Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет водного господарства та природокористування
Кафедра промислового, цивільного будівництва
та інженерних споруд

03-01-33

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту №2 з навчальної дисципліни
«Залізобетонні та кам'яні конструкції»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Промислове та цивільне будівництво» усіх форм навчання
«Статичний розрахунок поперечної рами за допомогою програмного комплексу «Ліра»

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовано науково-методичною комісією зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Протокол №1 від 25.10.18

Рівне – 2019

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки до курсового проекту №2 з навчальної дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Промислове та цивільне будівництво» усіх форм навчання. «Статичний розрахунок поперечної рами за допомогою програмного комплексу «Ліра» / Корнійчук О. І. – Рівне : НУВГП, 2019. – 25 с.

Укладач: Корнійчук О. І., канд. техн. наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Відповідальний за випуск – Є.М. Бабич, доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

© О. І. Корнійчук, 2019
© НУВГП, 2019

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗМІСТ

Вступ 4
1. Геометрична схема рами 5
2. Завантаження рами 10
   2.1. Постійні навантаження 10
      2.1.1. Навантаження від покриття (завантаження 1) 10
      2.1.2. Навантаження від ваги підкранових балок (завантаження 2) 11
      2.1.3. Навантаження від власної ваги колон (завантаження 3) 11
      2.1.4. Навантаження від ваги стін та вікон (завантаження 4) 12
   2.2. Змінні навантаження 13
      2.2.1. Снігове навантаження (завантаження 5) 13
      2.2.2. Вертикальні кранові навантаження (завантаження 6-9) 13
      2.2.3. Горизонтальні кранові навантаження (завантаження 10-14) 14
      2.2.4. Вітрове навантаження (завантаження 14, 15) 16
3. Генерація таблиці розрахункових сполучень зусиль 17
4. Зусилля в елементах рами 19
Рекомендовані джерела 25

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ВСТУП

Навчальним планом підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Промислове та цивільне будівництво» передбачено виконання курсового проекту №2 з навчальної дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції», в якому необхідно запроектувати залізобетонний каркас одноповерхової виробничої будівлі обладнаної мостовими кранами.

Одним із завдань курсового проекту є статичний розрахунок поперечної рами будівлі, який можна виконувати наближеними методами за допомогою таблиць додатку 6 [4], формул глави 6 [**Error! Reference source not found.**] або з використанням ПЕОМ (програми «Ліра», «Міраж», Ansys, Scad Office, тощо). В даних методичних вказівках наведений приклад статичного розрахунку поперечної рами будівлі за допомогою програмного комплексу «Ліра».

«Ліра» - це багатофункціональний програмний комплекс, який призначений для розрахунку, проектування та дослідження роботи різноманітних конструкцій та споруд. ПК «Ліра» використовує метод кінцевих елементів (МКЕ) у формі переміщень, який дає можливість легко алгоритмізувати процес обчислювань з використанням комп'ютерної техніки.

У МВ 03-01-32 [8] наведений приклад компонування будівлі, виконаний підбір основних конструкцій та визначенні навантаження на поперечну раму. На основі цих даних виконані ці методичні вказівки.

Вихідні дані для проектування будівлі:

1. Довжина будівлі A = 84 м.
2. Проліт рами L = 18 м.
3. Кількість прольотів n = 2.
4. Крок колон B = 6 м.
5. Висота до низу кроквяних конструкцій H = 10,8 м.
6. Вантажопідйомність чотириколісного крану Q = 30/5 т (режим роботи 4К, привід механізму руху моста – роздільний).
7. Район будівництва – м. Рівне.
8. Кроквяна конструкція – безроскісна ферма.
9. Будівля опалюється.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1. Геометрична схема рами

Розрахунок поперечної рами будівлі виконується за допомогою програмного комплексу «Ліра 9.6», тому розрахункову схему компонуємо з врахуванням особливостей комп'ютерного розрахунку.

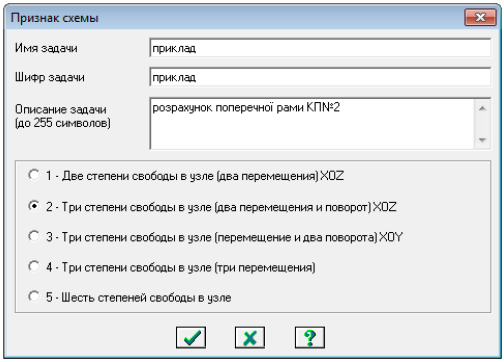
При компонуванні каркасу [8] розроблена конструктивна схема рами, а саме: визначені габаритні розміри рами, типи окремих її елементів (підкранової та надкранової віток колон, ригеля, підкрановою балки, тощо) та обраний спосіб вузлових сполучень.

Принцип адаптації геометричної схеми поперечної рами для розрахунку в «Лірі» наведений на рис. 1.1. Реальні конструктивні елементи рами представляємо у вигляді стержнів, які центруються по геометричним осям елементів. За геометричну вісь елемента приймають лінію, що проходить через центр ваги перерізу.

Оскільки жорсткість ригеля є набагато більшою від жорсткості колон, то кроквяну конструкцію умовно можна замінити одним жорстким стержнем[1]. При шарнірному сполучені ригелів (кроквяних конструкцій) з колонами за геометричну вісь ригеля приймаємо лінію, що з'єднує верхні кінці колон. Консолі колон також моделюємо через жорсткі вставки (див. жорсткість тип 4 в табл. 1.1).

Національний університет водного господарства та природокористування

Розпочинаючи роботу в ПК «Ліра» через меню **Файл ⇨ Новый** створюємо нову задачу. У діалоговому вікні **Признак схемы** задаємо схему №2 (*Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z*).



