

**В.А. Пашинський**, проф., д-р техн. наук, **М.В. Пашинський**, канд. техн. наук,  
**В.В. Дарієнко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*  
e-mail: [pva.kntu@gmail.com](mailto:pva.kntu@gmail.com)

## Метрологічне забезпечення контролю технічних характеристик будівельних матеріалів і виробів

На основі теорії похибок та методу лінеаризації функцій випадкових величин отримані робочі формули для оцінювання імовірних похибок експериментального визначення середньої густини, вологості, водопоглинання та міцності при стиску будівельних матеріалів на зразках правильної геометричної форми. Отримані формули дозволяють обґрунтовано вибрати засоби вимірювань з урахуванням необхідної точності визначення технічних характеристик.

**будівельні матеріали, технічні характеристики, випробування, імовірні похибки**

**Постановка проблеми.** Основні технічні характеристики різноманітних будівельних матеріалів і виробів (середня густина, водопоглинання, міцність при стиску) визначаються експериментальним шляхом. Контрольні випробування виконують за стандартними методиками, які регламентують форму, розміри та кількість зразків, необхідні засоби вимірювань, порядок проведення випробувань та опрацювання результатів. При виконанні наукових досліджень та в деяких інших випадках виникає необхідність випробувань зразків нестандартних розмірів. Така необхідність може обумовлюватися неможливістю отримання зразків стандартних розмірів або проведенням масових випробувань десятків чи сотень зразків з метою імовірнісного подання результатів. У таких випадках постає проблема вибору засобів вимірювання вхідних параметрів, точність яких забезпечить оцінювання результируючих технічних характеристик з допустимими похибками.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методи визначення вказаних вище технічних характеристик різних матеріалів встановлені відповідними стандартами, які з урахуванням особливостей матеріалів регламентують необхідну форму, розміри та порядок підготовки зразків, точність вимірювань розмірів, маси та інших вхідних параметрів, порядок проведення випробувань та обробки результатів. Характерними прикладами є Державні стандарти [1, 2, 3], які відображають сутність методів визначення середньої густини, вологості, водопоглинання та міцності при стиску будівельних розчинів, бетонів та інших матеріалів.

Прикладом випробувань зразків нестандартних розмірів можуть служити наші роботи [4, 5], у яких за результатами випробувань понад 400 зразків будівельної кераміки у формі куба з ребром 2 см отримані закони розподілу середньої густини, водопоглинання та міцності при стиску, а також встановлена залежність показника морозостійкості від ступеню насичення пор водою. Отримані результати дозволили в роботі [6] спрогнозувати довговічність цегляних стін за критерієм втрати морозостійкості поверхневого шару в реальних кліматичних умовах України.

Технічні характеристики будівельних матеріалів, визначені методами [1, 2, 3], є результатами непрямих вимірювань, точність яких залежить від точності визначення

безпосередньо виміряних вхідних параметрів. Загальна методика оцінювання невизначеності результатів непрямих вимірювань досить детально викладена в нормативних документах [7, 8], посібнику [9] та в інших джерелах. Методика базується на оцінюванні статистичних характеристик випадкової величини результату непрямого вимірювання через статистичні характеристики випадкових величин вхідних параметрів. В типовому випадку нелінійної функції вимірювання ця операція виконується викладеним в [9] методом лінеаризації функцій випадкових величин.

Показана в [4, 5] необхідність випробувань зразків будівельних матеріалів нестандартних розмірів обумовлює потребу в отриманні конкретних робочих формул для оцінювання імовірних похибок результатів експериментального визначення міцності при стиску, густини, вологості та водопоглинання будівельних матеріалів на зразках правильної геометричної форми.

**Постановка завдання.** Мета даної роботи полягає в отриманні робочих формул для оцінювання імовірних відносних похибок визначення технічних характеристик будівельних матеріалів при випробуваннях зразків правильної геометричної форми.

