СЕКЦІЯ 9
МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ

УДК 531.751.3

ДОСЛІДЖЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ЕТАЛОНУ ОДИНИЦІ МАСИ НДЕТУ М-06-2019

Ціпоренко С. В.
Державне підприємство "Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів" (ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»), Київ, Україна
E-mail: s_tsiporenko@ukrcsm.kiev.ua

Одним із головних завдань національного метрологічного інституту є розроблення та підтримання національних еталонів, що забезпечують потреби національної економіки у міжнародно визнаній простежуваності результатів вимірювань до міжнародної системи SI.

Так, з метою забезпечення потреб національної економіки у простежуваних вимірюваннях маси було створено національний еталон одиниці маси НДЕТУ М-06-2019 (далі – еталон), який зберігається в лабораторії еталонів маси ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» (далі – лабораторія-зберігач). Не зважаючи на те, що станом на сьогоднішній день статус національного еталону надано в діапазоні від 2 kg до 20 kg, еталон забезпечує передавання розміру одиниці маси в більш широкому діапазоні, а саме від 1 mg до 20 kg. Основу еталона складають дві еталонні гирі номінальною масою 1 kg, а для передавання розміру одиниці маси від еталонних гир використовують комплект компараторів маси. Розмір одиниці від еталонної гирі 1 kg передають за методом калібрування «вниз/вгору», для чого складають відповідну схему зважування, яка математично описується перевизначеною системою рівнянь. Згідно схеми зважування виконують порівняння маси певних комбінацій гир за методом диференційного зважування, а одержані результати вимірювань сумісно обробляють за методом найменших квадратів.

З метою підтвердження заявлених калібрувальних та вимірювальних можливостей еталона були проведені його дослідження у два етапи. Перший етап передбачав проведення внутрішньолабораторних досліджень еталона, метою яких було проаналізувати розроблену лабораторією схему зважування в діапазоні від 1 mg до 20 kg, провести розрахунки дійсної маси та розширеної невизначеності для кожної гирі, задіяної у схемі зважування, а також оцінити одержані результати. На даному етапі досліджень було доведено, що еталон дозволяє визначати дійсне значення маси гир із розширеною невизначеністю, яка не перевищує 1/5 допустимої похибки для гир масою від 1 mg до 10 kg класу E_1 та 1/3 допустимої похибки для гир масою 20 kg класу E_1. На другому

етапі, еталон прийняв участь у двох звіреннях. У 2023 році були проведені двосторонні звірення еталонів маси в діапазоні від 1 kg до 10 kg між національним метрологічним інститутом Швейцарії METAS та ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАН-ДАРТ». У 2025 році в рамках програми перевірки кваліфікації були проведені тристоронні звірення в діапазоні від 500 mg до 1 kg між національним метрологічним інститутом Німеччини PTB, який виступив у якості референтної лабораторії та надав референтні значення для цілей цих звірень, ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» та німецькою калібрувальною лабораторією Zentrum für Messen und Kalibrieren & ANALYTIK GmbH (ZMK). Результати обох звірень наведено у таблиці 1. У якості критерію прийнятності результатів обох звірень було застосовано E_n-фактор, значення якого було розраховано за наступною формулою:

$$E_n = \frac{\left|m_{ref} - m_{lab}\right|}{\sqrt{U_{ref}^2 + U_{lab}^2}} \leq 1,$$

де m_{ref} – референтне дійсне значення маси гирі;
m_{lab} –дійсне значення маси гирі, виміряне із використанням еталона;
U_{ref} – розширена невизначеність референтного дійсного значення маси гирі;
U_{lab} – розширена невизначеність дійсного значення маси гирі, виміряного із використанням еталона.

Таблиця 1 – Результати участі еталона у міжнародних звіреннях з еталонами інших країн

Номінальна маса гирі	**m_{ref}**	**U_{ref}**	**m_{lab}**	**U_{lab}**	**E_n**	**Примітки**
10 kg	10 kg + 0,301 mg	0,592 mg	10 kg + 0,409 mg	1,0 mg	0,09	Звірення між METAS та ДП «Укрметр-тестстандарт» у 2023 р.
5 kg	5 kg – 0,246 mg	0,302 mg	5 kg – 0,386 mg	0,5 mg	0,24	
2 kg	2 kg – 0,593 mg	0,220 mg	2 kg – 0,731 mg	0,2 mg	0,58	
1 kg	1 kg – 0,081 mg	0,038 mg	1 kg – 0,069 mg	0,054 mg	0,18	
200 g	200 g – 0,011 mg	0,020 mg	200 g + 0,0066 mg	0,020 mg	0,62	Звірення між PTB, ДП «Укрметр-тестстандарт» та ZMK у 2025 р.
10 g	10 g – 0,005 mg	0,004 mg	10 g – 0,0015 mg	0,004 mg	0,62	
500 mg	500 mg + 0,0016 mg	0,0016 mg	500 mg + 0,0027 mg	0,0016 mg	0,49	

Результати досліджень еталона визнано позитивними. Лабораторія-зберігач еталона успішно продемонструвала та підтвердила свої калібрувальні та вимірювальні можливості із визначення дійсного значення маси гир класу точності E_1 в діапазоні від 1 mg до 20 kg, що на сьогоднішній день повною

мірою задовольняє потреби національної економіки в простежуваних результатах вимірювання маси.

Ключові слова: дійсне значення маси, гиря, національний еталон, метод найменших квадратів, невизначеність

УДК 625.85

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ МАШИН ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗТРІСКУВАННЯ

Хомутенко Д. Г.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
Email: denis.homutenko@gmail.com

Асфальтобетонне покриття автомобільних доріг є найпоширенішим видом дорожнього покриття в Україні та світі [1, с. 6].

При охолоджені асфальтобетонного покриття в ньому виникають температурні напруження, що пов'язують зі зміною об'єму асфальтобетону, його зменшенням, та нереалізованістю відповідних температурних деформацій за рахунок значної довжини покриття [2]. Коли низькотемпературні напруження перевищують міцність асфальтобетону, виникають тріщини, які в свою чергу негативно впливають на довговічність покриття, за рахунок порушення суцільності та погіршення розподілення навантаження і проникнення вологи в нижні шари дорожнього покриття.

До критеріїв стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування, згідно [3], відносять: температуру руйнування, критичну температуру розтріскування, температуру розтріскування, температуру крихкості, жорсткість, енергію руйнування, в'язкість руйнування.

Враховуючи те, що асфальтобетон є багатокомпонентним, багатофазним, грубодисперсним матеріалом із неоднорідною структурою, аналітичне визначення зазначених критеріїв є складним та не завжди точним, тому доцільним є застосування експериментальних методів.

Вітчизняними вченими, для визначення стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування [2, 4, 5] розроблялися наступні прилади:

– прилад Губача Л. С. та Пономарьова С. Г.;
– УОНДА-1420;
– прилад Распопова Н. М.

У світовій науці розроблено досить багато приладів для визначення стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування, серед яких слід виділити: метод випробування на непрямий розтяг (IDT), випробування асфальтобетонів за допомогою балочного реометру (BBR), випробування на граничне температурне напруження (TSRST), визначення низькотемпературних характеристик за допомогою аналізатору термічного розтріскування асфальтобетону (ATCA), метод випробування балки з одностороннім надрізом