[1] – кроквяну конструкцію можна моделювати без спрощень (наприклад, рисувати всі елементи ферми: пояси, стояки, розкоси)

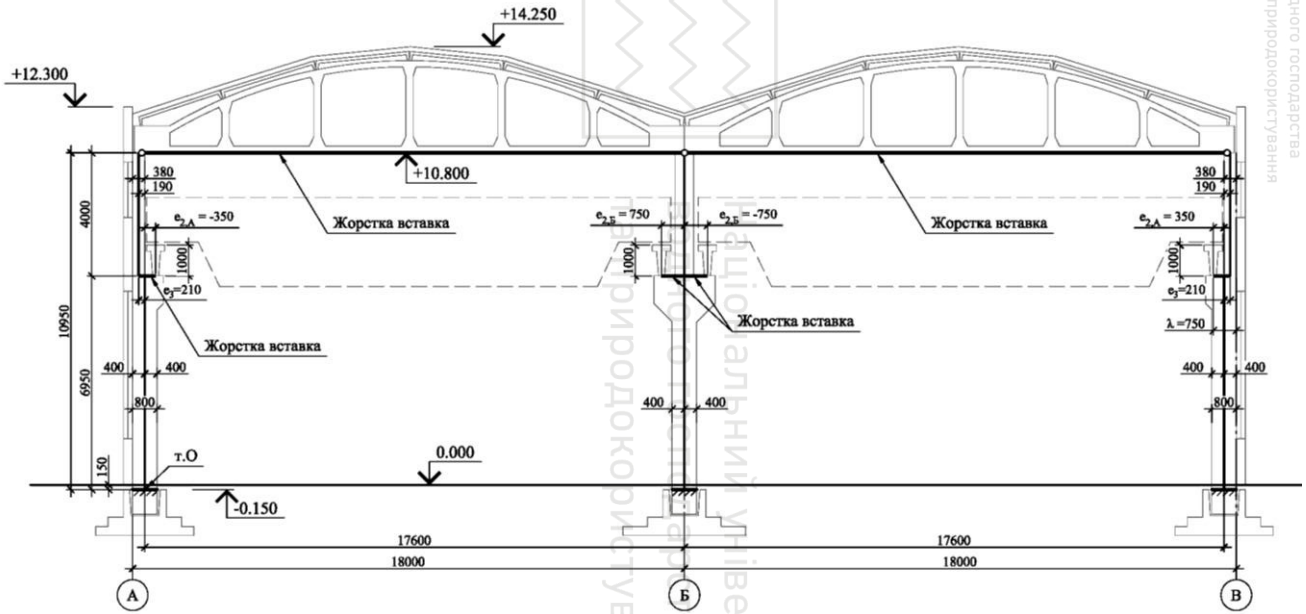
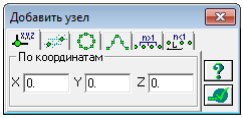


Рис. 1.1. Геометрична схема поперечної рами та її реалізація в ПК «Ліра»

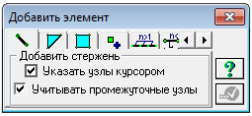
Національний університет водного господарства та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

По координатам через діалогове вікно **Добавить узел** вводимо вузли поперечної рами[1].

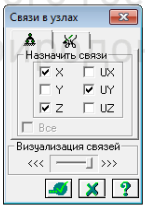


Через діалогове вікно **Добавить элемент** сполучаємо побудовані вузли стержнями. При цьому необхідно звернути увагу на те, що нумерація перерізів у стержні починається з точки, з якої починається його побудова, тому для зручності всі колони будуємо знизу вверх (тоді перший переріз в стержні завжди буде знизу).

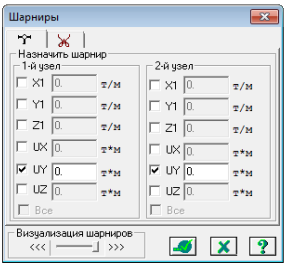


Через діалогове вікно **Связи в узлах** задаємо граничні умови для вузлів №1, 6, 10 (див. рис. 1.2), що моделюють жорстке защемлення колон у фундаменті (в'язі по осям X та Z, кут повороту UY).

Національний університет
водного господарства
та природокористування



Через діалогове вікно **Шарниры** для ригелів (елементи 5, 13) задаємо на кінцях стержнів шарніри (поворот UY).



[1] - за початок координат можна прийняти т. О (див. рис. 1.1), крім того геометричну схему можна імпортувати з AutoCAD (як файл з розширенням dxf)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

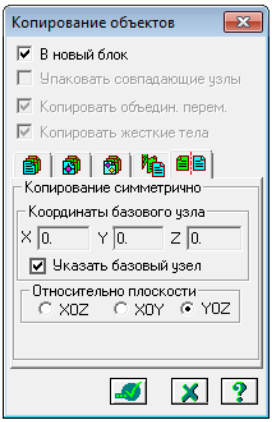
Через діалогове вікно **Жесткости элементов** призначаємо типи жорсткостей для елементів рами (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Жорсткості елементів

Тип	Назва	Параметри : переріз (см); жорсткість (кН/м^2); вага (кН/м^3)
1	Брус 40 Х 80 (підкран. вітка колони)	R_o=25, E=3e+007, GF=0 B=40, H=80
2	Брус 40 Х 38 (надкран. вітка крайн. кол.)	R_o=25, E=3e+007, GF=0 B=40, H=38
3	Брус 40 Х 60 (надкран. вітка середн. кол.)	R_o=25, E=3e+007, GF=0 B=40, H=60
4	Брус 40 Х 40 (жорстка вставка)	R_o=0, E=3e+018, GF=0 B=40, H=40

Для спрощення процесу введення геометричної схеми можна побудувати лише ліву частини рами (в осях А-Б), а потім скористатись діалоговим вікном **Копирования объектов** віддзеркалити другу половину в площині YOZ по осі середньої колони.



Після завершення побудови геометричної схеми для того, щоб видалити вузли та елементи, які повторюються, «висячі» вузли і т.п., її необхідно «упакувати» за допомогою кнопки на панелі інструментів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рис. 1.2. Геометрична схема поперечної рами у середовищі ПК «Ліра»

Таблиця 1.2.

Таблиця вузлів (меню **Окно ⇨ Интерактивные таблицы**)

№ вузла	Координати, м			В`язі					
	X	Y	Z	X	Y	Z	UX	UY	UZ
1	0,00	0,00	0,00	+	-	+	-	+	-
2	0,00	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
3	-0,21	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
4	0,35	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
5	-0,21	0,00	10,95	-	-	-	-	-	-
6	17,60	0,00	0,00	+	-	+	-	+	-
7	17,60	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
8	17,60	0,00	10,95	-	-	-	-	-	-
9	16,85	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
10	35,20	0,00	0,00	+	-	+	-	+	-
11	35,20	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
12	35,41	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
13	34,85	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-
14	35,41	0,00	10,95	-	-	-	-	-	-
15	18,35	0,00	6,95	-	-	-	-	-	-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

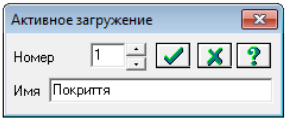
Національний університет
водного господарства
та природокористування

2. Завантаження рами

2.1. Постійні навантаження

Всі постійні навантаження можна задавати в одному завантажені ПК «Ліра», проте для зручності кожний вид постійного навантаження будемо задавати в окремому завантажені.

