

## ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА СПОСОБУ ЗАКРІПЛЕННЯ СТРУНИ СТРУННОГО ГРАВИМЕТРА

Авіаційна гравіметрична система (АГС) використовується для визначення характеристик гравітаційного поля Землі. Застосування АГС дозволяє здобувати гравіметричну інформацію у таких важкодоступних районах земної кулі, як поверхня океанів, гірські масиви, пустелі та тропічні ліси. Це відбувається набагато швидше та з меншими витратами, ніж за допомогою морських або наземних гравіметричних засобів. Головним чутливим елементом (ЧЕ) такої системи є гравіметр. На даний час одним із найперспективніших вважається струнний гравіметр (СГ), який є основним чутливим елементом АГС.

Струна є найбільш відповідальною ланкою у ланцюзі перетворення сили її натягу у частоту поперечних коливань. Основними питаннями, які необхідно вирішити при виборі матеріалу струни, є наступні:

- вибір конструкції струни і способу її закріплення у пружному елементі датчика;
- вибір матеріалу струни;
- визначення геометричних розмірів струни.

Матеріал струни має відповідати таким вимогам: стабільність та температурна незалежність пружних якостей, висока міцність при вібрації, зменшення внутрішніх втрат коливальної енергії, конкретне значення температурного коефіцієнта лінійного розширення, можливість отримання максимальної чутливості при малих похибках.

У більшості відомих струнних перетворювачів використовуються струни із вуглецевої сталі, вольфраму, елінвару, олов'яно-цинкової і берилієвої бронзи з круглим або прямокутним поперечним перерізом. У деяких випадках під час коливань струни з круглою формою поперечного перерізу спостерігалась прецесія площини їх коливань, що викликала додаткову нестабільність частоти. У зв'язку з цим, перевага віддається струнам із прямокутною формою поперечного перерізу із співвідношенням сторін 1:10, що практично виключає можливість прецесії площини коливань тому ми обираємо саме таку форму перерізу струни.

Основними недоліками всіх відомих струнних гравіметрів є нелінійність характеристики та наявність резонансів.

Для скасування вказаних недоліків пропонується використовувати в якості матеріалу струни СГ тензочутливий матеріал, який має лінійну залежність зміни внутрішнього опору  $R$  від деформуючого зусилля. У нашому випадку цим зусиллям є  $F_z = mg_z$  – сила від дії прискорення сили тяжіння. Надамо аналіз тензочутливих матеріалів для вибору матеріалу струни СГ у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики тензочутливих матеріалів струн СГ

Назва	Матеріал		
	константан МНМц-40-1,5	сплав НМ23ХЮ	бронза берилієва
Коефіцієнт тензочутливості, S	2,1	2,1±0,05	2,2
Діаметр, d, мкм	10; 20; 30	10; 20; 30	10; 20; 30
Питомий опір, $\rho_n$ , Ом·мм <sup>2</sup> /м	0,46...0,52	1,45... 1,60	0,68
Температурний коефіцієнт опору, $\alpha_R \cdot 10^{-6}$ , 1/°C	-20...110	<35	-20...110
Модуль пружності, E, Па	1,48·10 <sup>11</sup>	2,1·10 <sup>11</sup>	1,29·10 <sup>11</sup>
Межа міцності при розтягуванні, $\sigma_b$ , Па	65·10 <sup>7</sup>	130·10 <sup>7</sup>	140·10 <sup>7</sup>
Коефіцієнт Пуассона, $\sigma$			0,32...0,36

З таблиці 1, бачимо, що найбільш досконалі характеристики має берилієва бронза. У неї кращі прочнісні та інші характеристики. Надалі будемо використовувати у якості матеріалу струни саме берилієву бронзу.

Конструктивне виконання вузлів кріплення кінців струни значною мірою визначає метрологічні характеристики струнного гравіметра. Недосконалість конструкції струни і способу її кріплення призводило до нестабільності показань відомих струнних гравіметрів.

На рисунку 1 наведені різні способи кріплення струн, що застосовуються в СГ.

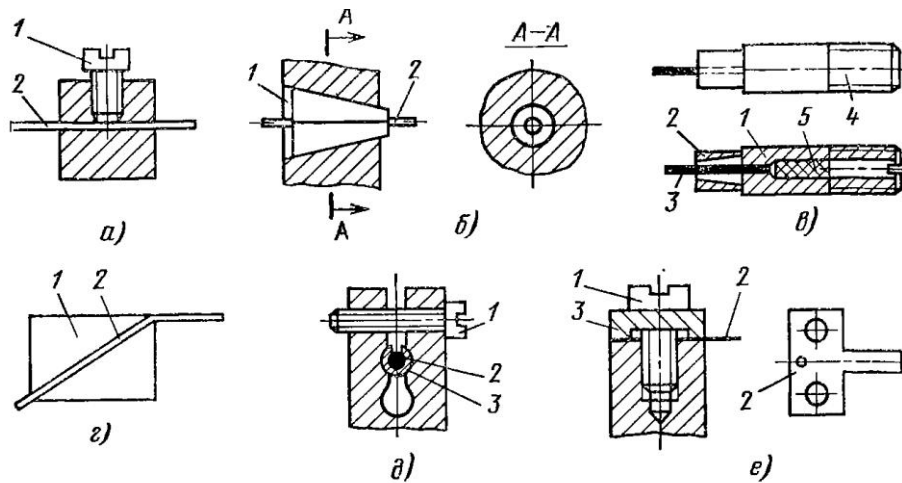


Рис. 1. Способи кріплення струн: а – в отворі (1 – гвинт; 2 – струна); б – розрізаним конусом (1 – розрізаний конус; 2 – струна); в – в ніпелі (1 – ніпель; 2 – конічна втулка; 3 – струна; 4 – контргайка; 5 – мідь); г – в призмі (1 – призма; 2 – струна); д – щілисте (1 – гвинт; 2 – струна; 3 – втулка); е – між площинами (1 – гвинт; 2 – струна; 3 – планка)

Кріплення струни в отворі за допомогою гвинта (рис. 1, а), дуже просте у конструктивному виконанні. Але воно має ряд істотних недоліків: мінливість довжини струни у процесі коливання, нерівномірний розподіл напружень і вигин струни у місці кріплення. Це призводить до нестабільності частоти власних коливань.

Використання кріплення струни між площинами розрізаного конуса (рис. 1, б) дозволяє усунути вигин струни у місці закріплення. Але важко добитися високої стабільності натягу струни. Крім того, закручування струни при закріпленні спотворює форму коливань. Удосконаленням цього способу став спосіб кріплення струни в ніпелі (рис. 1, в). При цьому способі струну спочатку закріплюють у конічну втулку, конструкція якої була описана вище, а потім пропускають у ніпель і зачеканюють червоною міддю. Місце стикування ніпеля з конічною втулкою обпалюють. Недоліком даного способу є його конструктивна і технологічна складність. Четвертий спосіб кріплення струни, наведений на рис. 1, г, – кріплення струни у призмі. Недолік його – вигин струни у місці виходу з закріплення, що призводить до зміни її довжини у процесі роботи.

Результатом подальшого розвитку способів кріплення було щілисте кріплення струни (рис. 1, д). Недоліком даного способу є наявність високих напружень у місці закріплення струни та виходу її з щілини. З метою зниження напружень, було запропоновано покращене кріплення круглої струни з потовщеними кінцями у місці закріплення. Струна затискається гвинтом через допоміжну розрізну втулку. Поверхні губок у місці закріплення допрацьовують під зовнішній діаметр втулок. Таке кріплення дозволило створити СГ з більш високими метрологічними характеристиками. Кріплення струн за допомогою пайки м'якими і твердими припоями і зваркою (не показано) не виправдало себе у зв'язку з досить високим дрейфом частоти.

Найкращим способом кріплення стрічкової струни у даний час є затиск між добре обробленими і підігнаними паралельними площинами (рис. 1, е). Струна у місці закріплення сформована у лопаточку, яка закріплена на площині за допомогою притискної планки і двох гвинтів. Це закріплення дозволило значно збільшити стабільність натягу струни протягом тривалого часу. Воно є найкращим з усіх викладених вище. Тому ми обираємо саме такий спосіб кріплення струни.