

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів
і матеріалознавства

03-09-156М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до науково-дослідної практики та кваліфікаційної роботи
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІБА
Протокол № 7 від 15.04.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до науково-дослідної практики та кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання. [Електронне видання] / Бордюженко О. М., Безусяк О. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 25 с.

Укладачі:

Бордюженко О. М., к.т.н, доцент, доцент кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства;
Безусяк О. В., к.т.н., завідувач лабораторії кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д.т.н., проф., завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення ОП Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»: Дворкін Л. Й.

© О. М. Бордюженко,
О. В. Безусяк, 2025
© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

	Стор.
Передмова	4
1. Призначення випробувальної машини	4
2. Основні технічні дані й характеристики	4
3. Основні елементи навантажувального пристрою	6
4. Випробування зразків	13
5. Обробка результатів	16
Рекомендована література	19
Додаток А	20

ПЕРЕДМОВА

Дані методичні вказівки призначені для ознайомлення здобувачів вищої освіти з будовою та правилами експлуатації випробувальної машини FP 100/1 і забезпечення охорони праці та безпеки життєдіяльності при виконанні експериментальних науково-дослідних та лабораторних робіт.

1. Призначення випробувальної машини

За допомогою випробувальної машини FP 100/1 можуть визначатися характеристики міцності та деформації твердих матеріалів при розтягуючих, стискаючих та згинаючих навантаженнях. Завдяки великому діапазону швидкостей випробувань, наявності взаємозамінних затискних пристроїв вона придатна для випробування металів, пластмас, гум, текстильних матеріалів, дерева, паперу та в'язучих речовин.

2. Основні технічні дані й характеристики

Найбільше граничне навантаження, кН	100
число поділок шкали циферблату	100
ціна поділки шкали циферблату, кН при навантаженні, кН:	
від 0 до 10	0,1
від 0 до 20	0,2
від 0 до 40	0,4
від 0 до 100	1,0
границя допустимої похибки, кН при масі, кН:	
від 0 до 10	±0,5
від 0 до 20	±0,1
від 0 до 40	±0,2
від 0 до 100	±0,5
діапазон швидкості переміщення навантажувальної балки, мм/хв.	0...600
висота робочого простору, мм	935
відстань між колонами, мм	450
напруга електричного живлення, В	380
частота електричного живлення, Гц	50
споживча потужність, кВт	5,0
габаритні розміри шафи керування, мм:	
ширина	1050

довжина	990
висота	2110
габаритні розміри навантажувального пристрою, мм:	
ширина	1050
довжина.	850
висота	2300
маса шафи керування, кг	650
маса навантажувального пристрою, кг	700
умови навколишнього середовища:	
допустимий діапазон температур, °C	20±5
вологість повітря, %	від 55 до 65

На рис. 1 наведено загальний вид випробувальної машини FP 100/1. Вона складається з навантажувального пристрою, шафи керування та оснащення, в даному випадку, для випробування зразків будівельних матеріалів при стиску.



Рис. 1. Загальний вид випробувальної машини FP 100/1

1 – шафа керування; 2 – карданный вал приводного пристрою; 3 – навантажувальний пристрій; 4 – колона нижньої опорної тарілки; 5 – електронний динамометр DRUCK KMW 100 кН; 6 – навантажувальна балка; 7 – рубильник живлення електричним струмом напругою 380 В

3. Основні елементи навантажувального пристрою

На рис. 2 наведено основні елементи навантажувального пристрою.



Рис. 2. Загальний вид навантажувального пристрою

1 – кришка електронних блоків; 2 – верхній ригель навантажувальної рами; 3 – права стійка навантажувальної рами; 4 – основа навантажувальної рами; 5 – ліва стійка навантажувальної рами; 6 – колона нижньої опорної тарілки; 7 – навантажувальна балка; 8 – ніша навантажувальної балки для монтажу необхідного змінного випробувального оснащення; 9 – панель керування рухом навантажувальної балки

У навантажувальному пристрої відбувається безпосередньо процес випробування зразка. Робоча частина навантажувального пристрою з оснащенням для випробування матеріалу на стиск наведено на рис. 3.