Назву та номер завантаження вводимо через діалогове вікно **Активное загружение**.



Навантаження на вузли та елементи задаються через діалогове вікно **Задание нагрузок**. При цьому необхідно пам'ятати, що додатнім вважається згинальний момент M_y направлений проти руху годинникової стрілки, якщо дивитись на екран (див. рис. 2.1).

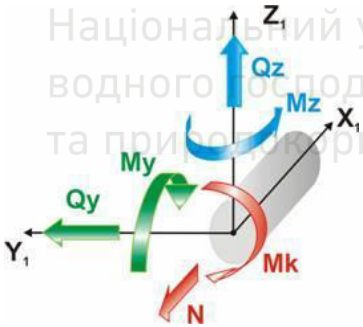


Рис. 2.1. Правила знаків зусиль у стержні в ПК «Ліра»

2.1.1. Навантаження від покриття (завантаження 1)

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зосереджену силу G_1 = 202,77 кН (див. рис. 3.4 [8]), у вузлі 8 – $2 \cdot G_1$ = 405,54 кН. Оскільки сила G_1 прикладена з ексцентриситетом $e_{1,A}$ = 40 мм, тому додатково у вузлах 5 та 14 прикладаємо згинальний момент[1] рівний:

$$M_1 = G_1 \cdot e_{1,A} = 202{,}77 \cdot 0{,}04 = 8{,}11 \text{ кНм.}$$

При цьому у вузлі 5 цей момент додатній, а у 14 – від'ємний.

[1] - як варіант, ексцентриситет можна задавати шляхом побудови додаткового стержня (жорсткої вставки), що має довжину, яка дорівнює значенню ексцентриситету

Національний університет
водного господарства
та природокористування

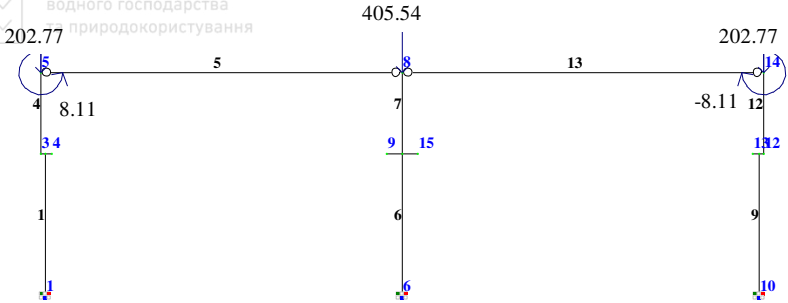


Рис. 2.2. Завантаження від ваги покриття (завантаження 1)

2.1.2. Навантаження від ваги підкранових балок (завантаження 2)

У вузлах 4, 9, 15 та 13 прикладаємо зосереджену силу від ваги підкранових балок G_2 = 47,06 кН (див. рис. 3.5 [8]). Ексцентриситети $e_{2,А}$ та $e_{2,Б}$ задані жорсткими вставками, тому задавати додаткові згинальні моменти не потрібно.

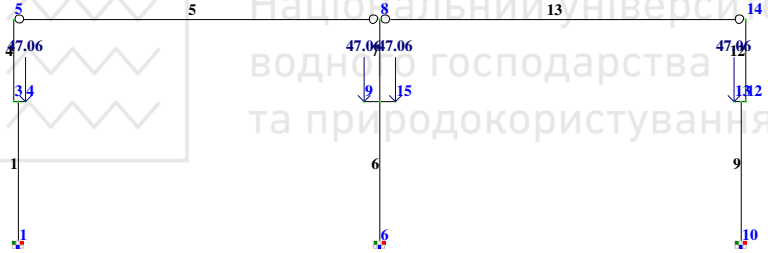
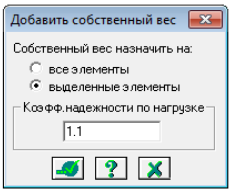


Рис. 2.3. Завантаження від ваги підкранових балок (завантаження 2)

2.1.3. Навантаження від власної ваги колон (завантаження 3)

Для стержнів 1, 4, 6, 7, 9 та 12 в ПК «Ліра» власну вагу задаємо автоматично через меню **Нагрузки ⇨ Добавить собственный вес**. При цьому задаємо коефіцієнт надійності за навантаженням рівний 1,1 (відповідно до табл. 5.1 [3]).



У вузлах 4 та 13 прикладаємо зосереджені сили від ваги підкранових консолей: $G_{К,А}$ = 2,09 кН, а у вузлі 7 – $G_{К,Б}$ = 15,05 кН.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Крім того у вузлах 4 та 13 прикладаємо згинальні моменти величиною (зліва – від'ємний, справа – додатній), які зумовлені ексцентриситетом прикладання сил $G_{K,A}$ по відношенню до точки опирання підкранової балки:

$$M_{K,A} = G_{K,A} \cdot e_{K,A} = 2{,}09 \cdot 0{,}15 = 0{,}31 \text{ кНм}.$$

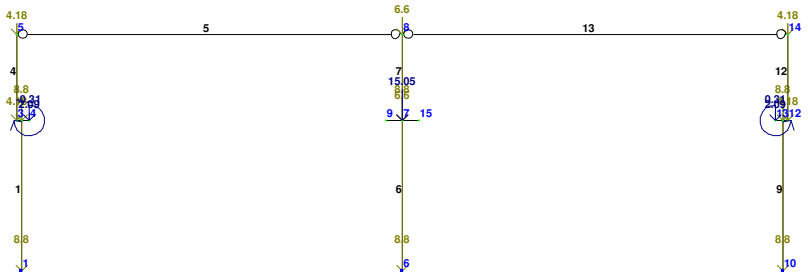


Рис. 2.4. Завантаження від власної ваги колон (завантаження 3)