Методика оцінювання невизначеності та імовірних похибок. Розглядаються встановлені в [1, 2, 3] та в інших стандартах способи визначення міцності при стиску, середньої густини, вологості та водопоглинання на зразках будівельних матеріалів правильної геометричної форми. В усіх випадках вказані характеристики є результатами непрямих вимірювань, які обчислюються через вхідні параметри: розміри зразків, масу зразків, руйнівне зусилля при випробуваннях на стиск. Як вхідні параметри, так і результуючі технічні характеристики є випадковими величинами, ступінь невизначеності яких виражається стандартами розподілів або імовірними відносними похибками, що відповідають заданій забезпеченості результату. Оцінювання невизначеності результатів непрямих вимірювань технічних характеристик будівельних матеріалів базується на загальній методиці [7, 8] та відомому методі лінеаризації функцій випадкових величин [9].

За наявності вибірок достатнього обсягу стандартні невизначеності вхідних параметрів, які безпосередньо вимірюються під час випробувань, можна встановити шляхом статистичної обробки за методикою [6]. Враховуючи незначну кількість випробувань зразків однієї серії, яка вимагається стандартами [1, 2] та іншими, більш реальним способом є використання ціни поділки засобу вимірювання (лінійки, штангенциркуля, терезів, випробувальної машини тощо). Виходячи з рівномірного розподілу [9] результату вимірювання в межах ціни поділки засобу вимірювання  $D_k$ , стандартна невизначеність результату безпосереднього вимірювання  $k$ -того вхідного параметра дорівнює:

$$S_k = D_k / \sqrt{12} \approx 0,3 \cdot D_k. \quad (1)$$

Рівняння випробування, за яким обчислюють необхідну технічну характеристику  $Y$  як результат непрямого вимірювання через  $L$  виміряних вхідних параметрів  $X_k$ , має загальний вигляд

$$Y = \varphi(X_1 \dots X_k \dots X_L), \quad (2)$$

який конкретизується відповідно до стандартного методу визначення кожної технічної характеристики. Як правило, рівняння (2) є нелінійним відносно вхідних параметрів  $X_k$ .

Шукане значення технічної характеристики  $Y$  є функцією випадкових величин  $X_k$  і також представляє собою випадкову величину. Математичне сподівання результуючої випадкової величини  $Y$  визначається шляхом підстановки до конкретного виразу

рівняння випробувань (2) безпосередньо вимірюваних значень вхідних параметрів  $X_k$ . Стандарт (стандартна невизначеність) результату перетворення (2) можна визначити шляхом лінеаризації функції (2) за методикою [9]. Для цього необхідно знайти частинні похідні конкретизованого виразу (2) по кожному з вхідних параметрів  $X_k$  і підставити їх до загальної формули, наведеної в [7, 8, 9]

$$S_Y = \sqrt{\sum_{k=1}^L \left( \frac{\partial \varphi}{\partial X_k} \right)^2 S_k^2} \quad (3)$$

та виконати необхідні алгебраїчні перетворення і спрощення. Результатом буде робоча формула для обчислення стандартної невизначеності  $S_Y$  технічної характеристики матеріалу, визначеної стандартним методом непрямого вимірювання з урахуванням випадкових похибок вимірювань вхідних параметрів.

Імовірна відносна похибка результату вимірювання (у відсотках) визначається, виходячи із закону нормального розподілу [9] шуканої технічної характеристики:

$$\Delta_Y = 100 \cdot t_\beta \cdot S_Y / M_Y. \quad (4)$$

де  $t_\beta$  – аргумент функції нормального розподілу, що відповідає забезпеченості  $\beta$ ;

$M_Y$  – середнє або фактично отримане значення дослідженого параметра;

$S_Y$  – стандартна невизначеність результату непрямого вимірювання за (3).

Значення  $t_\beta$  встановлюється для двосторонньої забезпеченості. Зокрема, при  $t_\beta = 1,64$  отримуємо забезпеченість результату  $\beta = 0,9$ , при  $t_\beta = 1,96$  –  $\beta = 0,95$ , а при  $t_\beta = 2,58$  –  $\beta = 0,99$ . Це означає, що відносна похибка результату визначення технічної характеристики не перевищує значення (4) для 90%, 95% чи 99% випадків.