Рис. 3. Робоча частина навантажувального пристрою
 1 – електронний динамометр Druck KMW 100 кН; 2 – верхня навантажувальна тарілка; 3 – гвинт кріплення верхньої навантажувальної тарілки; 4 – піногіпсовий зразок-куб; 5 – нижня опорна тарілка

Рух навантажувальної балки здійснюється за допомогою панелі керування, яка наведена на рис. 4.

При натисканні кнопки, позначеної стрілкою вниз [↓], навантажувальна балка переміщується вниз, а при натисканні червоної кнопки [СТОП] вона зупиняється. При натисканні кнопки, позначеної стрілкою вверх [↑], навантажувальна балка переміщується вверх. Зміна напрямку руху навантажувальної балки виконується з обов'язковим попереднім натисканням кнопки [СТОП].

Цифровий індикатор 5 визначає вертикальне положення навантажувальної балки. Повернення цифрового індикатора в нульове положення здійснюється за допомогою кнопки 4.

Верхній 7 і нижній 10 обмежувачі, які знаходяться на вертикальній металевій лінійці, створюють між собою безпечну робочу зону руху навантажувальної балки. Створення безпечної робочої зони є обов'язковим.

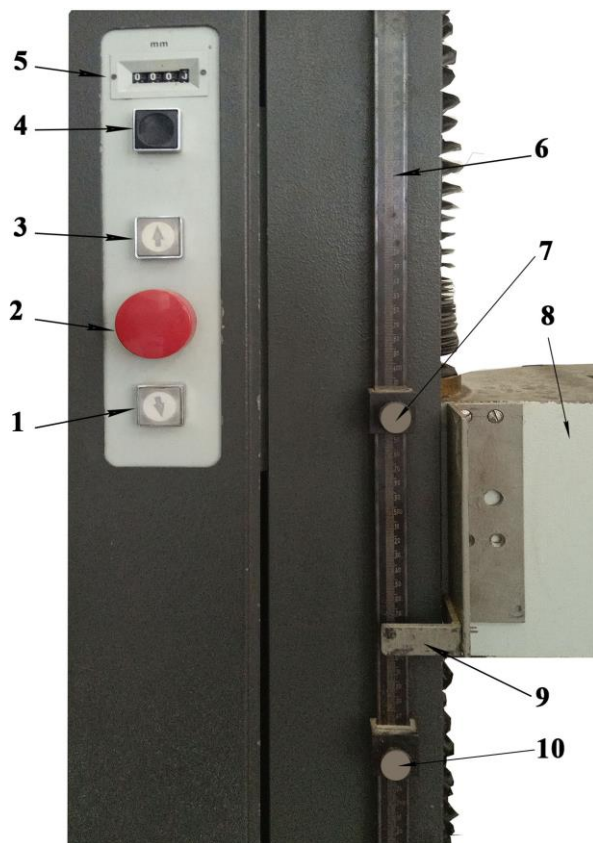


Рис. 4. Панель керування рухом навантажувальної балки

1 – кнопка руху навантажувальної балки вниз [↓]; 2 – кнопка зупинення руху навантажувальної балки [СТОП]; 3 – кнопка руху навантажувальної балки вверх [↑]; 4 – кнопка повернення відліку цифрового індикатора вертикального положення навантажувальної балки в нульове положення; 5 – цифровий індикатор визначення вертикального положення навантажувальної балки; 6 – лінійка індикації вертикального положення навантажувальної балки; 7 – обмежувач руху навантажувальної балки вверх; 8 – навантажувальна балка; 9 – фіксатор індикації відліку вертикального положення навантажувальної балки; 10 – обмежувач руху навантажувальної балки

вниз

На рис. 5 наведено загальний вид шафи керування.