2.1.4. Навантаження від ваги стін та вікон (завантаження 4)

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зусилля G_{p1} = 51,71 кН (див. рис. 3.6 [8]) та момент, що рівний:

$$M_{p1} = G_{p1} \cdot e_{p1} = 51{,}71 \cdot 0{,}34 = 17{,}58 \text{ кНм}.$$

У вузлах 3 та 12 – зусилля G_{p2} = 64,74 кН та момент:

$$M_{p2} = G_{p2} \cdot e_{p1} = 64{,}74 \cdot 0{,}34 = 22{,}01 \text{ кНм}.$$

Силу G_{p3} = 46,94 кН <u>умовно</u> прикладаємо у вузлах 1 та 10, момент відповідно рівний:

$$M_{p3} = G_{p3} \cdot e_{p2} = 46{,}94 \cdot 0{,}55 = 25{,}82 \text{ кНм}.$$

При цьому на ліву колону діють моменти із знаком «+», а на праву із знаком «-».

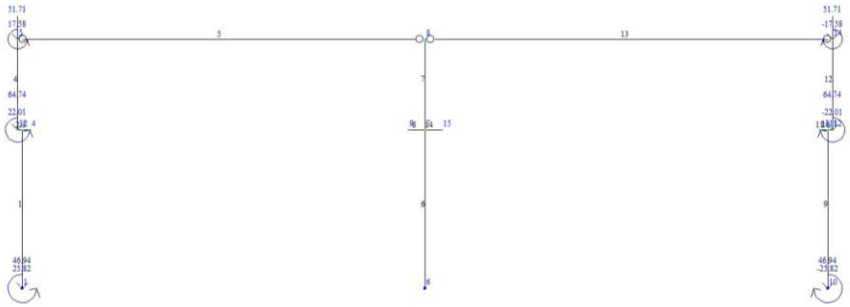


Рис. 2.5. Завантаження від ваги стін та вікон (завантаження 4)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2.2. Змінні навантаження

2.2.1. *Снігове навантаження (завантаження 5)*

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зосереджене зусилля від дії снігового навантаження Q_s = 70,28 кН (див. п. 3.2.2 [8]) та згинальний момент (у вузлі 5 додатній, у вузлі 14 від'ємний):

$$M_s = Q_s \cdot e_{1,A} = 70{,}28 \cdot 0{,}04 = 2{,}81 \text{ кНм.}$$

(ексцентриситет прикладання снігового навантаження співпадає з ексцентриситетом від ваги покриття)

У вузлі 8 прикладаємо зусилля $2 \cdot Q_s$ = 140,56 кН.

Рис. 2.6. Завантаження від ваги снігу (завантаження 5)

2.2.2. *Вертикальні кранові навантаження (завантаження 6-9)*

В програмі «Ліра» окремо задаються вертикальні та горизонтальні кранові навантаження. Завантаження 6, 7, 8, 9 – це вертикальні кранові завантаження, коли почергово максимальне вертикальне кранове навантаження $F_{m,max}$ = 484,98 кН (див. п. 3.2.2 [8]) знаходиться в прольоті зліва, а мінімальне $F_{m,min}$ = 142,89 кН справа і навпаки максимальне – справа, мінімальне – зліва в кожному з прольотів рами. Вертикальні кранові навантаження прикладаються на кінці кранової консолі, тобто у вузлах 4, 9, 13, 15.

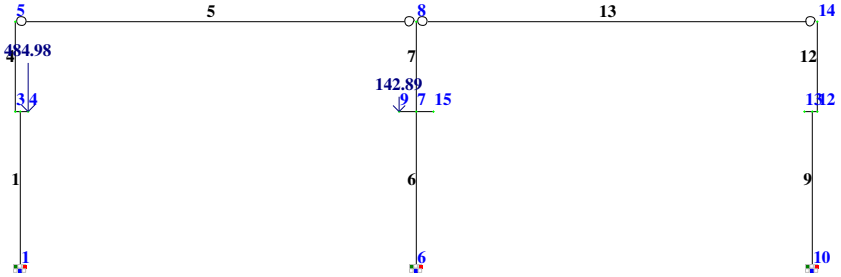


Рис. 2.7. Вертикальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран зліва (завантаження 6)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

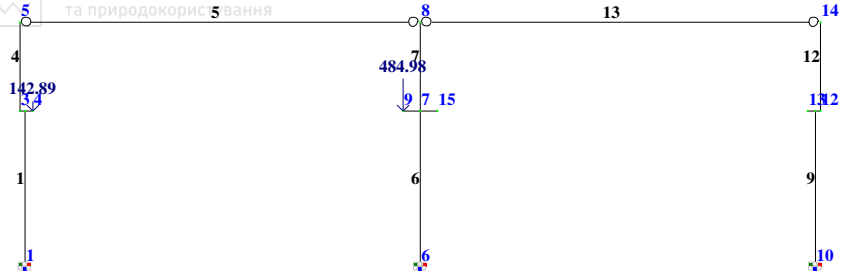


Рис. 2.8. Вертикальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран справа (завантаження 7)

Рис. 2.9. Вертикальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран зліва (завантаження 8)

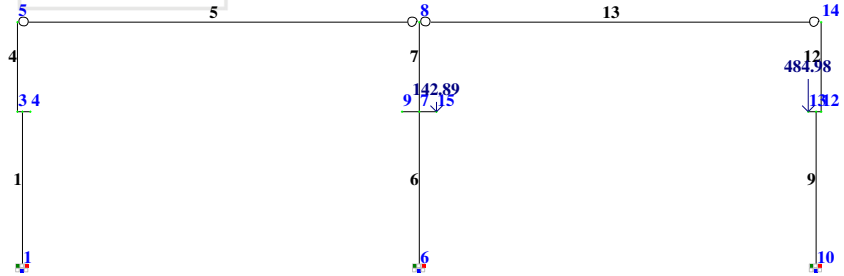


Рис. 2.10. Вертикальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран справа (завантаження 9)

2.2.3. Горизонтальні кранові навантаження (завантаження 10-14)

Наступні завантаження – це горизонтальні кранові навантаження, спрямовані поперек кранової колії (див. п. 3.2.2 [8]). В 10-му завантажені зусилля $H_{m,п}$ = 23,23 кН прикладене до правої, а зусилля $H_{m,л}$ = 40,96 кН – до лівої колони першого прольоту і спрямовані зліва направо. В 11-му завантажені навпаки – зусилля

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$H_{m,п}$ прикладене до лівої, а $H_{m,л}$ до правої колони, і так для кожного прольоту. Згідно вимог п. 7.6 [3] ці зусилля можуть змінювати свій напрямок (знак), що враховується при формуванні таблиці «РСУ» (див. п. 3).

