

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ
НА ДІЮ ТИМЧАСОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ
МЕТОДОМ МОМЕНТНИХ ФОКУСІВ**

Методичні вказівки та індивідуальні завдання
до виконання розрахунково-графічної роботи
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Міське будівництво та господарство»

Київ 2022

УДК 624.01/07

P64

Укладачі: І.Д. Кара, канд. техн. наук;
О.В. Костіна, канд. техн. наук;
В.О. Недін, канд. техн. наук

Рецензент М.Г. Кушніренко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск П.П. Лізунов, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри будівельної механіки,
протокол № 5 від 13 грудня 2021 року.*

В авторській редакції.

Розрахунок нерозрізної балки на дію тимчасового навантаження методом моментних фокусів: методичні вказівки та індивідуальні завдання до виконання розрахунково-графічної роботи / уклад.: І.Д. Кара, О.В. Костіна, В.О. Недін. – Київ: КНУБА, 2022. – 56 с.

Містять короткі теоретичні відомості, методичні рекомендації, приклад розрахунку нерозрізної балки на дію тимчасового навантаження з використанням методу моментних фокусів і завдання до виконання розрахунково-графічної роботи.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Міське будівництво та господарство».

© КНУБА, 2022

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
Короткі теоретичні відомості.....	5
Приклад розрахунку нерозрізної балки методом моментних фокусів	10
Інструкція для отримання роздруківки в НПК «ASSISTANT».....	28
Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	53

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Однією з фундаментальних дисциплін, які необхідні для якісної підготовки спеціалістів у будівельній сфері є будівельна механіка, оскільки вона вивчає методи розрахунків будівель та споруд на міцність, стійкість і жорсткість. Базуючись на отриманих раніше знаннях з вищої математики, фізики, теоретичної механіки та опору матеріалів, будівельна механіка знайомить студентів з основними підходами розрахунку будівельних споруд на дію статичних навантажень і динамічних впливів. Під час проходження подальших курсів будівельних конструкцій та у процесі виконання курсових і дипломних проєктів застосовуються надані даною дисципліною знання та навички.

Для розуміння принципів розрахунку будівельних конструкцій студентам необхідно прослухати курс лекцій, пройти курс практичних занять з будівельної механіки та виконати розрахунково-графічні роботи (РГР). Методичні вказівки «Розрахунок нерозрізної балки на дію тимчасового навантаження методом моментних фокусів» розроблені для допомоги здобувачам під час виконання однойменної РГР, пояснення алгоритму та принципів розрахунку нерозрізних балок при дії на них лише тимчасового навантаження. Також допомогти студенту краще засвоїти матеріал може навчальні література [1-3] з будівельної механіки, які висвітлюють важливі аспекти розрахунку конструкцій.

Методичні вказівки складаються з: коротких теоретичних відомостей, в яких висвітлений теоретичний матеріал; приклади виконання розрахунку нерозрізної балки на дію тимчасового навантаження з поетапними поясненнями і рисунками; інструкції для перевірки результатів обчислень у навчальному програмному комплексі «ASSISTANT» та схеми індивідуальних завдань з описом складу роботи.

РГР необхідно оформляти охайно на аркушах паперу формату А4. Титульний лист є першим аркушем роботи. УВ РГР після титульного листа вкладається видане завдання, після чого всі аркуші роботи скріпляються.

Короткі теоретичні відомості

Нерозрізна балка – це статично невизначувана багатопрогонова балка, яка по всій довжині не переривається шарнірами. Навантаження, яке прикладається на систему є двох видів: постійне (власна вага конструкції) та тимчасове, яке в процесі експлуатації змінює значення або положення (вага обладнання тощо).

Метою розрахунку балки є визначення значень внутрішніх зусиль в її перерізах. Розрахунок балки на дію постійного навантаження проводять за допомогою рівняння трьох моментів. Якщо на систему прикладене тимчасове навантаження лише в одному прогоні, то для розрахунку можна застосовувати метод моментних фокусів, який безпосередньо впливає з розрахунку за допомогою рівнянь трьох моментів.

Ступінь статичної невизначуваності n балки дорівнює:

$$n = C - 3, \quad (1)$$

де C – кількість опорних стержнів, при цьому жорстке затиснення є еквівалентним трьом в'язям ($C=3$), повзун і шарнірно нерухома опора – двом в'язям ($C=2$), шарнірно рухома опора – одній ($C=1$).

Для початку розрахунку необхідно перейти від заданої до розрахункової схеми балки. Для цього потрібно: замінити наявні затиснення на прогони нульової довжини, а консолі відкинути, задати зліва направо номери всім опорам і прогонам так, щоб номер прогону співпадав з номером правої опори (рис. 1).

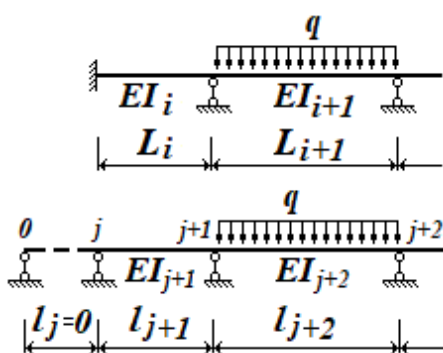


Рис. 1

Епюрі згинальних моментів у нерозрізній балці, яка навантажена тільки одним навантаженням в одному прогоні, притаманні такі особливості: по-перше, значення опорних моментів зменшуються при

віддаленні від навантаженого прогону; по-друге, у ненавантажених прогонах еюра моментів змінюється за лінійним законом і перетинає вісь балки в певних нульових точках, які мають назву моментних фокусів прогону.

Моментні фокуси є двох видів:

- ліві – це нульові точки на епюрі моментів у прогонах, які знаходяться ліворуч відносно прогону з навантаженням. Лівим фокусам відповідають значення лівих фокусних співвідношень, які визначаються так:

$$k_i = 2 + \frac{l'_{i-1}}{l'_i} \left(2 - \frac{1}{k_{i-1}} \right); \quad (2)$$

- праві – це нульові точки на епюрі моментів у прогонах, які знаходяться праворуч відносно навантаженого прогону. Праві фокусні співвідношення визначаються відповідно:

$$k'_i = 2 + \frac{l'_{i+1}}{l'_i} \left(2 - \frac{1}{k'_{i+1}} \right), \quad (3)$$

де l'_i, l'_{i-1} – зведені довжини прогонів, які визначаються:

$$l'_i = \frac{EI_0}{EI_i} l_i. \quad (4)$$

Фокусні співвідношення є додатними числами, які визначають співвідношення між значеннями опорних моментів у ненавантажених прогонах. Обчислення лівих фокусних співвідношень варто розпочинати з лівого кінця балки, а правих відповідно з правого. Значення співвідношень у крайніх прогонах залежать від виду опор (рис. 2).

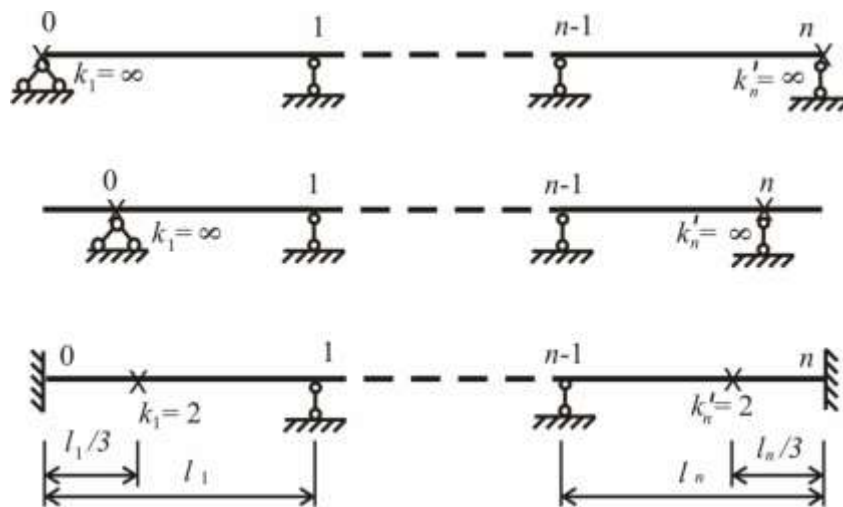


Рис. 2

Визначення положення нульових точок в прогонах балки відбувається з використанням виразів:

$$a_i = \frac{l_i}{1+k_i}; \quad (5)$$

$$b_i = \frac{l_i}{1+k'_i}, \quad (6)$$

де a_i, b_i – довжини, які визначають відстань, відповідно, від лівої опори до лівого фокуса та від правої опори до правого фокуса в прогоні.

Після обчислення значень фокусних співвідношень можна визначати значення моментів на кінцях прогонів (опорних моментів). Спочатку визначаються опорні моменти на кінцях навантаженого прогону:

$$M_{i-1} = -\frac{6}{l_i} \cdot \frac{A_i^\phi k'_i - B_i^\phi}{k_i k'_i - 1} = -\frac{6}{l_i} \cdot \frac{A_i^\phi - B_i^\phi / k'_i}{k_i^{-1} / k'_i}; \quad (7)$$

$$M_i = -\frac{6}{l_i} \cdot \frac{B_i^\phi k_i - A_i^\phi}{k_i k'_i - 1} = -\frac{6}{l_i} \cdot \frac{B_i^\phi - A_i^\phi / k_i}{k'_i^{-1} / k_i}, \quad (8)$$

де A_i^ϕ та B_i^ϕ – значення фіктивних опорних реакцій на опорі i в навантаженому прогоні з довжиною l_i . Фіктивні реакції залежать від характеру навантаження, формули для їх обчислення наведено в табл. 1.