Рис. 5. Загальний вид шафи керування

1 – панель силовимірювального пристрою; 2 – головний вимикач; 3 – панель перемикання швидкості; 4 – карданний вал приводного пристрою

За допомогою цієї шафи відбувається керування процесом випробування зразків та визначення міцнісних величин.

Руйнування зразків виконується навантажувальною балкою, рух якої здійснюється приводним пристроєм. Приводний пристрій керується за допомогою панелі перемикання швидкості 3.

Панель перемикання швидкості руху навантажувальної балки наведена на рис. 6.



Рис. 6. Панель перемикання швидкості руху навантажувальної балки

1 – важіль перемикання швидкості в положення I або II; 2 – важіль перемикання швидкості в положення III або IV

Панель перемикання має чотири діапазони швидкостей. Необхідна швидкість руху навантажувальної балки встановлюється за допомогою важелів перемикання швидкості 1 і 2 згідно табл. 1.

Таблиця 1

Діапазон швидкостей <i>мм/хв</i>	Положення важеля 1	Положення важеля 2
0,02...0,84	I	III
0,15...6,00	II	III
2,1...84,00	I	IV
15,00...6000.00	II	IV

Значення діючого і руйнівного на зразок зусилля визначають за допомогою силовимірювального пристрою, панель якого наводиться на рис. 7.

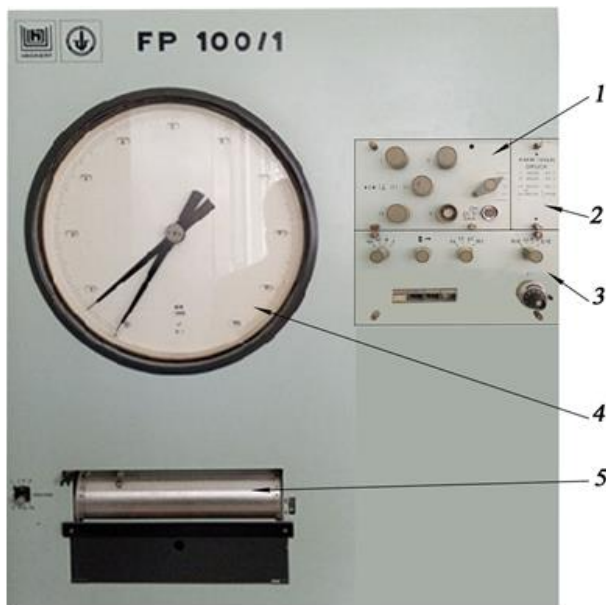


Рис. 7. Панель силовимірювального пристрою:

1 – блок керування силовимірювальним пристроєм; 2 – блок діючих зусиль; 3 – блок приводного пристрою; 4 – циферблатний індикатор діючого зусилля; 5 – записуючий пристрій

Блоки силовимірювального пристрою наведені на рис. 8.

Перемикач програм приводного пристрою 5 має чотири положення:

- R/E – швидкість навантажувальної балки при руйнуванні зразка регулюється, зворотний хід прискорений;
- $\downarrow\uparrow$ – швидкість навантажувальної балки при руйнуванні зразка регулюється, зворотний прискорений хід виконується автоматично після руйнування зразка;
- R/R – швидкість навантажувальної балки при руйнуванні зразка регулюється, зворотний хід теж регулюється;
- E/E – швидкість навантажувальної балки при руйнуванні зразка прискорена, зворотний хід теж прискорений.