Сила H_m прикладена до надкранових віток колон (стержні 4, 7, 12) на рівні верху підкранової балки, а саме: на відстані 1,0 м від верху кранової консолі.

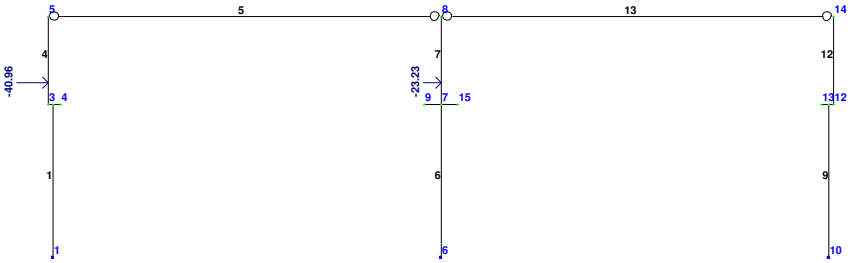


Рис. 2.11. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран гальмує справа наліво (завантаження 10)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рис. 2.12. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран гальмує зліва направо (завантаження 11)

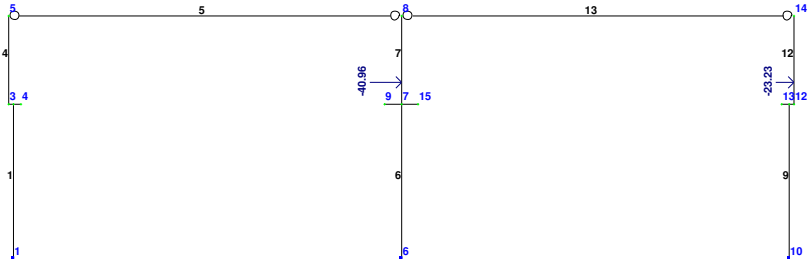


Рис. 2.13. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран гальмує справа наліво (завантаження 12)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

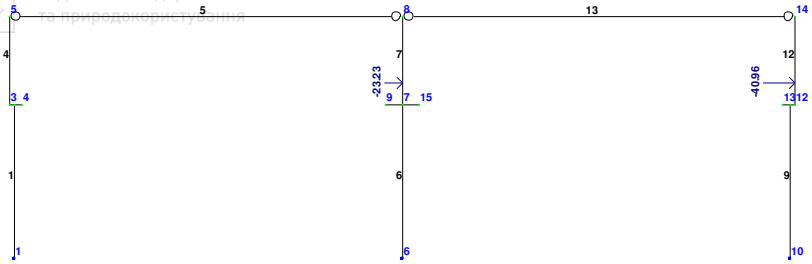


Рис. 2.14. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран гальмує зліва направо (завантаження 13)

2.2.4. Вітрове навантаження (завантаження 14, 15)

Вітрове навантаження задаємо як рівномірно розподілене, що діє на крайні колони рами на ділянках від 0,000 до +10,800 (низу кроквяних конструкцій) відповідно до рис. 3.8 [8].

До вузлів 5 та 14 прикладаємо зосереджене навантаження W=2,36 кН та W`= 1,47 кН.

Вітрове навантаження задається як з навітряної (активний тиск), так і завітряної сторони (відсос).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

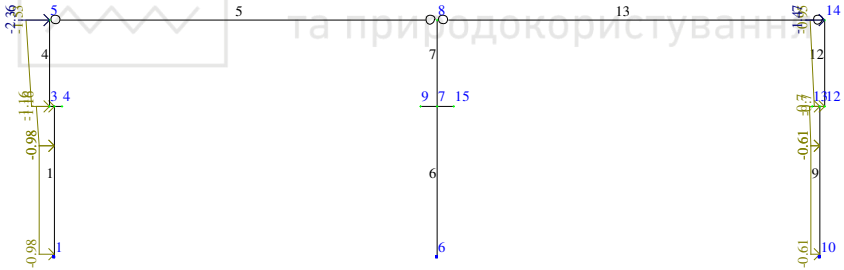


Рис. 2.15. Вітрове навантаження, вітер діє зліва (завантаження 14)

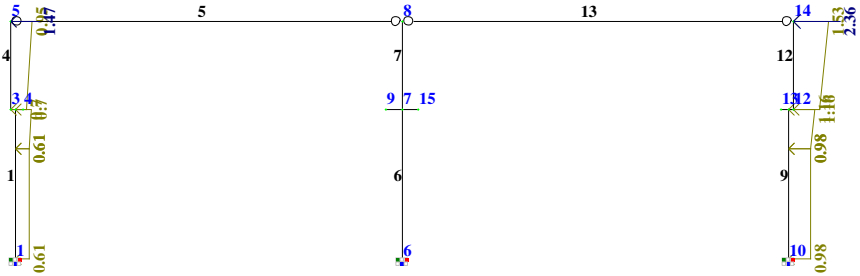


Рис. 2.16. Вітрове навантаження, вітер діє справа (завантаження 15)

Національний університет водного господарства та природокористування

3. Генерація таблиці розрахункових сполучень зусиль

Для розрахунку конструкцій використовують сполучення навантажень, які враховують ймовірність одночасної дії декількох навантажень (враховується коефіцієнт сполучення навантажень ψ згідно п. 4.18 [3]) та вагомість їх впливу. При виборі найневигідніших сполучень навантажень і впливів необхідно керуватись ДБН В.1.2-2 [3].

ПК «Ліра» дозволяє автоматично знайти найбільші зусилля в елементах при різних можливих комбінаціях навантажень, які формуються згідно нормативних документів. Для цього необхідно виконати розрахунок «РСУ» (*Расчетные сочетания усилий*).