Робочі формули для оцінювання імовірних похибок результатів непрямих вимірювань технічних характеристик отримані за викладеною методикою. Нижче наведені рівняння непрямих вимірювань, які представляють собою наведені в [1, 2, 3] та інших стандартах формули для визначення технічних характеристик матеріалів за результатами випробувань, а також формули для обчислення імовірних відносних похибок результату непрямого вимірювання цих характеристик на базі виразів (3) і (4).

Наведені нижче формули (5)...(11) припускають, що усі розміри зразка вимірюються з однаковою точністю, тобто  $D_a = D_b = D_c = D_d$ . У формулах (5)...(11) використані такі позначення:

$a, b, c, d$  – середні чи одиничні розміри зразка, виміряні з однаковою точністю;

$m_c$  і  $m_n$  – маси сухого і вологого (насиченого водою) зразка;

$D_F, D_m$  і  $D_a$  – ціни поділок засобів вимірювання зусилля, маси та розмірів зразка.

$F$  – руйнівне зусилля при випробуванні на стиск;

Водопоглинання та вологість за масою, а також імовірна відносна похибка їх визначення оцінюються за формулами:

$$W = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100\%; \quad \Delta_W = \frac{3000 \cdot t_\beta \cdot D_m}{W \cdot m_c^2} \cdot \sqrt{m_c^2 + m_n^2}. \quad (5)$$

Середня густина зразків у формі паралелепіпеда розмірами  $a \times b \times c$ :

$$\rho = \frac{m}{a \cdot b \cdot c}; \quad \Delta_\rho = \frac{30 \cdot t_\beta}{\rho \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot c^2} \cdot \sqrt{a^2 \cdot b^2 \cdot c^2 \cdot D_m^2 + (a^2 \cdot b^2 + a^2 \cdot c^2 + b^2 \cdot c^2) \cdot m^2 \cdot D_a^2}. \quad (6)$$

Середня густина зразків кубічної форми з ребром  $a$ :

$$\rho = \frac{m}{a^3}; \quad \Delta_{\rho} = \frac{30 \cdot t_{\beta}}{\rho \cdot a^4} \cdot \sqrt{a^2 \cdot D_m^2 + 3 \cdot m^2 \cdot D_a^2}. \quad (7)$$

Середня густина циліндричних зразків діаметром  $d$  та висотою  $c$ :

$$\rho = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot c \cdot d^2} \approx \frac{1,27 \cdot m}{c \cdot d^2}; \quad \Delta_{\rho} = \frac{38,2 \cdot t_{\beta}}{\rho \cdot c^2 \cdot d^2} \cdot \sqrt{c^2 \cdot d^2 \cdot D_m^2 + (d^2 + c^2) \cdot m^2 \cdot D_c^2}. \quad (8)$$

Межа міцності при стиску призматичних зразків з прямокутним перерізом розмірами  $a \times b$ :

$$R = \frac{F}{a \cdot b}; \quad \Delta_R = \frac{30 \cdot t_{\beta}}{R \cdot a^2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{a^2 \cdot b^2 \cdot D_F^2 + (a^2 + b^2) \cdot F^2 \cdot D_a^2}. \quad (9)$$

Межа міцності при стиску зразків квадратного перерізу зі стороною  $a$ :

$$R = \frac{F}{a^2}; \quad \Delta_R = \frac{30 \cdot t_{\beta}}{R \cdot a^3} \cdot \sqrt{a^2 \cdot D_F^2 + 2 \cdot F^2 \cdot D_a^2}. \quad (10)$$

Межа міцності при стиску циліндричних зразків діаметром  $d$  та висотою  $c$ :

$$R = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \approx \frac{1,27 \cdot F}{d^2}; \quad \Delta_R = \frac{38,2 \cdot t_{\beta}}{R \cdot d^3} \cdot \sqrt{d^2 \cdot D_F^2 + F^2 \cdot D_a^2}. \quad (11)$$

Розрахунки за формулами (5)...(11) з урахуванням фактичних значень вхідних параметрів та можливої точності їх вимірювання дозволяють оцінити відносні похибки непрямих вимірювань основних технічних характеристик будівельних матеріалів і виробів та здійснити обґрунтований вибір засобів вимірювання для забезпечення необхідної точності результатів.