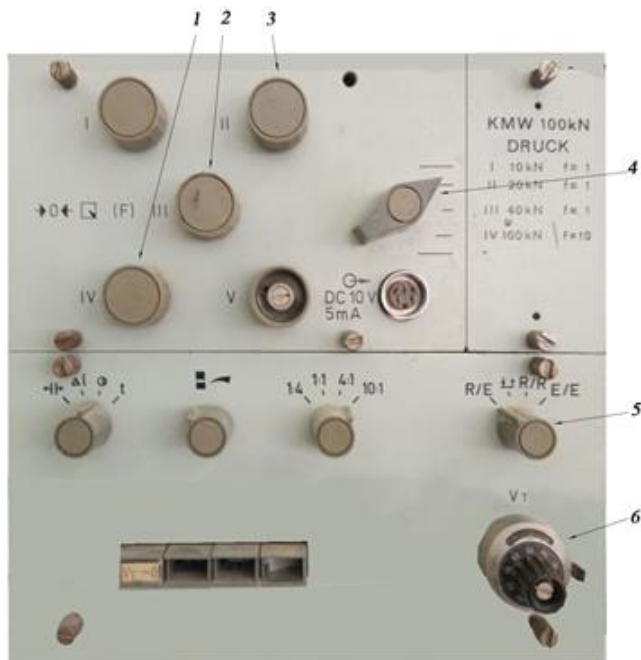


Рис. 8. Блоки силовимірювального пристрою:

- 1 – потенціометр встановлення стрілки індикації діючого зусилля в нульове положення при максимальному зусиллі 100 кН; 2 – потенціометр встановлення стрілки індикації діючого зусилля в нульове положення при максимальному зусиллі 40 кН; 3 – потенціометр встановлення стрілки індикації діючого зусилля в нульове положення при максимальному зусиллі 20 кН; ; 4 – перемикач діючих зусиль; 5 – перемикач програм приводного пристрою; 6 – регулятор швидкості переміщення навантажувальної балки в межах, встановленого діапазону на панелі перемикання швидкості

Величина діючого зусилля на зразок безперервно відображається на круговій шкалі циферблатного індикатора, приведенного на рис. 9.



Рис. 9. Циферблатний індикатор діючого і руйнівного на зразок зусилля

1 – циферблатний диск; 2 – кругова шкала; 3 – ціна поділки кругової шкали; 4 – стрілка індикації діючого на зразок зусилля; 5 – стрілка індикації руйнівного зусилля зразка

4. Випробування зразків

Використання випробувальної машини FP 100/1 можна продемонструвати на наступному прикладі.

Завдання: визначити міцність піногіпсу на стиск на основі випробування серії зразків-кубів з розміром ребра 100 см в кількості 6 штук.

Визначення міцності бетону за стиском виконують згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 "Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками".

1. Перед випробуваннями зразки підлягають візуальному огляду для виявлення наявності дефектів у вигляді околів ребер,

раковин та чужорідних включень. Зразки, які мають тріщини, околи ребер завглибшки більше 10 мм, раковини діаметром більше 10 мм і завглибшки більше 5 мм а також сліди розшарування та недоущільнення бетонної суміші, випробуванням не підлягають. Напливи бетону на ребрах опорних граней зразків видаляють напилком та абразивним каменем.

2. На зразках вибирають і позначають грані, до яких прикладають зусилля під час навантаження. Грані, на які здійснені обпирання відформованих зразків-кубів, вибирають так, щоб стискаюча сила під час випробувань була спрямована паралельно до шарів формування піногіпсової суміші в форми.

3. За допомогою вмикання електричного рубильника 7 (рис.1) і головного вимикача 2 (рис.5) випробувальну машину приводимо у робочий стан.

4. За допомогою верхнього 7 і нижнього 10 обмежувачів, які знаходяться на вертикальній металевій лінійці 6 (рис.4), встановлюють безпечну робочу зону руху навантажувальної балки. Створення безпечної робочої зони є обов'язковим.

5. За допомогою важелів 1 і 2 (рис. 6) встановлюють, згідно відповідного ДСТУ, діапазон швидкостей 15,00...6000.00 мм/хв, а потенціометром 6 (рис. 8) швидкість руху навантажувальної балки, що забезпечить підвищення розрахункового напруження на стиск в об'ємі зразка до його повного руйнування в межах $(0,4 \pm 0,6)$ МПа/с.

6. Перемикачем діючих зусиль 4 (рис. 8) встановлюють зусилля 40 кН, яке в даному випадку охоплює очікуване руйнівне навантаження в межах від 20 до 80%.

7. За допомогою потенціометра 2 (рис. 8), який відповідає максимальному зусиллі 40 кН встановлюють стрілку індикації діючого зусилля 4 (рис. 9) в нульове положення.

8. Натисканням кнопки 5 (рис. 4), стрілку індикації руйнівного зусилля 5 (рис. 9) встановлюють у вихідне положення.

9. Зразок, який підлягає випробуванню, встановлюють на нижню опорну тарілку 5 (рис.3).

10. Натисканням кнопки, позначеної стрілкою вниз [↓] переміщують навантажувальну верхню тарілку 2 (рис 4) до поверхні зразка 4 (рис.3).

11. При досягненні навантажувальною тарілкою поверхні зразка натискають кнопку [СТОП] (рис. 4).

12. Натискнувши кнопку, позначеної стрілкою вниз [↓] (рис. 4), спостерігають за процесом руйнування зразка.

13. Після руйнування зразка нажимають кнопку [СТОП] (рис. 4).

14. Знімають показання стрілки індикації руйнівного зусилля 5 (рис. 9) і записують в журнал.

15. Зруйнований зразок піддається візуальному огляду з занесенням до журналу випробування такої інформації:

а) характер руйнування (рис. 10);

б) наявність великих (об'ємом більше ніж 1 см^3) раковин у середині зразка;

с) наявність зерен заповнювача, розмір яких у 1,5 раза перевищує найбільший номінальний розмір заповнювача;

д) наявність грудок глини та слідів розшарування.

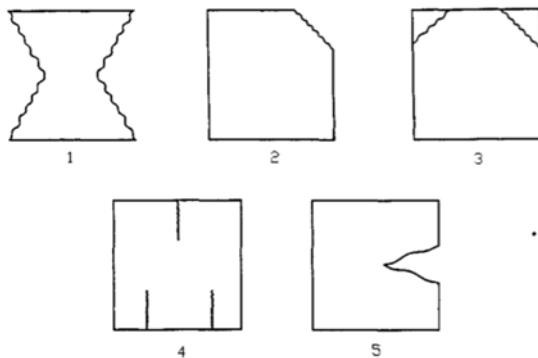


Рис. 10. Схеми характеру руйнування зразків

1 – нормальне руйнування; 2, 3, 4, 5 – види дефектного руйнування

16. Значення руйнівного навантаження випробуваного зразка, що має перелічені дефекти структури і невідповідний характер руйнування (рис. 10) записують у журнал випробувань, але при обробці результатів не враховують.

17. Залишки зруйнованого зразка щіткою змітають з опорної та навантажувальної тарілок у ємність для зруйнованих зразків.

18. Випробовування наступного зразка виконують шляхом повторення пунктів 7 – 17.

19. Після закінчення випробувань вимикають головний вимикач 2 (рис. 5) та електричний рубильник 7 (рис. 1).

Результати випробувань оформляють протоколом випробувань, зміст якого наведений в табл. 2.

Таблиця 2

Результати випробувань зразків-кубів піно гіпсу при стиску

Но- мер зра- зка	Розміри зразків, мм			Маса	Гус- тина	Зусил- ля	Харак- тер руйну- вання	Міц- ність
	a	b	h	г	кг/м ³	кН		МПа
1	100	100	100	905	905	27	1	2,6
2	100	100	99	860	868	24	1	2,3
3	100	100	101	933	924	29	1	2,7
4	100	100	100				окопи ребер >10 мм	
5	100	100	101	951	942	30	d	
6	100	100	99	842	850	23	1	(2,2)
						Середнє		2,6