Для створення таблиці «РСУ» вибираємо пункт меню **Нагрузки ⇨ РСУ ⇨ Генерация таблицы РСУ**. При генерації таблиці РСУ задаються види навантажень (постійне, короткочасне, кранове і т.д.), супутні завантаження, групи взаємовиключних навантажень (які фізично неможливі), співвідношення коефіцієнтів надійності, доля квазіпостійних навантажень, тощо.

Відношення коефіцієнту надійності гранично розрахункового значення навантаження до експлуатаційно розрахункового складає:

- для постійних та кранових навантажень $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ =1,1/1,0 = 1,1;
- для снігового навантаження $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ = 1,04 / 0,49 = 2,12 (γ_{fe} = 0,49 згідно табл. 8.3 [3]);
- для вітрового навантаження $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ = 1,035 / 0,21 = 4,93 (γ_{fe} = 0,21 згідно табл. 9.3 [3]).

Для постійних навантажень доля квазіпостійних (довготривалих) навантажень складає 1,0,

- для снігових навантажень – S_p / S_m = 0,37 / 1,37 = 0,27 (див. п. 3.2.2 [8]),
- для вертикальних кранових навантажень – F_p / $F_{m,max}$ = 91,46 / 484,98 = 0,19 (див. п. 3.2.2 [8]);
- для всіх інших навантажень приймаємо, що це відношення дорівнює 0 (тобто вітрові та горизонтальні кранові навантаження – це змінні короткочасні навантаження).

При виборі гальмівних (горизонтальних кранових) навантажень необхідно вказати, що вони є знакозмінними, тобто можуть змінювати свій знак на протилежний згідно вимог п. 7.6 [3] (вказано «по замовчуванню»).

Параметри «РСУ» наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

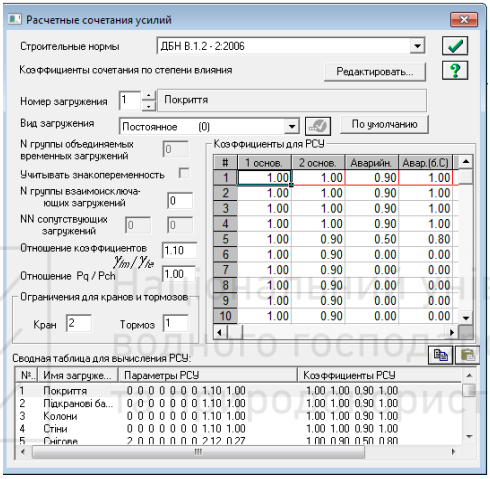
Параметри РСУ (меню **Окно ⇨ Интерактивные таблицы**)

№ завант.	Назва завантаження	Вид	Знако-змін.	Групи взаємовикл. завант.	Супутні завантаження		Відношення γ_{fm} / γ_{fe}	Доля квазіпост. навантаж.
					#1	#2		
1	Покриття	Постійне (П)	+				1,100	1,000
2	Підкранові балки	Постійне (П)	+				1,100	1,000
3	Колони	Постійне (П)	+				1,100	1,000
4	Стіни	Постійне (П)	+				1,100	1,000
5	Снігове	Короткочасне (К)	+				2,120	0,270
6	АБ кран зліва	Кранове (Кр)	+	1	10	11	1,100	0,190
7	АБ кран справа	Кранове (Кр)	+	1	10	11	1,100	0,190
8	БВ кран зліва	Кранове (Кр)	+	2	12	13	1,100	0,190
9	БВ кран справа	Кранове (Кр)	+	2	12	13	1,100	0,190
10	АБ гальм_зліва	Гальмівне (Т)	+/-	3			1,100	0,000
11	АБ гальм_справа	Гальмівне (Т)	+/-	3			1,100	0,000
12	БВ гальм_справа	Гальмівне (Т)	+/-	4			1,100	0,000
13	БВ гальм_зліва	Гальмівне (Т)	+/-	4			1,100	0,000
14	Вітер зліва	Короткочасне (К)	+	5			4,930	0,000
15	Вітер справа	Короткочасне (К)	+	5			4,930	0,000

Національний університет водного господарства та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Згідно п.п. 7.17 та 7.19 [3] при розрахунку міцності та стійкості рам слід приймати в кожному прольоті не більше двох кранів, а при врахуванні суміщення кранів в одному створі (в різних прольотах), то для вертикальних кранових навантажень необхідно враховувати не більше двох таких навантажень (чотири крани), а горизонтальних (гальмівних) – не більше одного (два крани). Цю умову необхідно вказати при створенні таблиці «РСУ» (вказано «по замовчюванню»).

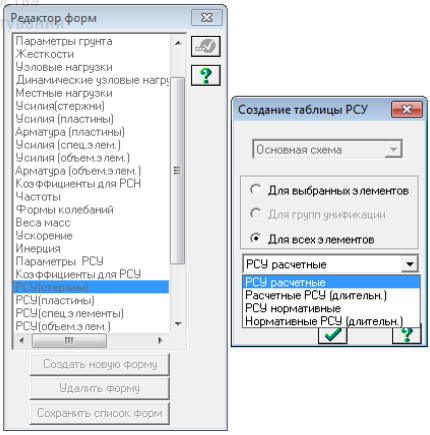


У колонці групи взаємовиключних навантажень (див. табл. 3.1) вказуються номер групи, в яку не можуть одночасно входити деякі завантаження (наприклад: у групу №5 не можуть одночасно входити вітрове навантаження як зліва, так і справа).

4. Зусилля в елементах рами

Після виконання розрахунків (кнопка) переходимо у режим **Результаты расчета** (кнопка) та виділяємо елементи крайньої (стержні 1, 4) або середньої колон (стержні 6, 7). При цьому стержні 1 та 6 відповідають підкрановій вітці, а стержні 4 та 7 – надкрановій вітці колон. Далі заходимо у меню **Окно ⇨ Интерактивные таблицы**, вибираємо пункт **РСУ (Стержни)**, для виділених елементів та необхідні зусилля в стержнях: граничні розрахункові (*расчетные*), експлуатаційні розрахункові (*нормативные*) або квазіпостійні розрахункові (*расчетные длительные*).

Національний університет
водного господарства
та природокористування



Зусилля в крайній та середній колонах поперечної рами наведені в табл. 4.1 – 4.6. Зусилля від експлуатаційних розрахункових навантажень (табл. 4.2 та 4.5), які необхідні для розрахунку фундаментів під колони, наведені лише для нижнього перерізу підкранової вітки колон.