Таблиця 1

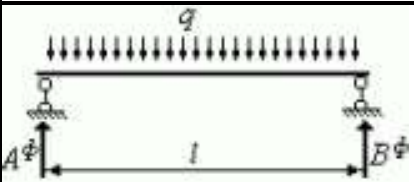
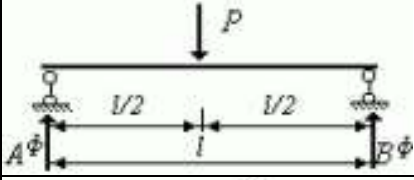
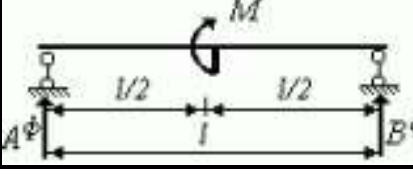
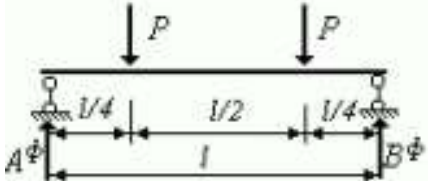
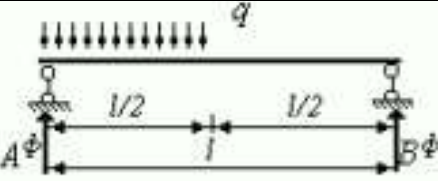
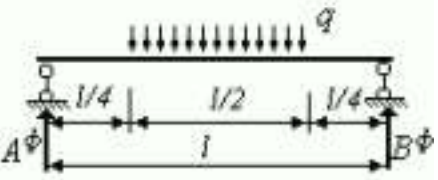
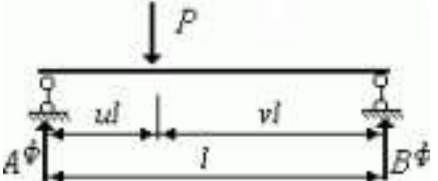
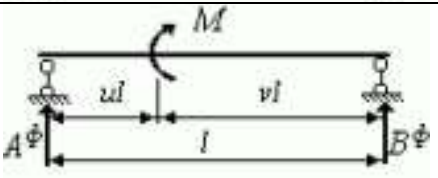
Схема навантаження в прогоні	A^ϕ	B^ϕ
	$\frac{ql^3}{24}$	$\frac{ql^3}{24}$
	$\frac{Pl^2}{16}$	$\frac{Pl^2}{16}$
	$-\frac{Ml}{24}$	$\frac{Ml}{24}$

Схема навантаження в прогоні	A^ϕ	B^ϕ
	$\frac{3Pl^2}{32}$	$\frac{3Pl^2}{32}$
	$\frac{9ql^3}{384}$	$\frac{7ql^3}{384}$
	$\frac{11ql^3}{384}$	$\frac{11ql^3}{384}$
	$\frac{Pl^2}{6}uv(1+v)$	$\frac{Pl^2}{6}uv(1+u)$
	$-\frac{Ml}{6}(1-3v^2)$	$-\frac{Ml}{6}(1-3u^2)$

Визначення опорних моментів на кінцях ненавантажених прогонів, які розташовані ліворуч від навантаженого прогону, відбувається справа наліво з використанням лівих фокусних співвідношень:

$$M_j = -\frac{M_{j+1}}{k_{j+1}}. \quad (9)$$

Опорні моменти в ненавантажених прогонах праворуч від навантаженого прогону визначаються зліва направо із застосуванням правих фокусних співвідношень.

$$M_j = -\frac{M_{j-1}}{k'_j}. \quad (10)$$

Для побудови епюри опорних моментів необхідно одержані значення відкласти над (моменти з від'ємними значеннями) або під (з додатними значеннями) та з'єднати прямими лініями. Значення опорних поперечних

зусиль визначається з використанням диференціальної залежності між епюрами M і Q .

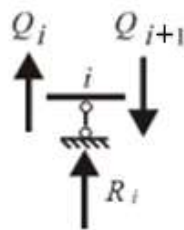
Дійсні значення згинальних моментів M_∂ та поперечних зусиль Q_∂ в прогонах балки обчислюються наступним чином:

$$M_\partial = M^{op} + M^b; \quad (11)$$

$$Q_\partial = Q^{op} + Q^b, \quad (12)$$

де M^{op} , Q^{op} – значення опорних моментів та опорних поперечних зусиль; M^b , Q^b – значення на відповідних епюрах зусиль, які побудовані при представленні навантажених прогонів у вигляді однопрогонових балок.

Користуючись рівняннями рівноваги опорних в'язей (рис. 3), можна обчислити значення опорних реакцій:

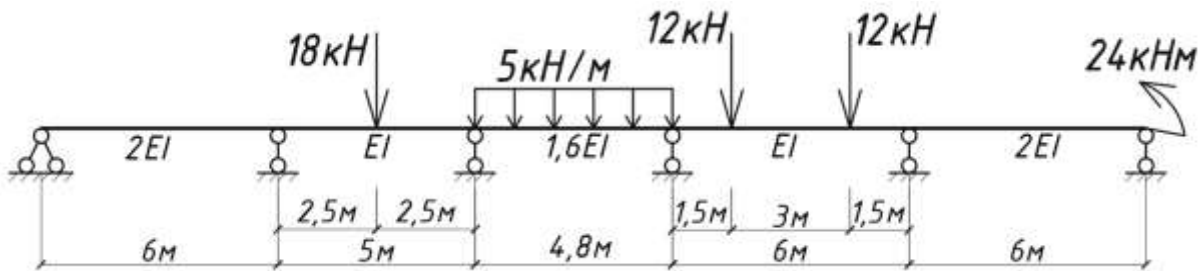


$$\sum F_y = 0: \\ R_i = Q_{i+1} - Q_i, \quad (13)$$

Рис. 3

де Q_i , Q_{i+1} – значення на епюрі поперечних зусиль ліворуч і праворуч від опори.

Приклад виконання розрахунків



1. Визначення ступеня статичної невизначуваності.



$$n = C - 3 = 7 - 3 = 4.$$

2. Побудова розрахункової схеми балки.

Пронумеруємо прогони балки так, щоб номер прогону відповідав номеру правої опори. Приймаючи жорсткість EI за основну EI_0 , визначимо зведені довжини прогонів з використанням виразу (4):

$$l'_1 = \frac{EI_0}{2 \cdot EI_0} 6 = 3 \text{ м};$$

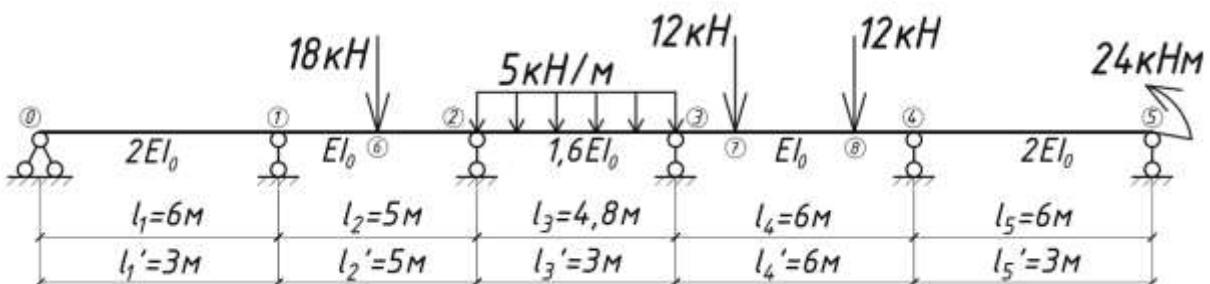
$$l'_2 = \frac{EI_0}{EI_0} 5 = 5 \text{ м};$$

$$l'_3 = \frac{EI_0}{1,6 \cdot EI_0} 4,8 = 3 \text{ м};$$

$$l'_4 = \frac{EI_0}{EI_0} 6 = 6 \text{ м};$$

$$l'_5 = \frac{EI_0}{2 \cdot EI_0} 6 = 3 \text{ м}.$$

Розрахункова схема балки має вигляд:



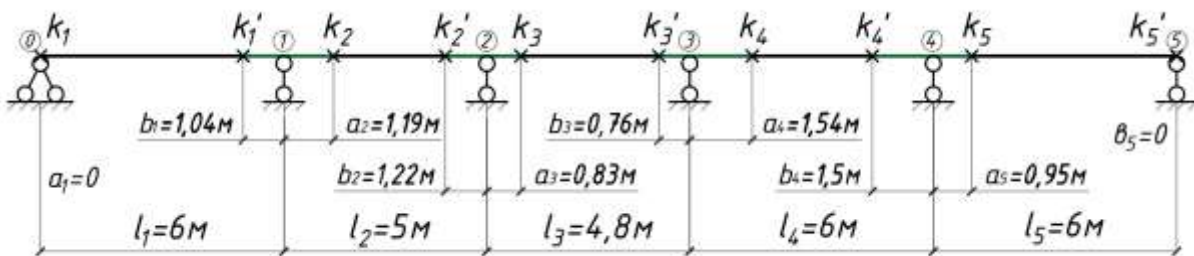
3. Визначення фокусних співвідношень.

Ліві (вираз (2))	Праві (вираз (3))
$k_1 = \infty;$	$k'_5 = \infty;$
$k_2 = 2 + \frac{3}{5} \left(2 - \frac{1}{\infty}\right) = 3,2;$	$k'_4 = 2 + \frac{3}{6} \left(2 - \frac{1}{\infty}\right) = 3;$
$k_3 = 2 + \frac{5}{3} \left(2 - \frac{1}{3,2}\right) = 4,8125;$	$k'_3 = 2 + \frac{6}{3} \left(2 - \frac{1}{3}\right) = 5,3333;$
$k_4 = 2 + \frac{3}{6} \left(2 - \frac{1}{4,8125}\right) = 2,8961;$	$k'_2 = 2 + \frac{3}{5} \left(2 - \frac{1}{5,3333}\right) = 3,0875;$
$k_5 = 2 + \frac{6}{3} \left(2 - \frac{1}{2,8961}\right) = 5,3094;$	$k'_1 = 2 + \frac{5}{3} \left(2 - \frac{1}{3,0875}\right) = 4,7935.$

Визначення положення фокусів у прогонах балки:

	Ліві (вираз (5))	Праві (вираз (6))
Прогін 1	$a_1 = \frac{6}{1 + \infty} = 0$	$b_1 = \frac{6}{1 + 4,7935} = 1,04 \text{ м}$
Прогін 2	$a_2 = \frac{5}{1 + 3,2} = 1,19 \text{ м}$	$b_2 = \frac{5}{1 + 3,0875} = 1,22 \text{ м}$
Прогін 3	$a_3 = \frac{4,8}{1 + 4,8125} = 0,83 \text{ м}$	$b_3 = \frac{4,8}{1 + 5,3333} = 0,76 \text{ м}$
Прогін 4	$a_4 = \frac{6}{1 + 2,8961} = 1,54 \text{ м}$	$b_4 = \frac{6}{1 + 3} = 1,5 \text{ м}$
Прогін 5	$a_5 = \frac{6}{1 + 5,3094} = 0,95 \text{ м}$	$b_5 = \frac{6}{1 + \infty} = 0$

Схема розташування фокусів у прогонах балки:



4. Розрахунок на дію тимчасового навантаження $P_1=18\text{kN}$ у другому прогоні.

Визначимо фіктивні опорні реакції в другому прогоні (с. 14), використовуючи табл. 1:

$$A_2^\phi = B_2^\phi = \frac{P_1 l_2^2}{16} = \frac{18 \cdot 5^2}{16} = 28,125 \text{ кНм}^2.$$

Обчислимо значення опорних моментів на кінцях навантаженого прогону (вирази 7, 8):

$$M_1 = M_{\text{лів}} = -\frac{6}{l_2} \cdot \frac{A_2^\phi - B_2^\phi / k_2'}{k_2 - 1 / k_2'} = -\frac{6}{5} \cdot \frac{28,125 - \frac{28,125}{3,0875}}{3,2 - 1 / 3,0875} = -7,934 \text{ кНм};$$

$$M_2 = M_{\text{пр}} = -\frac{6}{l_2} \cdot \frac{B_2^\phi - A_2^\phi / k_2}{k_2' - 1 / k_2} = -\frac{6}{5} \cdot \frac{28,125 - \frac{28,125}{3,2}}{3,0875 - 1 / 3,2} = -8,361 \text{ кНм}.$$

Опорні моменти на кінцях ненавантажених прогонів мають значення (вирази 9, 10):

$$M_0 = -\frac{M_1}{k_1} = -\frac{-7,934}{\infty} = 0;$$

$$M_3 = -\frac{M_2}{k_3'} = -\frac{-8,361}{5,3333} = +1,568 \text{ кНм};$$

$$M_4 = -\frac{M_3}{k_4'} = -\frac{1,568}{3} = -0,523 \text{ кНм};$$

$$M_5 = -\frac{M_4}{k_5'} = -\frac{-0,523}{\infty} = 0.$$

Маючи значення опорних моментів, визначаємо дійсні значення згинальних моментів за формулою (11) і будуємо дійсну епюру моментів $M_{\partial l}$ (с. 14).