5. Обробка результатів

Міцність піногіпсу на стиск розраховують з точністю до 0,1 МПа для кожного *i*-того зразка-куба за формулою

$$f_{ci.cube} = (\alpha F k_w) / A = (\alpha F k_w) / (a \times h), \quad (1)$$

де F – руйнівне навантаження, Н; A – площа робочого перерізу зразка, мм², $A = (a \times h)$ або $A = (b \times h)$; значення довжини ребра a чи b приймають в залежності від вибраної, згідно пункту 2, грані куба, до якої мають прикладатись зусилля

під час навантаження.; α – масштабний коефіцієнт для приведення міцності бетону до міцності бетону в зразках базового розміру та форми; при випробовуванні зразків-кубів з розміром ребра 100 мм значення масштабного коефіцієнта згідно табл. 3 дорівнює $\alpha = 0,95$; k_w – поправочний коефіцієнт для ніздрюватого бетону (в даному випадку піногіпсу), який при вологості $W\%=10\%$ зразків-кубів на момент випробування згідно табл. 4 дорівнює $k_w=1$.

Таблиця 3

**Значення масштабних коефіцієнтів α
для окремих видів бетонів**

Форма і розміри зразків, мм	Масштабні коефіцієнти
Куб із розміром ребра або квадратна призма із розміром сторони:	
70	0,85
100	0,95
150	1,00
200	1,05
300	1,10

Таблиця 4

Значення коефіцієнта k_w для ніздрюватих бетонів

Вологість ніздрюватого бетону за масою на момент випробувань $W\%$	0	5	10	15	20	25 і більше
K_w	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,15

Значення масштабних коефіцієнтів слід визначити експериментально згідно з додатком Л [ДСТУ Б В.2.7-214-2002].

Для деяких видів бетонів допускається значення масштабних коефіцієнтів приймати за табл. 3 [пп. 8.2, ДСТУ Б В.2.7-214-2002].

Міцність першого зразка-куба згідно формули (1), розрахунок приведено в якості прикладу, становить

$$f_{c1.cube} = (\alpha F k_w) / (ah) = \\ = (0,95 \times 27000 \times 1) / (100 \times 100) = 2,6 \text{ МПа}$$

Міцність бетону у серії зразків визначають як середнє арифметичне значення в серії:

- з двох зразків – за двома зразками;
- з трьох зразків – за двома зразками з найбільшою міцністю;
- з чотирьох зразків – за трьома зразками з найбільшою міцністю;
- з шести зразків – за чотирма зразками з найбільшою міцністю.

У разі відбракування дефектних зразків міцність бетону в серії зразків визначають за всіма зразками, що залишилися, якщо їх не менше двох. Результати випробувань серії з двох зразків у разі відбракування одного зразка не враховують.

Міцність важкого бетону партії обчислюють за формулою

$$f_{c,cube} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci,cube}}{n}, \quad (2)$$

де $f_{ci,cube}$ – одиничне значення міцності бетону, МПа; n – загальна кількість одиничних значень міцності бетону в партії.

У нашому випадку четвертий зразок має околи ребер >10 мм, а п'ятий – дефект d (наявність слідів розшарування).

Розрахунок міцності піногіпсу виконано на основі чотирьох зразків, тобто за трьома зразками з найбільшою міцністю. Міцність шостого зразка мінімальна $f_{c6.cube} = 2,2$ МПа, тому при розрахунку не враховується.

$$f_{c,cube} = \frac{2,6 + 2,3 + 2,7}{3} = 2,6 \text{ МПа.}$$

Висновок. Міцність партії піногіпсу на стиск на основі випробування серії зразків-кубів розміром ребра 100 мм в кількості 6 штук становить 2,6 МПа.

Рекомендована література

1. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Основи бетонознавства, К. : Основа, 2007. 616 с.
4. Перевірка відповідності та оцінка міцності бетону на стиск за національними та європейськими стандартами : монографія / авт. кол. Пушкарьова К., Шейніч Л., Приймаченко А., Чайковський В. Київ : Видавництво Ліра, 2024. 100 с.

Додаток А

Налаштування випробувальної машини FP 100/1 для випробування зразків на стиск

При налаштуванні випробувальної машини FP100/1 для випробування зразків на стиск використовують наступні змінні пристрої та елементи випробувальної машини:

1. Блок зусиль DRUCK KMW 100 кН



Рис. А-1. Блок зусиль DRUCK KMW 100 кН

1 – гвинт кріплення блока в ніші шафи керування

Блок зусиль DRUCK KMW 100 кН призначений для встановлення за допомогою перемикача 4 (рис. 8) зусилля, яке забезпечить руйнування зразка.

2. Електронний динамометр Druck KMW 100



Рис. А-2. Електронний динамометр Druck KMW 100:

1 – електронний динамометр Druck KMW 100; 2 – верхня навантажувальна тарілка; 3 – гвинт кріплення

3. Ніша навантажувальної балки для розміщення електронного динамометра

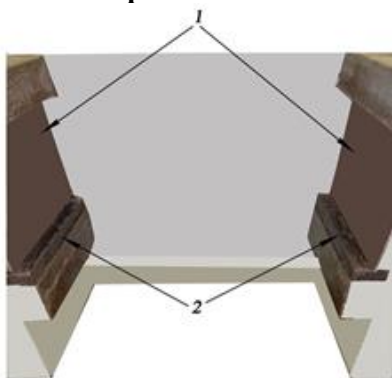


Рис. А-3. Ніша навантажувальної балки для розміщення електронного динамометра

1 – пази у вигляді ластівчаного хвоста; 2 – пластини ковзання

4. Пластина-ковзання (показана її нижня поверхня)



Рис. А-4. Пластина ковзання
1 – виїмка під стопорний гвинт

Схема кріплення електронного динамометра в ніші навантажувальної балки показана на рис. А-5.



Рис. А-5. Схема кріплення електронного динамометра в ніші навантажувальної балки
1 – стопорні гвинти

Схема кріплення електронного динамометра в ніші навантажувальної балки стопорними гвинтами пластин-ковзання показана на рис. А-6.

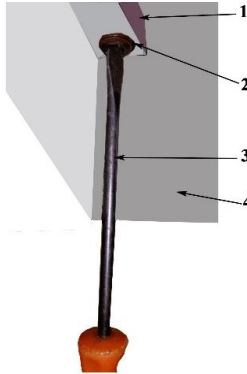


Рис. А-6. Схема кріплення електронного динамометра в ніші навантажувальної балки стопорними гвинтами пластин-ковзання

1 – пластина-ковзання; 2 – стопорний гвинт; 3 – викрутка 4 – ніша навантажувальної балки

Схема з'єднання гніздової колодки кабеля електронного динамометра 2 з гніздовою колодкою навантажувального пристрою 1 та її закріплення фіксатором 3 показана на рис. А-7.



Рис. А-7. Схема з'єднання гніздової колодки кабеля електронного динамометра з гніздовою колодкою кабеля навантажувального пристрою

1 – гніздова колодка навантажувального пристрою; 2 – гніздова колодка електронного динамометра; 3 – фіксатор

З'єднання знаходиться під кришкою верхньої балки навантажувальної рами.

Порядок монтажу наступний:

1. Рубильник живлення і головний вимикач повинні бути вимкнутими.

2. Блок діючих зусиль DRUCK KMW 100 кН вставляють і фіксують двома гвинтами в шафі керування.

3. В нішу навантажувальної балки вставляють електронний динамометр DRUCK KMW 100 кН.

4. За допомогою викрутки чотирма стопорними гвинтами закріплюють динамометр пластинами-ковзання.

5. З'єднують гніздову колодку кабеля електронного динамометра з гніздовою колодкою навантажувального пристрою і закріплюють її фіксатором.