Заливкою в таблицях виділені ті зусилля, на які в подальшому необхідно проводити розрахунок колони та фундаменту (N_{max}, M і Q – відповідно та $|M_{max}|$, N і Q – відповідно). При цьому напівжирним шрифтом виділені зусилля від всіх навантажень, а підкресленим курсивом – зусилля без врахування короткочасних навантажень нетривалої дії (не враховані кранові та вітрові навантаження).

Таблиця 4.1.

Зусилля від граничних розрахункових навантажень в крайній колоні

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	1	-	-438,99	85,81	-22,28	1 2 3 4 14
1	1	-	-502,27	-21,53	-5,14	1 2 3 4 5 15
1	1	-	-502,27	81,70	-22,78	1 2 3 4 5 14
1	1	-	*-509,30*	*25,79*	*-12,78*	1 2 3 4 5
1	1	К	-875,62	415,75	-48,74	1 2 3 4 6 8 10 14
1	1	К	-630,91	-341,41	38,88	1 2 3 4 5 7 9 10 15
1	1	К	-567,64	-343,53	40,51	1 2 3 4 7 9 10 15
1	1	К	**-938,89**	**417,87**	**-50,37**	1 2 3 4 5 6 8 10 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

продовження табл. 4.1.

1	2	3	4	5	6	7
1	1	К	-938,89	-161,86	28,82	1 2 3 4 5 6 10
1	2	-	-441,11	-70,00	-8,95	1 2 3 4 5 15
1	2	-	-377,83	-61,66	-6,91	1 2 3 4 15
1	2	-	-377,83	-46,27	-15,45	1 2 3 4 14
1	2	-	-441,11	-56,15	-16,64	1 2 3 4 5 14
1	2	-	-448,14	-63,02	-12,78	1 2 3 4 5
1	2	К	-814,46	129,75	-22,56	1 2 3 4 6 8 12 14
1	2	К	-569,75	-116,21	15,04	1 2 3 4 5 7 9 12 15
1	2	К	-441,11	-107,97	1,18	1 2 3 4 5 9 12 15
1	2	К	-506,48	-74,71	36,71	1 2 3 4 7 9 10 15
1	2	К	-877,73	88,25	-44,23	1 2 3 4 5 6 8 10 14
1	2	К	-877,73	38,45	28,82	1 2 3 4 5 6 10
4	1	-	-263,81	27,21	-15,16	1 2 3 4 14
4	1	-	-263,81	11,86	-7,19	1 2 3 4 15
4	1	-	-327,06	30,62	-16,39	1 2 3 4 5 14
4	1	-	*-334,09*	*25,24*	*-12,81*	1 2 3 4 5
4	1	К	**-327,06**	**103,75**	**-34,68**	1 2 3 4 5 8 12 14
4	1	К	-263,81	-78,40	15,22	1 2 3 4 7 9 12 15
4	1	К	-263,81	-46,10	34,79	1 2 3 4 7 9 10 15
4	1	К	-327,06	22,11	-41,91	1 2 3 4 5 6 8 10 14
4	2	-	-317,37	-25,99	-12,81	1 2 3 4 5
4	2	-	-247,09	-23,18	-10,98	1 2 3 4
4	2	К	-247,09	-23,18	12,88	1 2 3 4 7 9 12 14
4	2	К	-310,34	-25,71	-30,91	1 2 3 4 5 8 12

Таблиця 4.2.

Зусилля від експлуатаційних розрахункових навантажень в крайній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	-	-399,08	33,95	-12,26	1 2 3 4 14
1	1	-	-428,93	12,75	-9,23	1 2 3 4 5 15
1	1	-	-428,93	33,69	-12,80	1 2 3 4 5 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

продовження табл. 4.2.

1	2	3	4	5	6	7
1	1	-	-432,25	22,41	-10,82	1 2 3 4 5
1	1	К	-796,02	338,30	-37,12	1 2 3 4 6 8 10 14
1	1	К	-545,88	-278,04	30,79	1 2 3 4 5 7 9 10 15
1	1	К	-516,03	-279,04	31,56	1 2 3 4 7 9 10 15
1	1	К	**-825,86**	**339,30**	**-37,89**	1 2 3 4 5 6 8 10 14
1	1	К	-825,86	-148,07	26,92	1 2 3 4 5 6 10

Таблиця 4.3.

Зусилля від квазіпостійних розрахункових навантажень
в крайній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
1	1	-	-457,98	24,07	-11,45	1 2 3 4 5
1	1	К	**-539,04**	**48,42**	**-11,05**	1 2 3 4 5 6 8 10 14
4	1	-	-282,79	21,95	-11,47	1 2 3 4 5
4	1	К	**-280,89**	**29,03**	**-13,22**	1 2 3 4 5 8 12 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 4.4.

Зусилля від граничних розрахункових навантажень
в середній колоні

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
6	1	-	-728,74	-41,03	3,55	1 2 3 4 5 15
6	1	-	-728,74	41,03	-3,55	1 2 3 4 5 14
6	1	-	-602,25	-45,59	3,94	1 2 3 4 15
6	1	-	-602,25	45,59	-3,94	1 2 3 4 14
6	1	-	*-742,80*	*0,00*	*0,00*	1 2 3 4 5
6	1	К	-1167,30	326,00	-17,05	1 2 3 4 6 8 11 14
6	1	К	**-1293,80**	**-325,99**	**17,05**	1 2 3 4 5 7 9 11 15
6	1	К	-1167,30	-325,99	17,05	1 2 3 4 7 9 11 15
6	1	К	-1293,80	326,00	-17,05	1 2 3 4 5 6 8 11 14
6	1	К	-1038,71	-166,69	54,98	1 2 3 4 8 12 15
6	1	К	-1038,71	166,69	-54,98	1 2 3 4 7 11 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

продовження табл. 4.4.