Для виконання кінематичної перевірки побудуємо сумарну одиничну епюру згинальних моментів. Основну систему методу сил приймаємо, ввівши до заданої схеми наскрізні шарніри на опорах і приклавши всі одиничні моменти водночас.

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma \partial 1} &= \sum \int \frac{M_{\Sigma} \cdot M_{\partial 1}}{EI} dx = -\frac{1}{2EI} \frac{1}{2} \cdot 7,934 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{EI} \cdot 3,209 \cdot 2,5 \cdot 1 + \\ &+ \frac{1}{EI} \cdot 2,996 \cdot 2,5 \cdot 1 - \frac{1}{1,6EI} \cdot 3,397 \cdot 4,8 \cdot 1 + \frac{1}{EI} \cdot 0,523 \cdot 6 \cdot 1 - \\ &- \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,523 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{1}{EI} [-7,934 + 8,0225 + 7,49 - 10,191 + \\ &+ 3,138 - 0,523] = \frac{1}{EI} [18,6505 - 18,648] = \frac{0,0025}{EI} \approx 0. \end{aligned}$$

Обчислимо поперечні зусилля, використовуючи диференціальну залежність між епюрами M і Q :

$$Q_{0-1} = -\frac{7,934}{6} = -1,322 \text{ кН};$$

$$Q_{1-6} = +\frac{14,353+7,934}{2,5} = +8,915 \text{ кН};$$

$$Q_{6-2} = -\frac{14,353+8,361}{2,5} = -9,085 \text{ кН};$$

$$Q_{2-3} = +\frac{8,361+1,568}{4,8} = +2,069 \text{ кН};$$

$$Q_{3-4} = -\frac{1,568+0,523}{6} = -0,349 \text{ кН};$$

$$Q_{4-5} = +\frac{0,523}{6} = +0,087 \text{ кН}.$$

Будуємо дійсну епюру поперечних зусиль Q_{dl} (с. 14). Обчислимо опорні реакції за формулою (13):

$$R_0 = -1,322 \text{ кН};$$

$$R_1 = +8,915 - (-1,322) = 10,237 \text{ кН};$$

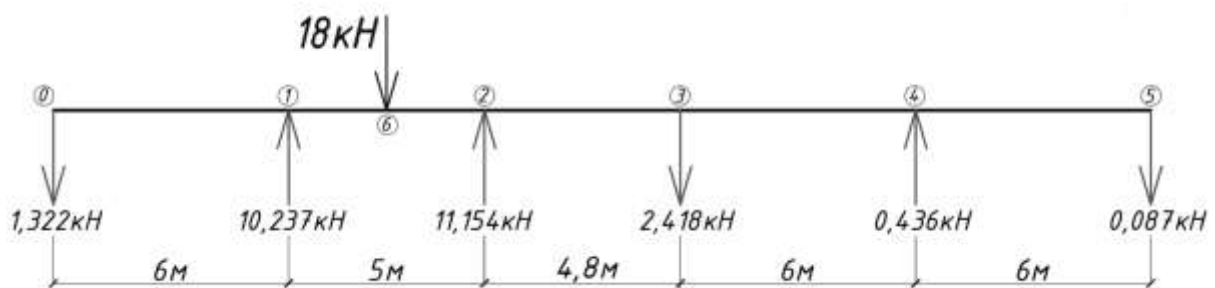
$$R_2 = +2,069 - (-9,085) = 11,154 \text{ кН};$$

$$R_3 = -0,349 - 2,069 = -2,418 \text{ кН};$$

$$R_4 = +0,087 - (-0,349) = 0,436 \text{ кН};$$

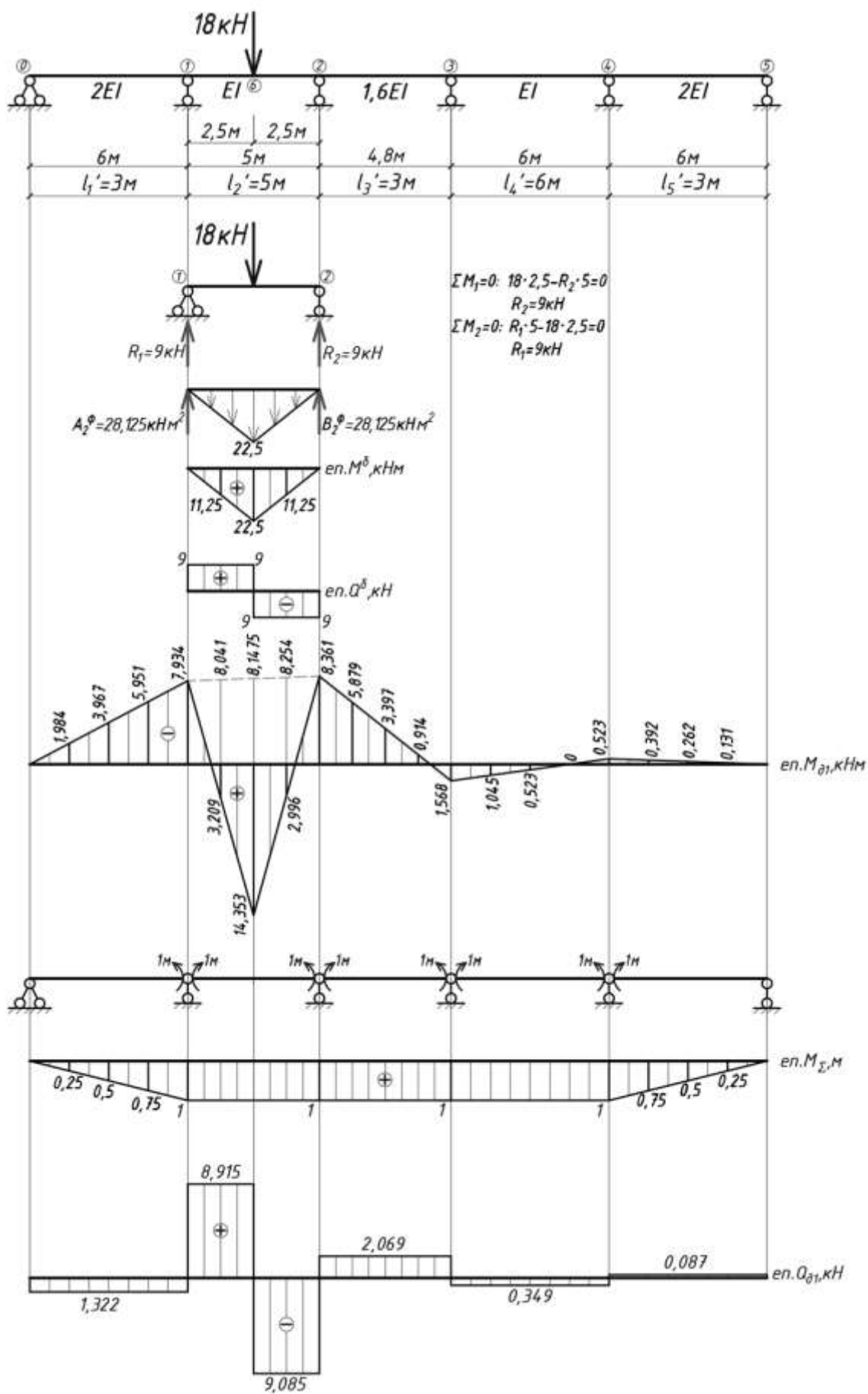
$$R_5 = -0,087 \text{ кН}.$$

Виконаємо загальну перевірку рівноваги балки:



$$\begin{aligned} \sum F_y &= -1,322 + 10,237 - 18 + 11,154 - 2,418 + 0,436 - 0,087 = \\ &= 21,827 - 21,827 = 0. \end{aligned}$$

Для перевірки всіх обчислень використаємо комплекс «ASSISTANT». У результаті перевірки одержуємо роздруківку (с. 15).



:

РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ

: Схема 24

:

: Фізико-геометричні параметри: $L1 = 5$ $L2 = 6$ $b = 1,6$

: Прогони: 6 м 5 м 4,8 м 6 м 6 м

: Жорсткості прогонів: $2EI$ EI $1,6EI$ EI $2EI$

:

: Зосереджена сила $P = 18$ в середині прогону $L2$

: Зусилля: Прогін: 0 : 0,251 : 0,51 : 0,751 : 1

: Згин.: 1 : +0,00000 : -1,98347 : -3,96695 : -5,95043 : -7,93391

: моменти: 2 : -7,93391 : +3,20919 : +14,3523 : +2,99540 : -8,36148

: : 3 : -8,36148 : -5,87917 : -3,39685 : -0,91453 : +1,56777

: : 4 : +1,56777 : +1,04518 : +0,52259 : +0,00000 : -0,52259

: : 5 : -0,52259 : -0,39194 : -0,26129 : -0,13064 : +0,00000

: Попер.: 1 : -1,32231 : -1,32231 : -1,32231 : -1,32231 : -1,32231

: сили : 2 : +8,91448 : +8,91448 : +8,91448 : -9,08551 : -9,08551

: : : : -9,08551 : :

: : 3 : +2,06859 : +2,06859 : +2,06859 : +2,06859 : +2,06859

: : 4 : -0,34839 : -0,34839 : -0,34839 : -0,34839 : -0,34839

: : 5 : +0,08709 : +0,08709 : +0,08709 : +0,08709 : +0,08709

: Опорні реакції

: $R(0)=-1,32$ $R(1)=10,23$ $R(2)=11,15$ $R(3)=-2,41$ $R(4)=0,435$ $R(5)=-0,08$

5. Розрахунок на дію тимчасового навантаження $q = 5 \text{ кН/м}$ у третьому прогоні.

Визначимо фіктивні опорні реакції в третьому прогоні (с. 18), використовуючи табл. 1:

$$A_3^\phi = B_3^\phi = \frac{ql_3^3}{24} = \frac{5 \cdot 4,8^3}{24} = 23,04 \text{ кНм}^2.$$

Обчислимо значення опорних моментів на кінцях навантаженого прогону (вирази 7, 8):

$$M_2 = M_{\text{лів}} = -\frac{6}{l_3} \cdot \frac{A_3^\phi - B_3^\phi / k_2'}{k_3 - 1 / k_3'} = -\frac{6}{4,8} \cdot \frac{23,04 - \frac{23,04}{5,3333}}{4,8125 - 1 / 5,3333} = -5,059 \text{ кНм};$$

$$M_3 = M_{\text{пр}} = -\frac{6}{l_3} \cdot \frac{B_3^\phi - A_3^\phi / k_3}{k_3' - 1 / k_3} = -\frac{6}{4,8} \cdot \frac{23,04 - \frac{23,04}{4,8125}}{5,3333 - 1 / 4,8125} = -4,451 \text{ кНм}.$$

Опорні моменти на кінцях ненавантажених прогонів (вирази 9, 10):

$$M_1 = -\frac{M_2}{k_2} = -\frac{-5,059}{3,2} = +1,581 \text{ кНм};$$

$$M_0 = -\frac{M_1}{k_1} = -\frac{+1,581}{\infty} = 0;$$

$$M_4 = -\frac{M_3}{k_4'} = -\frac{-4,451}{3} = +1,484 \text{ кНм};$$

$$M_5 = -\frac{M_4}{k_5'} = -\frac{+1,484}{\infty} = 0.$$

Будуємо дійсну епюру згинальних моментів $M_{\partial 2}$ (с. 18). Виконаємо кінематичну перевірку:

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma \partial 2} &= \sum \int \frac{M_{\Sigma} \cdot M_{\partial 2}}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,581 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 - \frac{1}{EI} \cdot 1,739 \cdot 5 \cdot 1 + \\ &+ \frac{1}{1,6EI} \cdot \frac{4,8}{6} [-5,059 \cdot 1 + 4 \cdot 9,645 \cdot 1 - 4,451 \cdot 1] - \frac{1}{EI} \cdot 1,484 \cdot 6 \cdot 1 + \\ &+ \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,484 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{1}{EI} [1,581 - 8,695 + 14,535 - 8,904 + \\ &+ 1,484] = \frac{1}{EI} [17,6 - 15,599] = \frac{0,001}{EI} \approx 0. \end{aligned}$$

Обчислимо поперечні зусилля, використовуючи диференціальну залежність між епюрами M і Q :

$$Q_{0-1} = +\frac{1,581}{6} = +0,264 \text{ кН};$$

$$Q_{1-2} = -\frac{5,059+1,581}{5} = -1,328 \text{ кН};$$

$$Q_2 = \frac{5,059-4,451}{4,8} + 12 = +12,127 \text{ кН};$$

$$Q_3 = \frac{5,059-4,451}{4,8} - 12 = -11,873 \text{ кН};$$

$$Q_{3-4} = +\frac{4,454+1,484}{6} = +0,989 \text{ кН};$$

$$Q_{4-5} = -\frac{1,484}{6} = -0,247 \text{ кН}.$$

Будуємо дійсну епюру поперечних зусиль Q_{02} (с. 18). Обчислимо опорні реакції (вираз (13)):

$$R_0 = +0,264 \text{ кН};$$

$$R_1 = -1,328 - 0,264 = -1,592 \text{ кН};$$

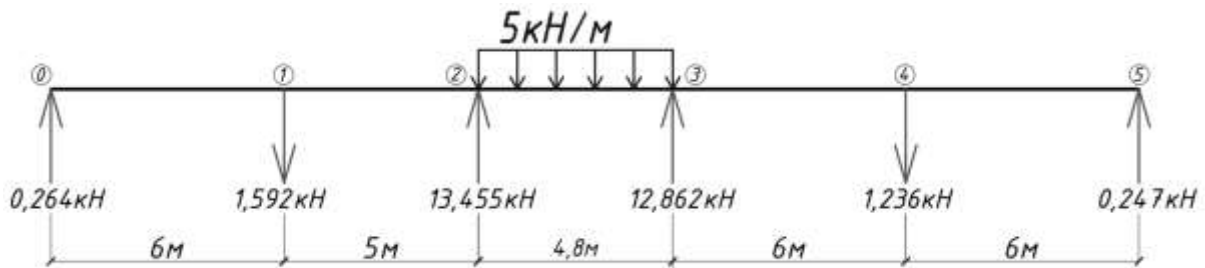
$$R_2 = 12,127 - (-1,328) = +13,455 \text{ кН};$$

$$R_3 = 0,989 - (-11,873) = +12,862 \text{ кН};$$

$$R_4 = -0,247 - 0,989 = -1,236 \text{ кН};$$

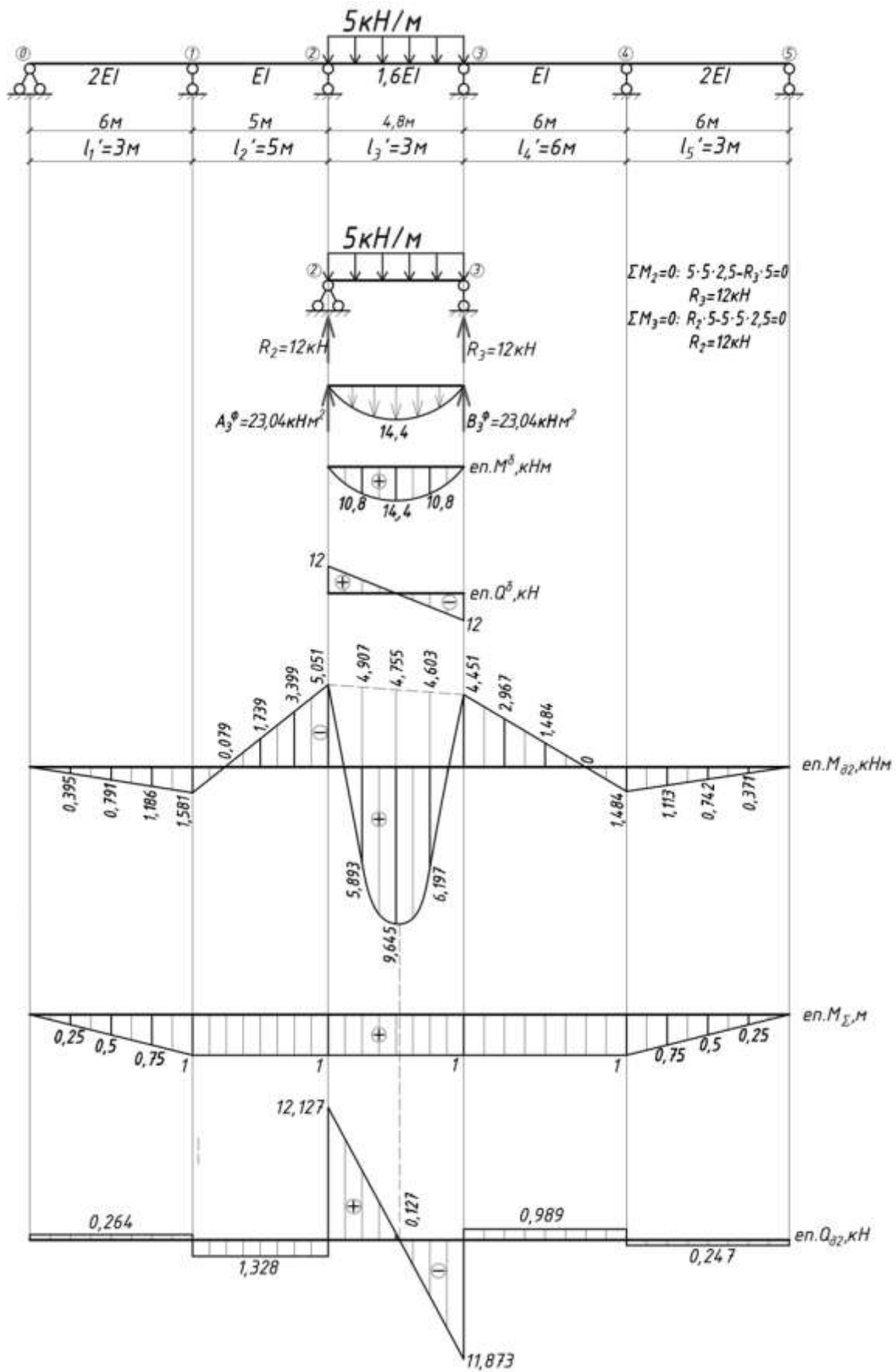
$$R_5 = +0,247 \text{ кН}.$$

Виконаємо загальну перевірку рівноваги балки:



$$\sum F_y = +0,264 - 1,592 + 13,455 - 5 \cdot 4,8 + 12,862 - 1,236 + 0,247 = 26,828 - 26,828 = 0.$$

У результаті перевірки правильності обчислень у програмному комплексі «ASSISTANT» одержуємо роздруківку (с. 19).



```

:*****
****
:
:
:           РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ
: Схема 24
:
: Фізико-геометричні параметри: L1 = 5  L2 = 6  b = 1,6
: Прогони:  6 м  5 м  4,8 м  6 м  6 м
: Жорсткості прогонів:  2EI  EI  1,6EI  EI  2EI
:
:   Розподілене навантаження q = 5 на всьому прогоні L3
:-----
:Зусилля: Прогін:  0  : 0,25l : 0,5l  : 0,75l  : 1
:-----
: Згин. :  1  : +0,00000 : +0,39527 : +0,79054 : +1,18581 : +1,58108
: моменти:  2  : +1,58108 : -0.07905 : -1,73918 : -3,39932 : -5,05946
:       :  3  : -5,05946 : +5,89256 : +9,64459 : +6,19662 : -4,45135
:       :  4  : -4,45135 : -2,96756 : -1,48378 : -0.00000 : +1,48378
:       :  5  : +1,48378 : +1,11283 : +0,74189 : +0,37094 : +0,00000
:-----
: Попер.:  1  : +0,26351 : +0,26351 : +0,26351 : +0,26351 : +0,26351
: сили :  2  : -1,32810 : -1,32810 : -1,32810 : -1,32810 : -1,32810
:       :  3  : +12,1266 : +6,12668 : +0,12668 : -5,87331 : -11,8733
:       :  4  : +0,98918 : +0,98918 : +0,98918 : +0,98918 : +0,98918
:       :  5  : -0,24729 : -0,24729 : -0,24729 : -0,24729 : -0,24729
:-----
:
:           Опорні реакції
: R(0)=0,263 R(1)=-1,59 R(2)=13,45 R(3)=12,86 R(4)=-1,23 R(5)=0,247
:*****
****

```

б. Розрахунок на дію тимчасового навантаження: дві сили $P_2=12\text{kH}$ у четвертому прогоні.

Визначимо фіктивні опорні реакції в четвертому прогоні (с. 22), використовуючи табл. 1:

$$A_4^\phi = B_4^\phi = \frac{3P_2 l_4^2}{32} = \frac{3 \cdot 12 \cdot 6^2}{32} = 40,5 \text{ kHm}^2.$$

Обчислимо значення опорних моментів на кінцях навантаженого прогону (вирази 7, 8):

$$M_3 = M_{\text{лів}} = -\frac{6}{l_4} \cdot \frac{A_4^\phi - B_4^\phi / k_4'}{k_4 - 1/k_4'} = -\frac{6}{6} \cdot \frac{40,5 - \frac{40,5}{3}}{2,8961 - 1/3} = -10,535 \text{ kHm};$$

$$M_4 = M_{\text{пр}} = -\frac{6}{l_4} \cdot \frac{B_4^\phi - A_4^\phi / k_4}{k_4' - 1/k_4} = -\frac{6}{6} \cdot \frac{40,5 - \frac{40,5}{2,8961}}{3 - 1/2,8961} = -9,988 \text{ kHm}.$$

Опорні моменти на кінцях ненавантажених прогонів (вирази 9, 10):

$$M_2 = -\frac{M_3}{k_3} = -\frac{-10,535}{4,8125} = +2,189 \text{ kHm};$$

$$M_1 = -\frac{M_2}{k_2} = -\frac{2,189}{3,2} = -0,684 \text{ kHm};$$

$$M_0 = -\frac{M_1}{k_1} = -\frac{-0,684}{\infty} = 0;$$

$$M_5 = -\frac{M_4}{k_5'} = -\frac{-9,988}{\infty} = 0.$$

Будуємо дійсну епюру згинальних моментів $M_{\partial 3}$ (с. 22). Виконаємо кінематичну перевірку:

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma \partial 3} &= \sum \int \frac{M_{\Sigma} \cdot M_{\partial 3}}{EI} dx = -\frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,684 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{EI} \cdot 0,753 \cdot 5 \cdot 1 - \\ &- \frac{1}{1,6EI} \cdot 4,173 \cdot 4,8 \cdot 1 - \frac{1}{EI} \cdot \frac{1,5}{6} [10,535 \cdot 1 + 4 \cdot 1,4665 \cdot 1 - \\ &- 7,602 \cdot 1] + \frac{1}{EI} \cdot 7,738 \cdot 3 \cdot 1 - \frac{1}{EI} \cdot \frac{1,5}{6} [-7,875 \cdot 1 + 4 \cdot 1,0565 \cdot 1 + \\ &+ 9,988 \cdot 1] - \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 9,988 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{1}{EI} [-0,684 + 3,765 - 12,519 - \\ &- 22 + 23,214 - 1,585 - 9,988] = \frac{1}{EI} [26,979 - 26,976] = \\ &= \frac{0,003}{EI} \approx 0. \end{aligned}$$

Обчислимо поперечні зусилля, використовуючи диференціальну залежність між епюрами M і Q :

$$Q_{0-1} = -\frac{0,684}{6} = -0,114 \text{ кН};$$

$$Q_{1-2} = +\frac{2,189 - (-0,684)}{5} = +0,575 \text{ кН};$$

$$Q_{2-3} = -\frac{10,535 - (-2,189)}{4,8} = -2,651 \text{ кН};$$

$$Q_{3-7} = +\frac{10,535 - (-7,602)}{1,5} = +12,091 \text{ кН};$$

$$Q_{7-8} = +\frac{7,875 - 7,602}{3} = +0,091 \text{ кН};$$

$$Q_{8-4} = -\frac{9,988 - (-7,875)}{1,5} = -11,909 \text{ кН};$$

$$Q_{4-5} = +\frac{9,988}{6} = +1,665 \text{ кН}.$$

Будуємо дійсну епюру поперечних зусиль Q_{03} (с. 22). Обчислимо опорні реакції (вираз (13)):

$$R_0 = -0,114 \text{ кН};$$

$$R_1 = 0,575 - (-0,114) = +0,689 \text{ кН};$$

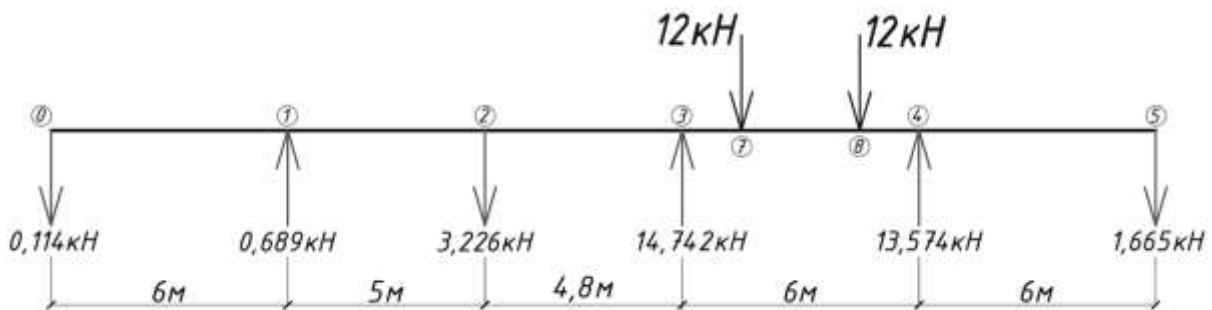
$$R_2 = -2,651 - 0,575 = -3,226 \text{ кН};$$

$$R_3 = 12,091 - (-2,651) = +14,74 \text{ кН};$$

$$R_4 = 1,665 - (-11,909) = +13,574 \text{ кН};$$

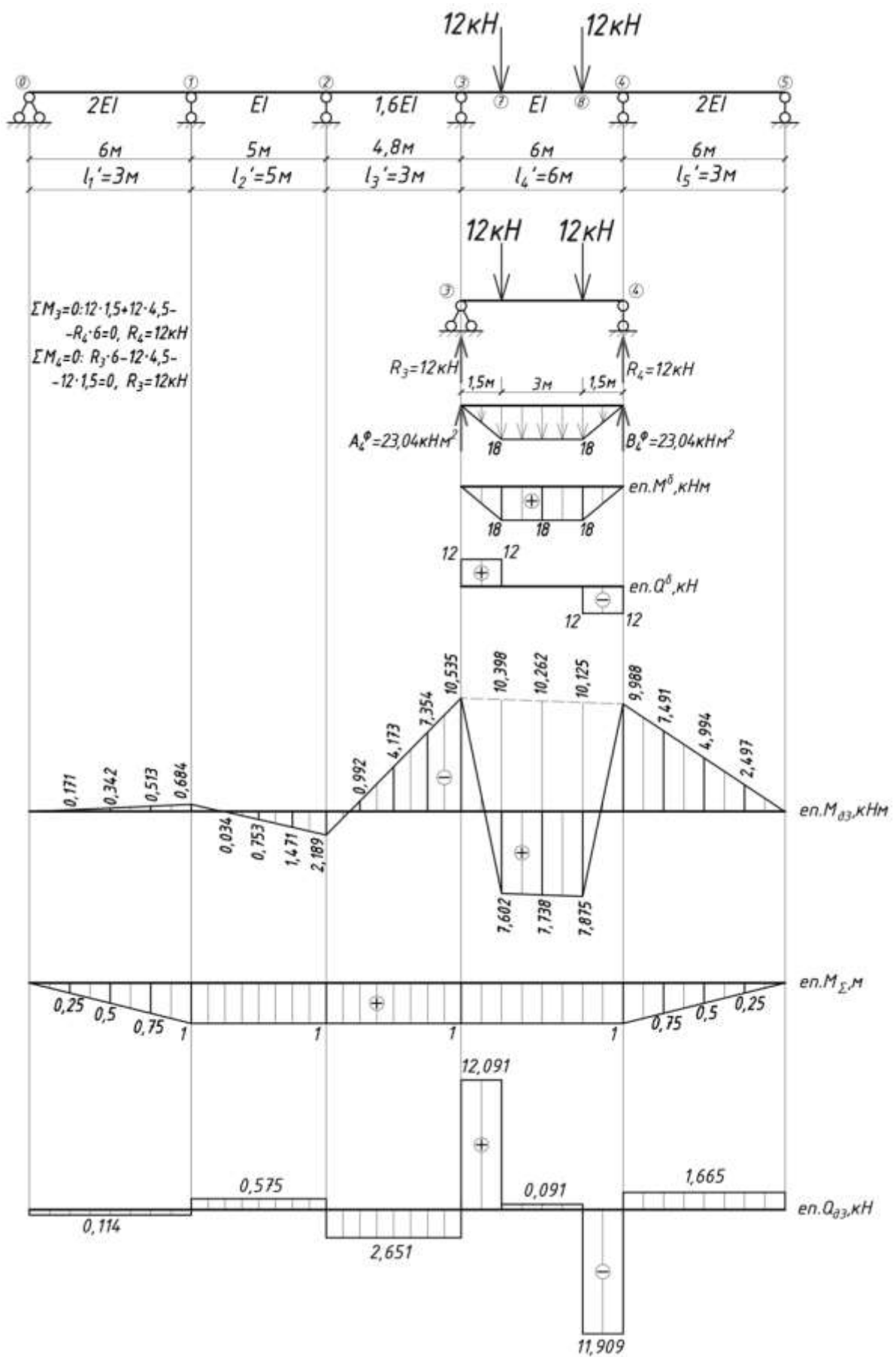
$$R_5 = -1,665 \text{ кН}.$$

Виконаємо загальну перевірку рівноваги балки:



$$\sum F_y = -0,114 + 0,689 - 3,226 + 14,74 - 12 - 12 + 13,574 - 1,665 = 29,005 - 29,005 = 0.$$

У результаті перевірки правильності обчислень у програмному комплексі «ASSISTANT» одержуємо роздруківку (с. 23).



:

: РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ

: Схема 24

:

: Фізико-геометричні параметри: $L1 = 5$ $L2 = 6$ $b = 1,6$

: Прогони: 6 м 5 м 4,8 м 6 м 6 м

: Жорсткості прогонів: $2EI$ EI $1,6EI$ EI $2EI$

:

: Зосереджені сили $P=12$ в чвертях прогону $L4$

:Зусилля: Прогін: 0 : 0,25l : 0,5l : 0,75l : l

: Згин. : 1 : +0,00000 : -0,17103 : -0,34206 : -0,51309 : -0,68412

: моменти: 2 : -0,68412 : +0.03420 : +0,75253 : +1,47086 : +2,18918

: : 3 : +2,18918 : -0,99197 : -4,17314 : -7,35430 : -10,5354

: : 4 : -10,5354 : +7,60135 : +7,73817 : +7,87500 : -9,98817

: : 5 : -9,98817 : -7,49113 : -4,99408 : -2,49704 : +0,00000

: Попер.: 1 : -0,11402 : -0,11402 : -0,11402 : -0,11402 : -0,11402

: сили : 2 : +0,57466 : +0,57466 : +0,57466 : +0,57466 : +0,57466

: : 3 : -2,65097 : -2,65097 : -2,65097 : -2,65097 : -2,65097

: : 4 : +12,0912 : +12,0912 : +0.09121 : +0.09121 : -11,9087

: : : : +0.09121 : : -11,9087 :

: : 5 : +1,66469 : +1,66469 : +1,66469 : +1,66469 : +1,66469

: Опорні реакції

: $R(0)=-0,11$ $R(1)=0,688$ $R(2)=-3,22$ $R(3)=14,74$ $R(4)=13,57$ $R(5)=-1,66$

7. Розрахунок на дію тимчасового навантаження: $M = 24 \text{ кНм}$ у п'ятому прогоні.

Обчислимо значення опорних моментів (вирази 9, 10):

$$M_5 = 24 \text{ кНм};$$

$$M_4 = -\frac{M_5}{k_5} = -\frac{24}{5,3094} = -4,521 \text{ кНм};$$

$$M_3 = -\frac{M_4}{k_4} = -\frac{-4,521}{2,8961} = 1,561 \text{ кНм};$$

$$M_2 = -\frac{M_3}{k_3} = -\frac{1,561}{4,8125} = -0,324 \text{ кНм};$$

$$M_1 = -\frac{M_2}{k_2} = -\frac{-0,324}{3,2} = 0,101 \text{ кНм};$$

$$M_0 = -\frac{M_1}{k_1} = -\frac{0,101}{\infty} = 0.$$

Будуємо дійсну епюру згинальних моментів $M_{\partial 4}$ (с. 26). Виконаємо кінематичну перевірку:

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma \partial 4} &= \sum \int \frac{M_{\Sigma} \cdot M_{\partial 4}}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,101 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 - \frac{1}{EI} \cdot 0,111 \cdot 5 \cdot 1 + \\ &+ \frac{1}{1,6EI} \cdot 0,618 \cdot 4,8 \cdot 1 - \frac{1}{EI} \cdot 1,48 \cdot 6 \cdot 1 + \frac{1}{2EI} [-4,521 \cdot 1 + \\ &+ 4 \cdot 9,74 \cdot 0,5] = \frac{1}{EI} [0,101 - 0,555 + 1,854 - 8,88 + 7,4795] = \\ &= \frac{1}{EI} [9,4345 - 9,435] = \frac{-0,0005}{EI} \approx 0. \end{aligned}$$

Обчислимо поперечні зусилля, використовуючи диференціальну залежність між епюрами M і Q :

$$Q_{0-1} = +\frac{0,101}{6} = +0,017 \text{ кН};$$

$$Q_{1-2} = -\frac{0,324+0,101}{5} = -0,085 \text{ кН};$$

$$Q_{2-3} = +\frac{1,561+0,324}{4,8} = +0,393 \text{ кН};$$

$$Q_{3-4} = -\frac{4,521+1,561}{6} = -1,014 \text{ кН};$$

$$Q_{4-5} = +\frac{24+4,521}{6} = +4,753 \text{ кН}.$$

Будуємо дійсну епюру поперечних зусиль $Q_{\partial 1}$ (с. 26). Обчислимо опорні реакції (вираз (13)):

$$R_0 = +0,017 \text{ кН};$$

$$R_1 = -0,085 - 0,017 = -0,102 \text{ кН};$$

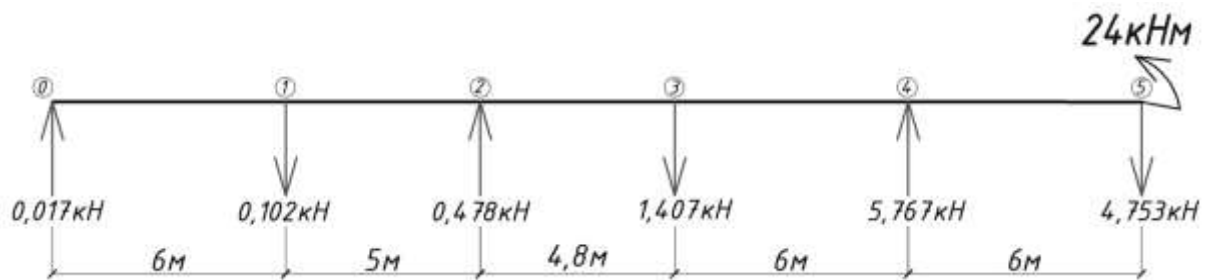
$$R_2 = +0,393 - (-0,085) = +0,478 \text{ кН};$$

$$R_3 = -1,014 - 0,393 = -1,407 \text{ кН};$$

$$R_4 = +4,753 - (-1,014) = +5,767 \text{ кН};$$

$$R_5 = -4,753 \text{ кН}.$$

Виконаємо загальну перевірку рівноваги балки:



$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0,017 - 0,102 + 0,478 - 1,407 + 5,767 - 4,753 = \\ &= 6,262 - 6,262 = 0. \end{aligned}$$

В результаті перевірки правильності обчислень у комплексі «ASSISTANT» одержуємо роздруківку:

:

РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ

: Схема 24

:

: Фізико-геометричні параметри: $L_1 = 5$ $L_2 = 6$ $b = 1,6$

: Прогони: 6 м 5 м 4,8 м 6 м 6 м

: Жорсткості прогонів: $2EI$ EI $1,6EI$ EI $2EI$

:

: Зосереджений момент $M=-24$ на правій консолі

:-----

:Зусилля: Прогін: 0 : 0,251 : 0,51 : 0,751 : 1

:-----

: Згин. : 1 : +0,00000 : +0.02533 : +0.05067 : +0.07601 : +0,10135

:моменти: 2 : +0,10135 : -0.00506 : -0,11148 : -0,21790 : -0,32432

: : 3 : -0,32432 : +0,14695 : +0,61824 : +1,08952 : +1,56081

: : 4 : +1,56081 : +0.04054 : -1,47973 : -3,00000 : -4,52027

: : 5 : -4,52027 : +2,60979 : +9,73986 : +16,8699 : +24,0000

:-----

: Попер.: 1 : +0.01689 : +0.01689 : +0.01689 : +0.01689 : +0.01689

: сили : 2 : -0.08513 : -0.08513 : -0.08513 : -0.08513 : -0.08513

: : 3 : +0,39273 : +0,39273 : +0,39273 : +0,39273 : +0,39273

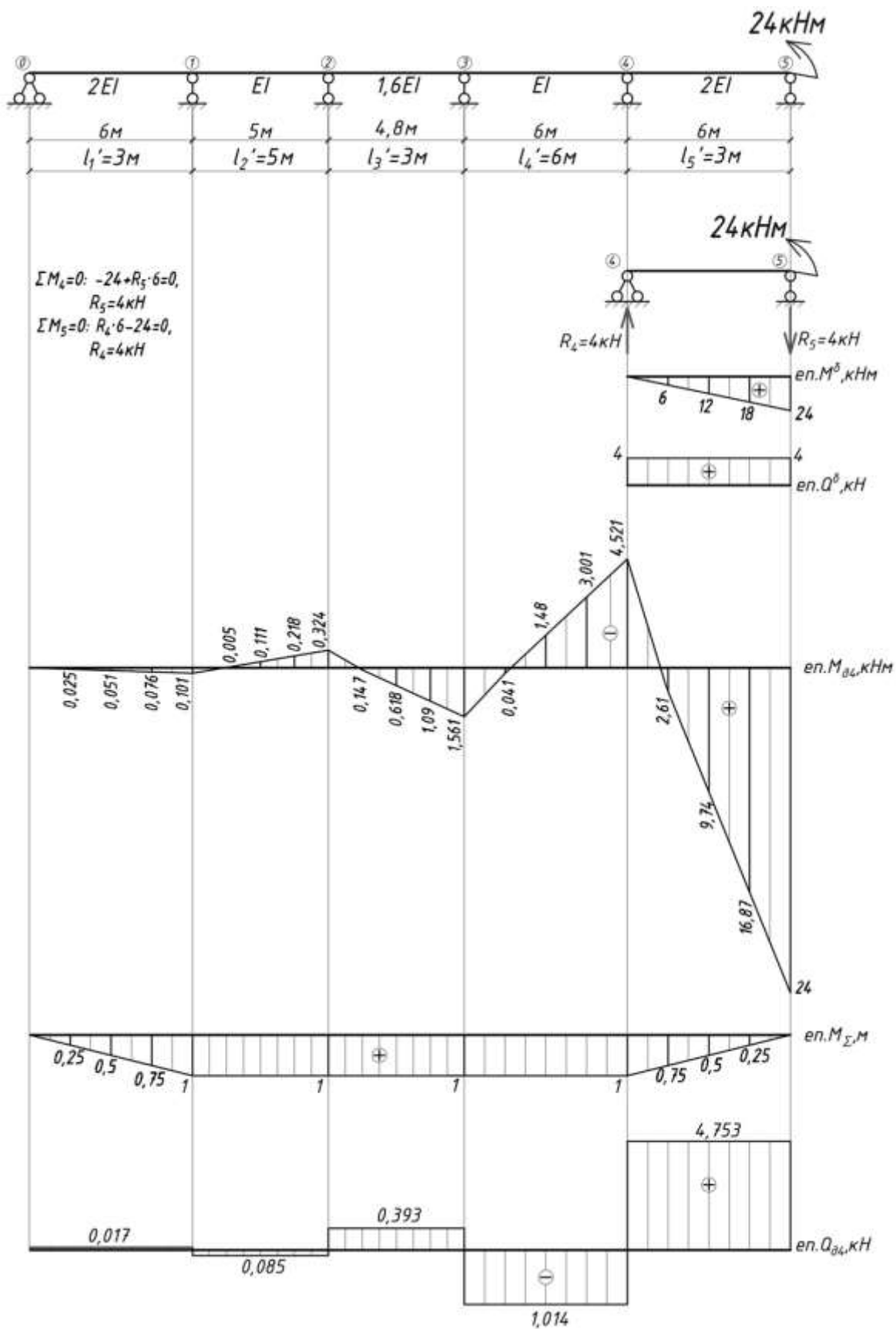
: : 4 : -1,01351 : -1,01351 : -1,01351 : -1,01351 : -1,01351

: : 5 : +4,75337 : +4,75337 : +4,75337 : +4,75337 : +4,75337

:-----

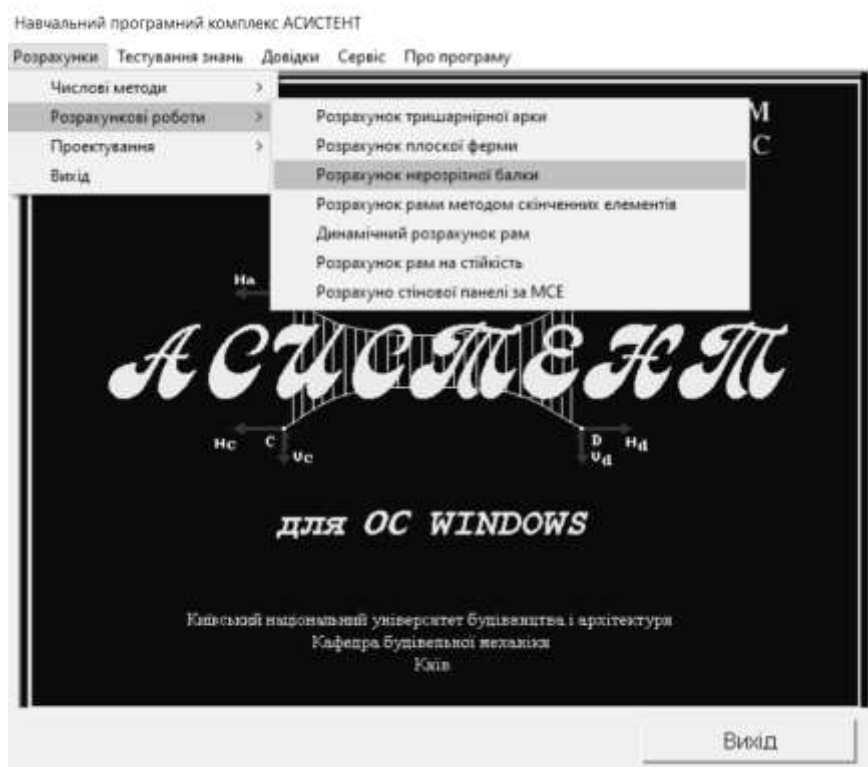
: Опорні реакції

: $R(0)=0,016$ $R(1)=-0,10$ $R(2)=0,477$ $R(3)=-1,40$ $R(4)=5,766$ $R(5)=-4,75$

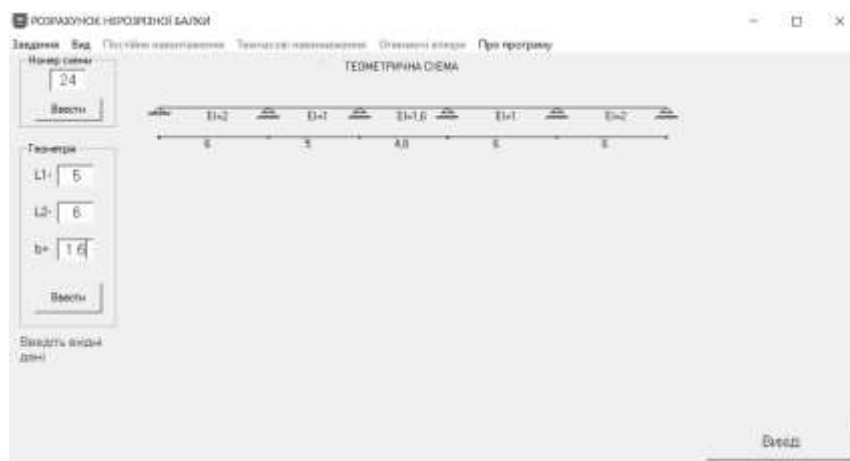


Інструкція для отримання роздруківки в НПК «ASSISTANT»

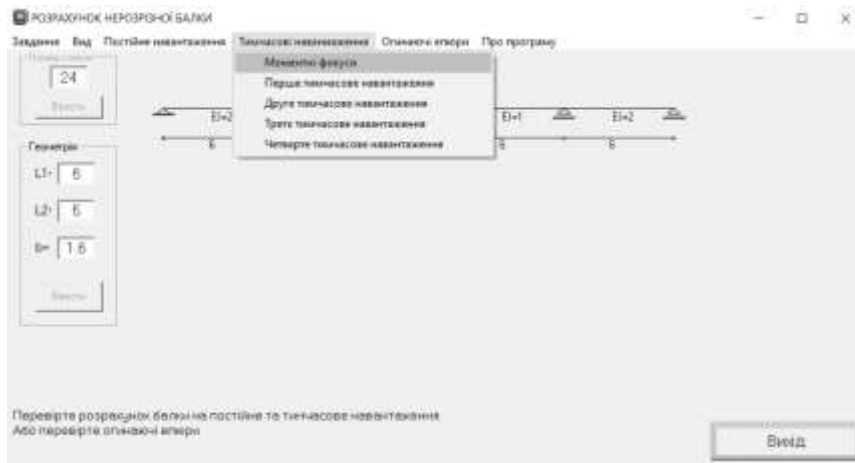
Для початку необхідно запустити програмний комплекс «ASSISTANT», вибрати спадне меню Розрахунки/Розрахункові роботи/Розрахунок нерозрізної балки:



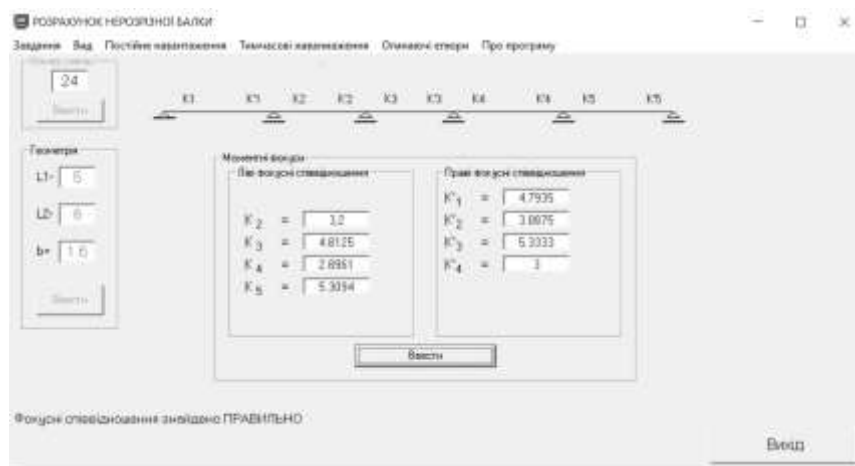
У відкритому вікні необхідно записати номер схеми по завданню, натиснути «Ввести» та ввести вихідні дані: довжини L_1 , L_2 та коефіцієнт для жорсткостей b , натиснути «Ввести». Після чого на екрані програма нарисує схему балки з відповідними довжинами прогонів та жорсткостями:



Після цього можна розпочинати перевірку результатів ручних розрахунків. Для початку необхідно перевірити правильність обчислення значень моментних фокусів. Для цього варто вибрати спадне меню «Тимчасові навантаження» / «Моментні фокуси»:



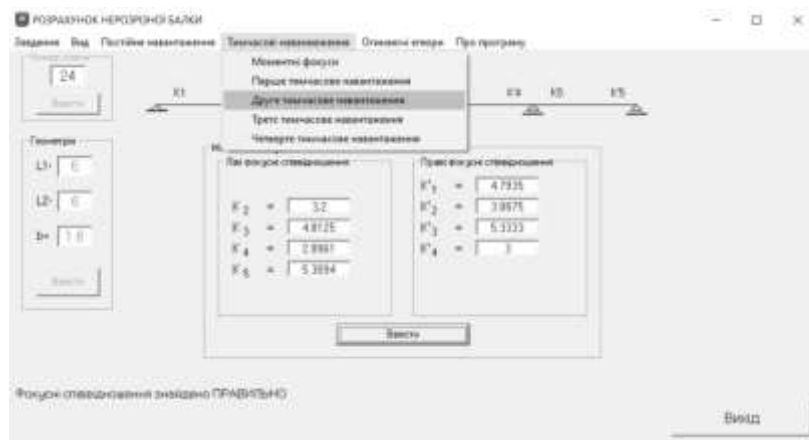
У зміненому вікні ввести обчислені значення для k та k' , натиснути «Ввести». Фокусні співвідношення, які дорівнюють нескінченності, програма запитувати не буде. Якщо всі числа обраховані вірно – програма напише: «Фокусні співвідношення знайдено ПРАВИЛЬНО»:



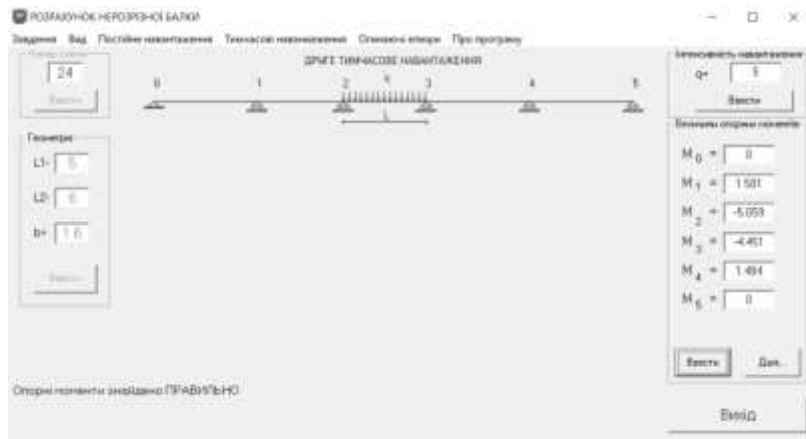
Якщо якийсь із чисел або всі відрізняються від правильних, програма повідомить про це та поставить знаки питання біля значень, які необхідно перерахувати:



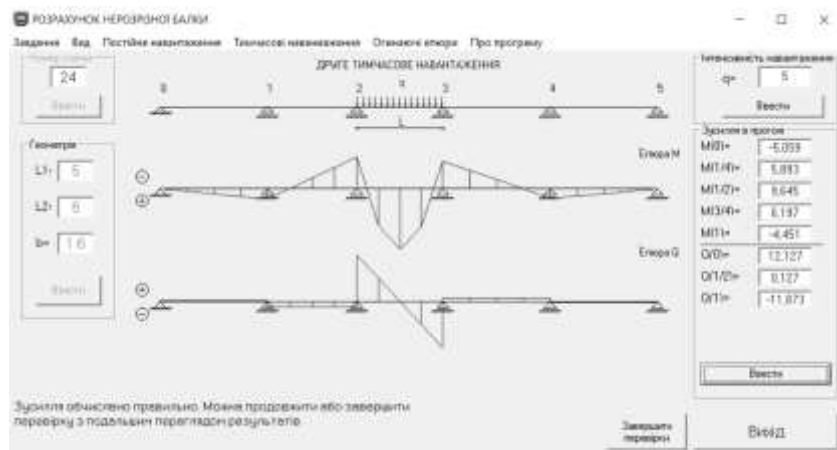
Щоб перевірити правильність визначення зусиль при дії одного тимчасового навантаження необхідно спочатку на заданій схемі балки визначити, яким по рахунку є дане навантаження. Для балки, яка розглядалась в прикладі: першим навантаженням є сила 18 kH , другим – розподілене навантаження 5 kH/м , третім – дві сили по 12 kH , четвертим – момент 24 kHм . Якщо необхідно перевірити зусилля, які виникають в конструкції від дії розподіленого навантаження, варто вибрати: Тимчасові навантаження/Друге тимчасове навантаження:



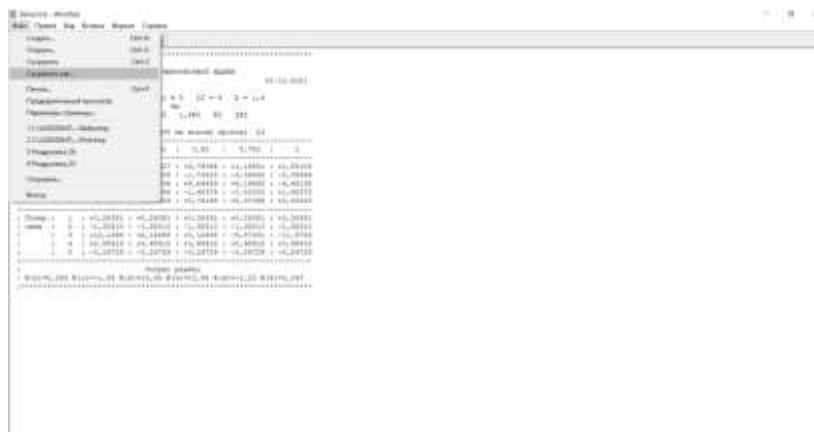
У вікні, де буде зображена схема балки з нумерацією опор і навантаженням, програма спочатку запитає величину навантаження, а, після натиснення кнопки «Ввести», обчислені значення опорних моментів, які можна перевірити, натиснувши знизу кнопку «Ввести». При записі значень варто дотримуватись правила знаків для балкових моментів: моменти, відкладені на епюрі знизу, вважаються додатними; відкладені зверху – від’ємними. У даному вікні цілі числа відокремлювати від десяткових треба комою, а не крапкою.



Якщо числа правильні, натиснувши «Далі», програма перейде до перевірки значень моментів і поперечних зусиль у прогоні, в якому прикладене навантаження (значення необхідно ввести з кроком $L/4$, де L – довжина навантаженого прогону). Якщо всі записані зусилля є правильними, програма на екрані нарисує епюри M_{θ} та Q_{θ} :



Числові значення ординат на епюрах можна дізнатись, натиснувши «Завершити перевірку» та обравши спосіб представлення результатів: «На екран» або «На друк». Одержані результати у новому відкритому вікні можна зберегти на диск, скориставшись спадним меню: «Файл» / «Сохранить как»:



Одержані роздруківки треба вкласти в роботу як частину РГР.

Завдання до виконання розрахунково-графічної роботи

1							
№	L_1	L_2	b	q_1	P	q_2	M
1	5,2	4	0,8	1,6	8	2	12
2	6	5	1	3	12	2,4	18
3	6,8	6	1,6	5	16	4	20
4	8	8,8	2,5	4,4	24	6	10

2						
№	L_1	L_2	b	q_1	P	q_2
1	5,2	4	0,8	1,6	8	2
2	6	5	1	3	12	2,4
3	6,8	6	1,6	5	16	4
4	8	8,8	2,5	4,4	24	6

3						
№	L_1	L_2	b	q	P_1	P_2
1	5,2	4	0,8	1,6	22	4
2	6	5	1	3	18	8
3	6,8	6	1,6	5	14	12
4	8	8,8	2,5	4,4	6	20

4						
№	L_1	L_2	b	q	P_1	P_2
1	5,2	4	0,8	1,6	22	4
2	6	5	1	3	18	8
3	6,8	6	1,6	5	14	12
4	8	8,8	2,5	4,4	6	20

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

5							
	N_o	L₁	L₂	b	a₁	P	a₂
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2	12
2	6	5	1	3	12	2.4	18
3	6.8	6	1.6	5	16	4	20
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6	10

6							
	N_o	L₁	L₂	b	P	a₁	a₂
1	5.2	4	0.8	8	1.6	2	
2	6	5	1	12	3	2.4	
3	6.8	6	1.6	16	5	4	
4	8	8.8	2.5	24	4.4	6	

7							
	N_o	L₁	L₂	b	a	P₁	P₂
1	5.2	4	0.8	1.6	22	4	
2	6	5	1	4	18	8	
3	6.8	6	1.6	5	14	12	
4	8	8.8	2.5	4.4	6	20	

8							
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	P₂	M
1	5.2	4	0.8	22	4	12	1.6
2	6	5	1	18	8	18	4
3	6.8	6	1.6	14	12	20	5
4	8	8.8	2.5	6	20	10	4.4

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

9						
	N_o	L₁	L₂	b	P	a₁
1	5.2	4	0.8	8	1.6	2
2	6	5	1	12	3	2.4
3	6.8	6	1.6	16	5	4
4	8	8.8	2.5	24	4.4	6

10							
	N_o	L₁	L₂	b	a₁	P	a₂
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2	12
2	6	5	1	3	12	2.4	18
3	6.8	6	1.6	5	16	4	20
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6	10

11						
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	a
1	5.2	4	0.8	22	1.6	4
2	6	5	1	18	3	8
3	6.8	6	1.6	14	5	12
4	8	8.8	2.5	6	4.4	20

12						
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	P₂
1	5.2	4	0.8	22	4	1.6
2	6	5	1	18	8	3
3	6.8	6	1.6	14	12	5
4	8	8.8	2.5	6	20	4.4

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

13						
	N_o	L₁	L₂	b	P	a₁
1	5.2	4	0.8	8	1.6	2
2	6	5	1	12	3	2.4
3	6.8	6	1.6	16	5	4
4	8	8.8	2.5	24	4.4	6

14						
	N_o	L₁	L₂	b	M	P
1	5.2	4	0.8	12	8	2
2	6	5	1	18	12	2.4
3	6.8	6	1.6	20	16	4
4	8	8.8	2.5	10	24	6

15						
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	a
1	5.2	4	0.8	22	1.6	4
2	6	5	1	18	3	8
3	6.8	6	1.6	14	5	12
4	8	8.8	2.5	6	4.4	20

16							
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	P₂	a
1	5.2	4	0.8	22	4	2	12
2	6	5	1	18	8	2.4	18
3	6.8	6	1.6	14	12	4	20
4	8	8.8	2.5	6	20	6	10

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

17							
	Nº	L_1	L_2	b	a_1	P	a_2
1	5.2	4	0.8	2	4	2	12
2	6	5	1	2.4	8	2.4	18
3	6.8	6	1.6	4	12	4	20
4	8	8.8	2.5	6	20	6	10

18							
	Nº	L_1	L_2	b	a_1	P	a_2
1	5.2	4	0.8	2	4	2	12
2	6	5	1	2.4	8	2.4	18
3	6.8	6	1.6	4	12	4	20
4	8	8.8	2.5	6	20	6	10

19							
	Nº	L_1	L_2	b	P_1	P_2	a
1	5.2	4	0.8	22	4	1.6	
2	6	5	1	18	8	3	
3	6.8	6	1.6	14	12	5	
4	8	8.8	2.5	6	20	4.4	

20							
	Nº	L_1	L_2	b	P_1	P_2	a
1	5.2	4	0.8	22	4	1.6	
2	6	5	1	18	8	3	
3	6.8	6	1.6	14	12	5	
4	8	8.8	2.5	6	20	4.4	

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

21								
	Nº	L_1	L_2	b	M	a_1	P	a_2
	1	5.2	4	0.8	12	2	4	2
	2	6	5	1	18	2.4	8	2.4
	3	6.8	6	1.6	20	4	12	4
4	8	8.8	2.5	10	6	20	6	

22							
	Nº	L_1	L_2	b	a_1	P	a_2
	1	5.2	4	0.8	1.6	8	2
	2	6	5	1	3	12	2.4
	3	6.8	6	1.6	5	16	4
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6	

23							
	Nº	L_1	L_2	b	P	M	a_1
	1	5.2	4	0.8	22	12	1.6
	2	6	5	1	18	18	3
	3	6.8	6	1.6	14	20	5
4	8	8.8	2.5	6	10	4.4	

24								
	Nº	L_1	L_2	b	P_1	a	P_2	M
	1	5.2	4	0.8	22	1.6	4	12
	2	6	5	1	18	4	8	18
	3	6.8	6	1.6	14	5	12	20
4	8	8.8	2.5	6	4.4	20	10	

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

25						
	Nº	L₁	L₂	b	a₁	P
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2
2	6	5	1	3	12	2.4
3	6.8	6	1.6	5	16	4
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6

26						
	Nº	L₁	L₂	b	a₁	P
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2
2	6	5	1	3	12	2.4
3	6.8	6	1.6	5	16	4
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6

27						
	Nº	L₁	L₂	b	a₁	P
1	5.2	4	0.8	1.6	22	12
2	6	5	1	3	18	18
3	6.8	6	1.6	5	14	20
4	8	8.8	2.5	4.4	6	10

28							
	Nº	L₁	L₂	b	P₁	a	P₂
1	5.2	4	0.8	22	1.6	4	12
2	6	5	1	18	4	8	18
3	6.8	6	1.6	14	5	12	20
4	8	8.8	2.5	6	4.4	20	10

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

29							
	N_o	L₁	L₂	b	M	P	a₁
1	5.2	4	0.8	12	4	2	2
2	6	5	1	18	8	2.4	2.4
3	6.8	6	1.6	20	12	4	4
4	8	8.8	2.5	10	20	6	6

30							
	N_o	L₁	L₂	b	P	a₁	a₂
1	5.2	4	0.8	8	1.6	2	
2	6	5	1	12	3	2.4	
3	6.8	6	1.6	16	5	4	
4	8	8.8	2.5	24	4.4	6	

31							
	N_o	L₁	L₂	b	a	P₁	P₂
1	5.2	4	0.8	1.6	22	4	12
2	6	5	1	4	18	8	18
3	6.8	6	1.6	5	14	12	20
4	8	8.8	2.5	4.4	6	20	10

32							
	N_o	L₁	L₂	b	a	P₁	P₂
1	5.2	4	0.8	1.6	22	4	12
2	6	5	1	4	18	8	18
3	6.8	6	1.6	5	14	12	20
4	8	8.8	2.5	4.4	6	20	10

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

33							
	N_o	L₁	L₂	b	a₁	P	M
1	5.2	4	0.8	2	4	12	2
2	6	5	1	2.4	8	18	2.4
3	6.8	6	1.6	4	12	20	4
4	8	8.8	2.5	6	20	10	6

34							
	N_o	L₁	L₂	b	a₁	P	a₂
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2	
2	6	5	1	3	12	2.4	
3	6.8	6	1.6	5	16	4	
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6	

35							
	N_o	L₁	L₂	b	P₁	P₂	a
1	5.2	4	0.8	22	4	1.6	12
2	6	5	1	18	8	4	18
3	6.8	6	1.6	14	12	5	20
4	8	8.8	2.5	6	20	4.4	10

36							
	N_o	L₁	L₂	b	a	P₁	P₂
1	5.2	4	0.8	1.6	22	4	12
2	6	5	1	4	18	8	18
3	6.8	6	1.6	5	14	12	20
4	8	8.8	2.5	4.4	6	20	10

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

37						
	Nº	L_1	L_2	b	a_1	P
1	5.2	4	0.8	1.6	8	2
2	6	5	1	3	12	2.4
3	6.8	6	1.6	5	16	4
4	8	8.8	2.5	4.4	24	6

38							
	Nº	L_1	L_2	b	a_1	P	a_2
1	5.2	4	0.8	2	4	2	12
2	6	5	1	2.4	8	2.4	18
3	6.8	6	1.6	4	12	4	20
4	8	8.8	2.5	6	20	6	10

39						
	Nº	L_1	L_2	b	a	P_1
1	5.2	4	0.8	1.6	22	4
2	6	5	1	3	18	8
3	6.8	6	1.6	5	14	12
4	8	8.8	2.5	4.4	6	20

40							
	Nº	L_1	L_2	b	P_1	P_2	M
1	5.2	4	0.8	22	4	12	1.6
2	6	5	1	18	8	18	4
3	6.8	6	1.6	14	12	20	5
4	8	8.8	2.5	6	20	10	4.4

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

Склад розрахунково-графічної роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначуваності балки.
2. Обчислити значення фокусних співвідношень.
3. Визначити внутрішні зусилля та побудувати епюри згинальних моментів M_0 та поперечних зусиль Q_0 в завантаженому прогоні від дії одного тимчасового навантаження.
4. Виконати кінематичну перевірку.
5. Визначити опорні реакції та перевірити статичну рівновагу балки.
6. Перевірити розрахунки за допомогою навчального комплексу «ASSISTANT».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баженов В.А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання: підручник / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов; за заг. ред. В.А. Баженова. – К.: ПАТ «ВІПОЛ», 2013. – 896 с.

2. Баженов В.А. Будівельна механіка: Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: навч. посібник / В.А. Баженов, Г.М. Іванченко, О.В. Шишов, С.О. Пискунов. – К.: Каравела, 2013. – 439 с.

3. Шишов О.В. Розрахунок нерозрізної балки: Індивідуальні завдання і методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з будівельної механіки / О.В. Шишов, Г.М. Іванченко. – К.:КНУБА, 2007. – 36 с.

Навчально-методичне видання

РОЗРАХУНОК НЕРОЗРІЗНОЇ БАЛКИ НА ДІЮ ТИМЧАСОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МЕТОДОМ МОМЕНТНИХ ФОКУСІВ

Методичні вказівки та індивідуальні завдання
до виконання розрахунково-графічної роботи
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Міське будівництво та господарство»

Укладачі: **КАРА** Ірина Дмитрівна,
КОСТИНА Олена Володимирівна,
НЕДІН Валентин Олегович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 08.09.2022. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 3,25. Обл.-вид. арк. 3,5.
Електронний документ. Вид. № 65/III-22

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.