Вибір засобів вимірювання для експериментального визначення технічних характеристик будівельних матеріалів здійснюється на основі аналізу імовірних похибок непрямого визначення цих характеристик. У якості прикладу оцінимо точність визначення середньої густини цементно-піщаного будівельного розчину з номінальним значенням  $\rho \approx 1800 \text{ кг/м}^3 = 0,0018 \text{ г/мм}^3$ . Згідно з ДСТУ [1], випробування слід проводити на зразках кубічної форми з ребром 70,7 мм. Зразки вимірюються штангенциркулем з ціною поділки  $D_a = 0,1 \text{ мм}$  та зважуються на технічних терезах з градацією важків  $D_m = 0,2 \text{ г}$ .

У якості альтернативних варіантів випробувань розглянемо кубічні зразки з ребром 50 мм і 30 мм, а також зважування на поштових терезах з ціною поділки 10 г та вимірювання лінійкою з ціною поділки 1 мм. Загалом проаналізовано 12 можливих варіантів визначення середньої густини розчину, які перелічені в таблиці 1. В усіх випадках необхідна для обчислень маса зразків визначалася через їх номінальний об'єм та середню густина. При реальних випробуваннях слід враховувати фактично отримані середні значення розмірів і маси випробуваних зразків.

При випробуваннях будівельних матеріалів засоби вимірювань вхідних параметрів слід обирати такими, щоб вони забезпечували визначення технічних характеристик з достатньою точністю при максимальній простоті виконання вимірювань. Критерієм допустимості використання тих чи інших засобів вимірювання є імовірні відносні похибки непрямого визначення середньої густини розчину, наведені в останньому стовпці таблиці 1. Вони обчислені за формулою (7) для двосторонньої забезпеченості 0,95.

З таблиці видно, що стандартний метод випробувань [1] кубів з розміром ребра 70,7 мм забезпечує отримання результатів з похибками  $\Delta_p \leq \pm 0,46\%$ . Зважування на поштових терезах збільшує імовірну похибку до 0,54%, що також можна вважати достатньо точним результатом. У випадку вимірювання розмірів лінійкою імовірні похибки зростають до 1,44...1,47%, що теж можна вважати задовільним результатом.

Таблиця 1 – Імовірні похибки визначення середньої густини при використанні різних зразків та засобів вимірювання

| №                                                       | Засоби вимірювань               | $D_a$ , мм | $D_m$ , г | $\Delta_p$ , % |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|-----------|----------------|
| Куби з номінальним розміром ребра 70,7 мм і масою 636 г |                                 |            |           |                |
| 1                                                       | Штангенциркуль, технічні терези | 0,1        | 0,2       | 0,46           |
| 2                                                       | Штангенциркуль, поштові терези  | 0,1        | 10,0      | 0,54           |
| 3                                                       | Лінійка, технічні терези        | 1,0        | 0,2       | 1,44           |
| 4                                                       | Лінійка, поштові терези         | 1,0        | 10,0      | 1,47           |
| Куби з номінальним розміром ребра 50 мм і масою 225 г   |                                 |            |           |                |
| 5                                                       | Штангенциркуль, технічні терези | 0,1        | 0,2       | 0,65           |
| 6                                                       | Штангенциркуль, поштові терези  | 0,1        | 10,0      | 1,05           |
| 7                                                       | Лінійка, технічні терези        | 1,0        | 0,2       | 2,04           |
| 8                                                       | Лінійка, поштові терези         | 1,0        | 10,0      | 2,20           |
| Куби з номінальним розміром ребра 50 мм і масою 49 г    |                                 |            |           |                |
| 9                                                       | Штангенциркуль, технічні терези | 0,1        | 0,2       | 1,20           |
| 10                                                      | Штангенциркуль, поштові терези  | 0,1        | 10,0      | 3,97           |
| 11                                                      | Лінійка, технічні терези        | 1,0        | 0,2       | 3,44           |
| 12                                                      | Лінійка, поштові терези         | 1,0        | 10,0      | 5,11           |

Джерело: розроблено авторами

Зменшення розмірів зразків при використанні тих же засобів вимірювання істотно збільшує імовірні похибки. При випробуванні кубів з ребром 50 мм досить точні результати з похибкою близько 1% можна отримати при використанні штангенциркуля та технічних або поштових терезів. Вимірювання розмірів зразків лінійкою виводить похибки за межі 2%. Куби з розміром ребра 30 мм досить точно можна випробувати тільки при використанні штангенциркуля та технічних терезів. Усі інші варіанти вимірювань призводять до отримання надто великих похибок визначення середньої густини.