1	2	3	4	5	6	7
6	1	К	**-1601,67**	**-155,44**	**19,25**	1 2 3 4 5 7 8 10
6	1	К	-1165,21	166,69	-54,98	1 2 3 4 5 7 11 14
6	1	К	-1165,21	-166,69	54,98	1 2 3 4 5 8 12 15
6	2	-	-667,58	-16,37	3,55	1 2 3 4 5 15
6	2	-	-667,58	16,37	-3,55	1 2 3 4 5 14
6	2	-	-541,09	-18,19	3,94	1 2 3 4 15
6	2	-	-541,09	18,19	-3,94	1 2 3 4 14
6	2	-	-681,64	0,00	0,00	1 2 3 4 5
6	2	К	-977,55	274,36	1,97	1 2 3 4 8 13 14
6	2	К	-1104,05	-274,36	-1,97	1 2 3 4 5 7 10 15
6	2	К	-977,55	-274,36	-1,97	1 2 3 4 7 10 15
6	2	К	-1104,05	274,36	1,97	1 2 3 4 5 8 13 14
6	2	К	-977,55	215,40	54,98	1 2 3 4 8 12 15
6	2	К	-977,55	-215,40	-54,98	1 2 3 4 7 11 14
6	2	К	-1540,51	-21,65	19,25	1 2 3 4 5 7 8 10
6	2	К	-1104,05	-215,40	-54,98	1 2 3 4 5 7 11 14
6	2	К	-1104,05	215,40	54,98	1 2 3 4 5 8 12 15
7	1	-	-558,44	-16,39	4,10	1 2 3 4 5 15
7	1	-	-558,44	16,39	-4,10	1 2 3 4 5 14
7	1	-	-431,94	-18,21	4,55	1 2 3 4 15
7	1	-	-431,94	18,21	-4,55	1 2 3 4 14
7	1	-	*-572,50*	*0,00*	*0,00*	1 2 3 4 5
7	1	К	-431,94	129,01	-47,93	1 2 3 4 7 10 14
7	1	К	**-558,44**	**-129,01**	**47,93**	1 2 3 4 5 8 13 15
7	1	К	-431,94	-129,01	47,93	1 2 3 4 8 13 15
7	1	К	-558,44	129,01	-47,93	1 2 3 4 5 7 10 14
7	1	К	-431,94	-111,95	55,63	1 2 3 4 8 12 15
7	1	К	-431,94	111,95	-55,64	1 2 3 4 7 11 14
7	1	-	-572,50	0,00	0,00	1 2 3 4 5
7	1	К	-558,44	111,95	-55,64	1 2 3 4 5 7 11 14
7	1	К	-558,44	-111,95	55,63	1 2 3 4 5 8 12 15
7	2	-	-546,10	0,00	0,00	1 2 3 4 5
7	2	-	-405,54	0,00	4,55	1 2 3 4 15
7	2	-	-405,54	0,00	-4,55	1 2 3 4 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

продовження табл. 4.4.

1	2	3	4	5	6	7
7	2	К	-405,54	0,00	34,89	1 2 3 4 8 12 15
7	2	К	-405,54	0,00	-34,89	1 2 3 4 7 11 14
7	2	К	-532,04	0,00	-34,89	1 2 3 4 5 7 11 14
7	2	К	-532,04	0,00	34,89	1 2 3 4 5 8 12 15

Таблиця 4.5.

Зусилля від експлуатаційних розрахункових навантажень
в середній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
6	1	-	-607,17	-8,33	0,72	1 2 3 4 5 15
6	1	-	-607,17	8,32	-0,72	1 2 3 4 5 14
6	1	-	-547,50	-9,25	0,80	1 2 3 4 15
6	1	-	-547,50	9,24	-0,80	1 2 3 4 14
6	1	-	-613,80	0,00	0,00	1 2 3 4 5
6	1	К	-1061,19	267,39	-12,99	1 2 3 4 6 8 11 14
6	1	К	**-1120,86**	**-267,38**	**12,99**	1 2 3 4 5 7 9 11 15
6	1	К	-1061,19	-267,37	12,99	1 2 3 4 7 9 11 15
6	1	К	-1120,86	267,39	-12,99	1 2 3 4 5 6 8 11 14
6	1	К	-944,28	-122,56	47,47	1 2 3 4 8 12 15
6	1	К	-944,28	122,56	-47,47	1 2 3 4 7 11 14
6	1	К	**-1400,74**	**-141,31**	**17,50**	1 2 3 4 5 7 8 10
6	1	К	-1003,95	122,56	-47,47	1 2 3 4 5 7 11 14
6	1	К	-1003,95	-122,56	47,47	1 2 3 4 5 8 12 15

Таблиця 4.6.

Зусилля від квазіпостійних розрахункових навантажень
в середній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ завантажень
			N, кН	M_y, кНм	Q_z, кН	
6	1	-	-640,20	0,00	0,00	1 2 3 4 5
6	1	К	**-802,26**	**0,00**	**0,00**	1 2 3 4 5 7 8 10
7	1	-	-469,89	0,00	0,00	1 2 3 4 5
7	1	К	**-466,10**	**17,27**	**-4,32**	1 2 3 4 5 7 11 14

Національний університет
водного господарства
та природокористування

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: учеб. для вузов. Москва : Стройиздат, 1991. 767 с.
2. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. Киев : Факт, 2005. 344 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи: Норми проектування. [Чинні з 1 січня 2007 р]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.
4. Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. А. Я. Барашикова. Київ : Вища школа», 1987. 416 с.
5. Залізобетонні конструкції: підручник / за ред. П. Ф. Вахненка. Київ : Вища школа, 1999. 508 с.
6. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций: Курсовое проектирование / Верюжский Ю. В., Колчунов В. И., Барабаш М. С., Гензерский Ю. В. Киев : Книжное изд-во НАУ, 2006. 808 с.
7. Лира 9.2. Примеры расчета и проектирования: Учебное пособие / Барабаш М. С., Гензерский Ю. В., Марченко Д. В., Титок В.П. Киев : Факт, 2005. 106 с.
8. МВ 03-01-32 до курсового проекту №2 з навчальної дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Промислове та цивільне будівництво» усіх форм навчання. Компонування каркасу та збір навантажень на поперечну раму / Корнійчук О.І. Рівне: НУВГП, 2018. 33 с.
9. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / Под общей ред. А. В. Перельмутера. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. 482 с.
10. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие / под ред. А. Б. Голышева. Киев : Будівельник, 1985. 496 с.
11. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций: Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи / Под ред. А. А. Нилова. Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 326 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування