	1,90	1,1
попередньо-напружені панелі з легких бетонів, мм:		
5980 x 885 x 70	1,30	1,2
5980 x 1185 x 70	1,33	1,2
5980 x 1785 x 70	1,37	1,2
11970 x 885 x 300	1,95	1,2
11970 x 1185 x 300	2,15	1,2
11970 x 1785 x 300	2,20	1,2
Стінові панелі для опалювальних будівель		
тришарові зі сталюю обшивкою при товщині		
панелі 50...80 мм		
тришарові з алюмінієвою обшивкою при товщині		
панелі 46,6...91,6 мм		
сталеві пошарового збирання:		
при вітровому навантаженні 0,7...1,1 кН/м ²		
при вітровому навантаженні 0,9...1,4 кНн/м ²		
Ригелі стінового фахверку із навантаженням		
0,7...1,7 кН/м:		
рядові	0,022...0,052	
опорні	0,042...0,068	
стикові	0,053...0,078	
Вікна зі спарених труб із засклінням		
(одинарним/двійним):		
такі, що не відкриваються (глухі) розміром, м:		
6 x 1,2	0,183/0,278	1,1
6 x 1,8	0,167/0,261	1,1
6 x 2,4	0,174/0,269	1,1
такі, що відкриваються (з фрамугами) розміром, м:		
6 x 1,2	0,229/0,326	1,1
6 x 1,8	0,206/0,299	1,1
6 x 2,4	0,196/0,292	1,1

Продовження рисунка А.1

№ пор.	Матеріали теплоізоляції	Міцність на стиск, кгс/см ²	Густина, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м ⁰ С
1	Плити із резольнофеноформальдегідного пінопласту (ГОСТ 20916-87)	1,2-2	100	0,047
2	Плити пінополістирольні (ГОСТ 15588-86) або пінополіуретанові (ТУ 8-56-70, ТУ 67-78-75, ТУ 67-98-75)	1-1,5	50-150	0,041-0,05
3	Мінераловатні плити на синтетичному і бітумному в'язучому (жорсткі) – (ГОСТ 12394-66) і напівжорсткі – (ГОСТ 10140-82, ГОСТ 9573-82)	0,6	200-350	0,070-0,091
4	Перлітофосфогелеві плити (ТУ 21 України 512-92)	2-3	200-300	0,064-0,076
5	Перлітопластобетонні (ТУ 480-1-145-85)	2-3	200-300	0,07-0,11
6	Плити із піно-і газоскла (ТУ21 БРСР 86-73)	5-10	200-400	0,07-0,11
7	Плити деревоволокнисті (ГОСТ 4596-86), деревостружкові (ГОСТ 26816-86) та фібролітові (ГОСТ 8928-81)	5-10	200-600	0,06-0,12
8	Плити із ніздрюватих бетонів (газо – і пінобетони, ТУ 234 УРСР 386-91)	6-12	300-600	0,08-0,14
9	Плити із легких бетонів (керамзитобетон, перлітобетон, ТУ 400-1-63-72)	10	600	0,12-0,16
10	Гравій керамзитовий - (ТУ 21 УРСР 392-86, ТУ 21 УРСР 406-86, ТУ 234 УРСР 1272001-02-91)		200-400	0,099-0,12

Рисунок А.2 – Характеристики теплоізоляційних матеріалів

Марка профнастила	Прольот	Навантаження, кПа, при розрахунковій схемі				Маса 1м ² , кг
		однопрол.	двопрол.	трипрол.	чотирипрол.	
НС 40-800 - 0,7	3	-	1,83 у	1,97	2,02 у	8,1
НС 44-1000 - 0,7	3	-	2,48	2,85 д	2,73 у	8,3
Н 57-750 - 0,7	3	2,90 д	2,62 у	3,10 у	2,96 у	8,7
Н 57-750 - 0,8	3	3,37 д	3,69	4,27 у	4,10 у	9,8
Н 60-875 - 0,7	3	3,24 д	2,30 у	2,50 у	2,70 у	8,8
Н 60-875 - 0,8	3	3,88	3,25 у	3,78 у	3,60 у	9,9
Н 75- 750 - 0,8	3	5,82	5,27	6,59	6,16	11,2
Н 75- 750 - 0,9	3	6,46	6,17	7,71	7,21	12,5
Н 114-750 - 0,9	4	6,60	6,59	8,25	-	14,0
	6	2,18	2,93	-	-	
Н 114-750 - 1,0	4	7,33	8,33	9,17	-	15,4
	6	2,44 д	3,26	-	-	
Н 114-600 - 0,9	4	6,85	6,90	8,62	-	15,6
	6	2,28 у	3,06	-	-	
Н 114-600 - 1,0	4	7,77	7,71	9,72	-	17,2
	6	2,58	3,45	-	-	