Виконаний приклад показує, що для досить точного визначення середньої густини цементно-піщаного розчину на стандартних кубах з розміром ребра 70,7 мм можна використовувати поштові терези з ціною поділки 10 г та сталеву лінійку з ціною поділки 1,0 мм. Таке відхилення від вимог стандарту [1] істотно спростить процедуру випробувань при достатній точності результатів. Куби з розміром ребра 50 мм також можна зважувати на поштових терезах, але вимірювати їх розміри слід штангенциркулем з ціною поділки 0,1 мм. При випробуваннях кубів з розміром ребра 30 мм слід використовувати тільки штангенциркуль і технічні терези.

#### Висновки.

1. Отримані робочі формули для оцінювання імовірних відносних похибок експериментального визначення середньої густини, вологості, водопоглинання та міцності при стиску будівельних матеріалів і виробів за результатами випробувань зразків правильної геометричної форми.



2. Використання отриманих формул дає змогу здійснити обґрунтований вибір засобів вимірювання для забезпечення необхідної точності результатів визначення технічних характеристик при максимальній простоті виконання вимірювань.

3. Аналогічним чином можуть бути отримані робочі формули для оцінювання імовірних відносних похибок результатів визначення інших характеристик (міцності при згині, розтягу та зсуві, міцності теплоізоляційних матеріалів при стиску до заданої деформації, теплопровідності) та при використанні зразків інших форм.

## Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-239:2010 (EN 1015-11:1999, NEQ). Розчини будівельні. Методи випробувань. Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. 34 с. (Державний стандарт України).
2. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Державний стандарт України. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. 43 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Київ: Держкоммістобудування України. 1997. 22 с. (Державний стандарт України).
4. Пашинський В. А., Сідей В. М. Експериментально-статистичні дослідження технічних характеристик будівельних матеріалів . *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць*. 2012. Вип. 24. С. 24-30.
5. Пашинський В. А., Сідей В. М. Вплив вологості на характеристики морозостійкості будівельної кераміки . *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць*. 2013. Вип. 26. С. 331–337.
6. Пашинський В. А., Сідей В. М. Довговічність цегляних стін в кліматичних умовах України . *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць*. 2014. Вип. 29. С. 468–474.
7. ЕА-4/02 М : 2013. Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні. Європейська асоціація з акредитації. 2013. 73 с. URL: [https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4\\_02.pdf](https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4_02.pdf) (дата звернення: 17.11.2021)
8. РМГ 43-2001. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений" Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск: Издательство стандартов, 2002. 20 с.
9. Поджаренко В. О., Васілевський О. М., Кучерук В. Ю. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2008. 128 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 12-е изд., стер. М. : Высшая школа. 2018. 658 с.

## References

1. Derzhavnyy standart Ukrayiny. Rozchyny budivel'ni. Metody vyprobuvan'. [State standard of Ukraine. Building solutions. Test methods.]. (2010). *DSTU B V.2.7-239: 2010 (EN 1015-11:1999, NEQ)*. Kyiv: Ministerstvo budivnytstva Ukrainy [in Ukrainian].
2. Derzhavnyy standart Ukrayiny. Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za kontrol'nyy zrazkamy [State standard of Ukraine. Concrete. Methods for determining the strength of control samples]. (2010). *DSTU B V.2.7-214:2009*. Kyiv : Ministerstvo budivnytstva Ukrainy [in Ukrainian].
3. Derzhavnyy standart Ukrayiny. Budivel'ni materialy. Metody vyznachennya vodopohlynannya, hustyny i morozostiykosti budivel'nykh materialiv i vyrobiv [State standard of Ukraine. Building materials. Methods for determination of water absorption, density and frost resistance of building materials and products]. (1997). *DSTU B V.2.7-42-97*. Kyiv : Derzhkommistobuduvannya [in Ukrainian].
4. Pashynskiy, V.A. & Sidey, V.M. (2012). Eksperymental'no-statystychni doslidzhennya tekhnichnykh kharakterystyk budivel'nykh materialiv [Experimental and statistical studies of technical characteristics of building materials] . *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy : zb. nauk. prats' – Resource-saving materials, structures, buildings and structures: Collection of scientific works, Issue 24*, 24-30 [in Ukrainian].
5. Pashynskiy, V.A. & Sidey, V.M. (2013). Vplyv volohosti na kharakterystyky morozostiykosti budivel'noy keramiky [Influence of humidity on frost resistance characteristics of building ceramics] // *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy : zb. nauk. prats' – Resource-saving materials, structures, buildings and structures: Collection of scientific works, Issue 26*, 331–337 [in Ukrainian]

6. Pashynskiy, V.A. & Sidey, V.M. (2014). Dovichnist' tsehlyanykh stin v klimatichnykh umovakh Ukrainy [Durability of brick walls in climatic conditions of Ukraine] . *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy : zb. nauk. prats' – Resource-saving materials, structures, buildings and structures: Collection of scientific works, Issue 29*, 468–474 [in Ukrainian]
7. EA-4/02 M : 2013. (2013). Expression of measurement uncertainty during calibration. European Accreditation Association. *naau.org.ua*. Retrieved from: [https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4\\_02.pdf](https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4_02.pdf)
8. RMG 43-2001. (2002). Primeneniye "Rukovodstva po vyrazheniyu neopredelennosti izmereniy" [Application of "Guidelines for the Expression of Uncertainty of Measurements"] . *Mezhhgosudarstvennyy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii – Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification*. Minsk: Publishing house of standards [in Russian]
9. Podzharenko, V.O., Vasilevskiy, O.M. & Kucheruk, V.Yu. (2008). *Opratsyuvannya rezul'tativ vymiryuvan' na osnovi kontseptsii nevyznachenosti [Elaboration of measurement results based on the concept of uncertainty]*. Vinnitsa: VNYU. [in Ukrainian].
10. Wentzel, E.S. (2018). *Teoriya veroyatnostey [Probability theory]*. (Issue 12). Moscow : Higher School [in Russian].

**Viktor Pashynskiy**, Prof., ScD, **Mykola Pashynskiy**, PhD, **Viktor Darienko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine,*

### **Metrological Control of Technical Characteristics Evaluation of Building Materials and Products**

The problem of assessing the possible relative errors of the technical characteristics of building materials when testing samples of the correct geometric shape has been solved.

The work is based on the theory of errors and on the method of linearization of functions of random variables. The technical characteristics of the materials are determined by the equations of indirect measurements through the input parameters, directly measured during the tests with known level of accuracy. Linearization of the equations of indirect measurement allowed to obtain dependences for determining the standard and probable relative errors of determining the average density, humidity, water absorption and compressive strength of building materials. Samples of the correct geometric shape of the following types are considered: cube, parallelepiped, circular cylinder. The input values of the obtained formulas are the size and weight of the samples, as well as the destructive force during compression. The accuracy of direct measurement of these values is determined by the values of division of the corresponding measuring instruments. The obtained formulas give possible relative errors of indirect measurements of the analyzed technical characteristics corresponding to the given two-way security level. The use of the obtained formulas allows you to reasonably choose the means for measuring the input parameters that provide the necessary accuracy of the results of determining the technical characteristics with the maximum ease of performing the measurements. The method for assessing the accuracy and the choice of measuring instruments for measuring the size and mass of samples is illustrated by an example of determining the average density of a mortar based on the results of testing cubic samples of different sizes.

The results of the study can be used in the experimental determination of the analyzed technical characteristics of building materials of other types, as well as extended to assess the accuracy of other technical characteristics, which are determined by indirect methods.

**building materials, technical characteristics, testing of materials, probable errors**

*Одержано (Received) 24.11.2021*

*Прорецензовано (Reviewed) 10.12.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022*