Рисунок А.3 – Граничне рівномірно-розподілене розрахункове навантаження для сталевих профільованих листів за ДСТУ Б В.2.6.-9-95. Умовні позначення:

у – несуча здатність за умовою стійкості стінки на опорі;

д – так само за умовою деформативності

ДОДАТОК Б

Дані про мостові крани для компонування поперечної рами

Вантажопідйомність крана, Q , т	Прольот будівлі, L , м	Висота крана, H_{cr}	Звис моста, B_{cr}	Висота підкранової балки h_{bc} , при кроці колон		Висота рейки, h_r	Тип кранової рейки
				6 м	12 м		
				розміри, мм			
10	12...33	1900	260	800	1100	120	КР-70
16/3,2	12...33	2300	260	800	1100	120	КР-70
20/5	12...33	2400	260	800	1100	120	КР-70
32/5	12...33	2750	300	1300	1600	120	КР-70
32/5	36	3000	300	1300	1600	120	КР-70
50/12,5	12...36	3150	300	1300	1600	130	КР-80
80/20	24	3700	400	1350	1650	150	КР-100
80/20	30...36	4000	400	1350	1650	150	КР-100
100/200	24	3700	400	1730	2030	170	КР-120
100/200	30...36	4000	400	1730	2030	170	КР-120
125/20	24;30;36	4000	400	1730	2030	170	КР-120

Рисунок Б.1 – Габаритні розміри мостових кранів (ДСТУ 7890-93)

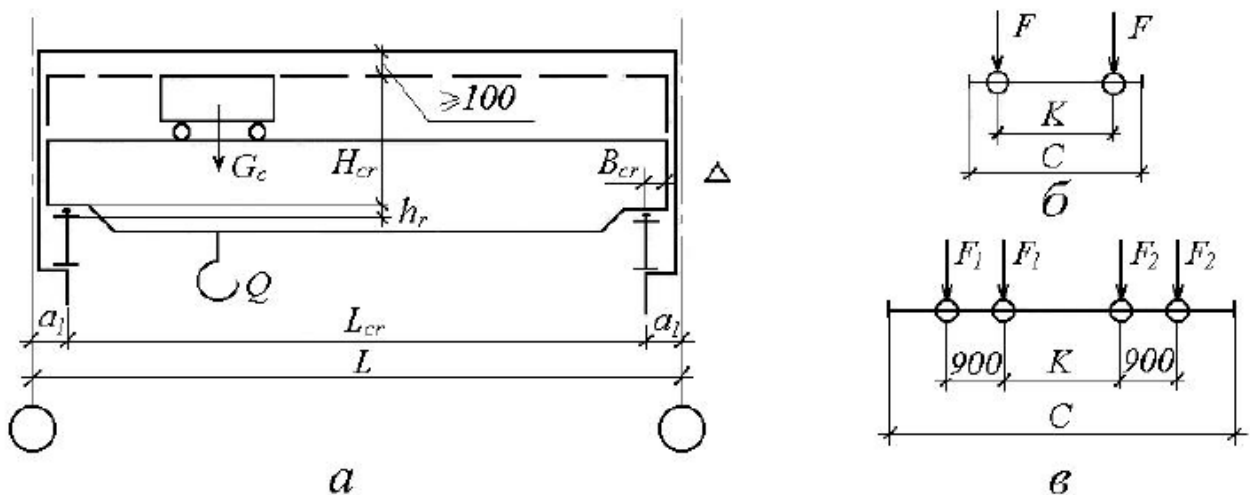


Рисунок Б.2 – До визначення розрахункових параметрів мостових кранів: а – схема крана; б – схема розташування коліс кранів при $Q = 10$ т – 50 т; в – так само при $Q = 80$ т – 125 т

Q , т	L , м	C , мм	K , мм	Тиск колеса, кН		Маса, т	
				$F(F_1)$	F_2	Візка, G_c	Крана з візком, G
10	24	6300	4400	111 (145)	-	3,4 (4,0)	18,5 (27,0)
	30	6300	5000	122 (170)	-		23,0 (34,8)
	33	6300	5000	137 (180)	-		29,0 (40,0)
16/3,2	24	6300	4400	159 (190)	-	5,9 (7,0)	23,0 (34,0)
	30	6300	5000	173 (220)	-		28,8 (43,5)
	33	6300	5000	187 (230)	-		34,2 (47,5)
20/5	24	6300	4400	194 (220)	-	7,2 (8,5)	24,5 (36,0)
	30	6300	5000	209 (255)	-		30,8 (46,5)
	33	6300	5000	222 (265)	-		36,0 (50,0)
32/5	24	6300	5100	260 (315)	-	10,2 (12,0)	35,0 (52,0)
	30	6300	5100	280 (345)	-		41,0 (62,0)
	36	6800	5600	320 (380)	-		56,5 (74,0)
50/12,5	24	6760	5250	380 (470)	-	15,2 (18,0)	48,5 (69,0)
	30	6760	5250	415 (505)	-		59,5 (79,0)
	36	6760	5250	455 (525)	-		73,0 (86,0)
80/20	24	9100	4350	353 (387)	373 (397)	33 (39)	105 (116)
	30	9100	4350	373 (418)	402 (427)		120 (131)
	36	9100	4350	392 (436)	422 (446)		130 (146)
100/20	24	9350	4600	410 (446)	439 (456)	37 (42)	113 (121)
	30	9350	4600	449 (476)	469 (485)		133 (141)
	36	9350	4600	469 (495)	489 (505)		143 (146)
125/20	24	9350	4600	479	508	39	135
	30	9350	4600	508	538		155
	36	9350	4600	528	567		175

Примітка 1. Схеми розташування коліс кранів вказано на рисунку – Б.1.

Примітка 2. В дужках вказані крани груп режимів 7К і 8К.

Рисунок Б.3 – Дані для визначення навантажень від мостових кранів

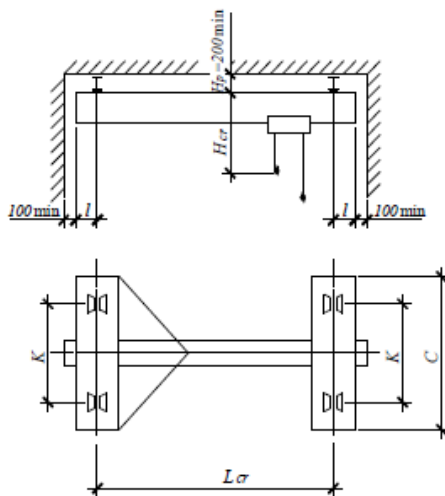


Рисунок Б.4 – Схема однопрогінних підвісних кранів

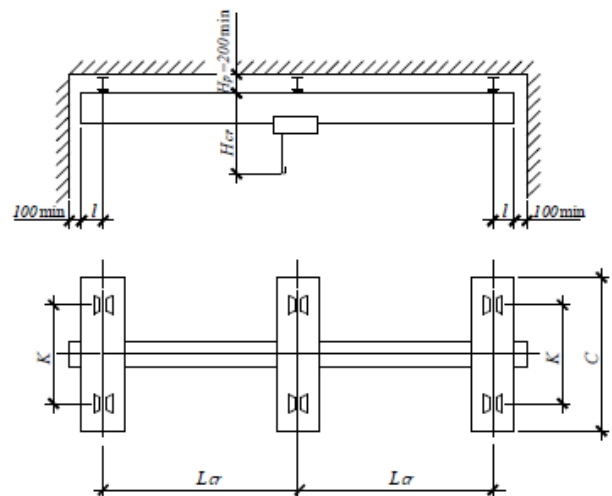


Рисунок Б.5 – Схема двопрогінних підвісних кранів

Q, т	L _b , м	L _{кр} , м	l, м	H _{кр} , мм	C, мм	K, мм	Навантаження, кН		Маса, т		ТБ	Схема крана
							F	F _K	m _T	m _{кр}		
1	3,6	3	0,3	1200	1260	600	7,2	3,60	0,195	0,59	24М, 30М, 36М	Рис. Б.4
	6,6	6	0,3	1200	1460		7,4	3,70		0,77		
	12,0	9	1,5	1200	1460		7,8	3,90		0,91		
	15,0	12	1,5	1280	1710		8,5	4,25		1,21		
	17,4	15	1,2	1360	1710		9,2	4,60		1,51		
2	3,6	3	0,3	1580	1260	600	12,7	6,35	0,290	0,71	24М, 30М, 36М	Рис. Б.4
	6,6	6	0,3	1580	1460		13,1	6,55		0,96		
	12,0	9	1,5	1660	1460		13,8	6,90		1,23		
	15,0	12	1,5	1660	1710		14,5	7,25		1,52		
	17,4	15	1,2	1740	1710		15,3	7,65		1,86		
3,2	3,6	3	0,3	1810	1260	600	19,8	9,90	0,470	1,02	24М, 30М, 36М	Рис. Б.4
	6,6	6	0,3	1810	1460		20,3	10,15		1,27		
	12,0	9	1,5	1890	1460		21,4	10,70		1,71		
	15,0	12	1,5	2010	1710		22,0	11,00		1,91		
	17,4	15	1,2	2010	1710		23,4	11,70		2,48		
5	3,6	3	0,3	2040	1860	900	15,7	7,85	0,700	1,70	30М, 36М, 45М	Рис. Б.4
	6,6	6	0,3	2120	2100		16,4	8,20		2,06		
	15,0	12	1,5	2240	2100		17,4	8,70		2,81		
	17,4	15	1,2	2240	2100		17,9	8,95		3,28		

Прийняті позначення: Q – вантажопідйомність крана; $H_{кр}$ – відстань від низа гака у максимально піднятому положенні до нижнього поясу кранової колії; F – навантаження на балку від візка; F_K – те ж саме, від колеса; m_T – маса талі; $m_{кр}$ – конструктивна маса крана; ТБ – тип балки кранової колії.

Рисунок Б.6 – Дані про підвісні однобалочні однопрогінні мостові крани (ДСТУ 7890-93)

Q , т	L_b , м	L_{cr} , м	l , м	H_{cr} , мм	C , мм	K , мм	Навантаження, кН		Маса, т		ТБ	Схема крана
							F_c	F	m_T	m_{cr}		
1	16,2	7,5	0,6	1200	1460	600	8,0	4,00	0,195	1,25	24М, 30М, 36М	Рис. Б.5
	17,4	7,5	1,2	1200			8,0	4,00		1,25		
	21,0	9,0	1,5	1200			8,7	4,35		1,66		
	24,0	10,5	1,5	1280			8,9	4,45		1,81		
	27,0	12,0	1,5	1360			9,6	4,80		2,18		
2	16,2	7,5	0,6	1580	1460		14,2	7,10	0,290	1,70		
	17,4	7,5	1,2	1580			14,2	7,10		1,70		
	21,0	9,0	1,5	1580			14,8	7,40		2,08		
	24,0	10,5	1,5	1580			15,1	7,55		2,26		
	27,0	12,0	1,5	1660			15,4	7,70		2,46		
3,2	16,2	7,5	0,6	1810	1460	21,8	10,90	0,470	1,99			
	17,4	7,5	1,2	1810		21,8	10,90		1,99			
	21,0	9,0	1,5	1890		22,8	11,40		2,66			
	24,0	10,5	1,5	1890		23,2	11,60		2,85			
	27,0	12,0	1,5	2010		23,6	11,80		3,10			
5	16,2	7,5	0,6	2120	2100	900	16,8	8,40	0,470	3,07	24М, 30М, 36М	
	17,4	7,5	1,2	2120			16,8	8,40		3,07		
	21,0	9,0	1,5	2120			17,2	8,60		3,56		
	24,0	10,5	1,5	2120			17,4	8,70		3,80		
	27,0	12,0	1,5	2240			17,8	8,90		4,30		

Прийняті позначення: Q – вантажопідйомність крана; H_{cr} – відстань від низа гака у максимально піднятому положенні до нижнього поясу кранової колії; F – навантаження на балку від візка; F_K – теж саме, від колеса; m_T – маса талі; m_{cr} – конструктивна маса крану; ТБ – тип балки кранової колії.

Рисунок Б.7 – Дані про підвісні однобалочні двопрогінні мостові крани (ДСТУ 7890-93)

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

«ПРОЄКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ. СПЕЦКУРС»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої світи всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма
«Промислове та цивільне будівництво»)*

Укладачі: **ЛУГЧЕНКО** Олена Іванівна
ФІРСОВ Павло Михайлович

Відповідальний за випуск: *В. С. Шмуклер*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. І. Лугченко*

План 2023, поз. 4М

Підп. до друку 21.03.2023. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 1,9

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.