

**СЕКЦІЯ 9**  
**МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ**

УДК 531.424

**ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ МАТЕРІАЛУ ГИР МЕТОДОМ  
ГІДРОСТАТИЧНОГО ЗВАЖУВАННЯ**

*Ципоренко 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](mailto:s.tsiporenko@ukrcsm.kiev.ua)*

Зазвичай вимірювання маси виконують в умовах навколишнього повітря, тобто, коли на об'єкт зважування впливає виштовхувальна сила повітря. Результат такого зважування буде пропорційний силі тяжіння. Дію сили тяжіння в процесі зважування частково компенсуватиме виштовхувальна сила повітря, пропорційна масі повітря, витісненого об'єктом зважування:

$$F = mg - \rho_a gV = mg - \rho_a g \frac{m}{\rho} = mg \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho} \right), \quad (1)$$

де  $\rho_a$ ,  $\rho$  – густина повітря та об'єкта зважування відповідно.

Якщо ж в процесі вимірювання між собою порівнюють випробну гирю густиною  $\rho_t$  з еталонною гирею густиною  $\rho_r$ , то з урахування дії виштовхувальної сили повітря рівняння такого зважування можна записати у наступному вигляді:

$$m_t \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_t} \right) = m_r \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} \right) + \Delta m_w, \quad (2)$$

де  $\Delta m_w$  – значення маси, яке дорівнює різниці показів зважувального приладу.

Аналізуючи дане рівняння можна дійти висновку, що для визначення маси випробної гирі понад 1 г із відносною невизначеністю  $U_m/m < 1,5 \cdot 10^{-6}$  густина випробної та еталонної гир мають бути відомі із відносною невизначеністю  $U_\rho/\rho < 0,006$ .

Одним із точних способів визначення густини твердих тіл є застосування методу гідростатичного зважування, тобто зважування зануреного у рідину об'єкта. Існує декілька способів реалізації даного методу. Сутність найточніших із них полягає у вимірюванні зменшення маси твердого тіла зануреного в рідину. Для цього необхідно виконати два незалежних зважування за методом заміщення у середовищах різної густини, зазвичай, це повітря (див. а на рис.1) та дистильована вода (див. б на рис. 1).

Нижче описано застосування методу гідростатичного зважування на прикладі гир. Під час першого зважування за методом заміщення порівнюють

випробну гирю  $t$  та еталонну гирю  $r_1$  масою  $m_{r1}$  в повітрі, густина якого становить  $\rho_{a1}$ . Під час другого зважування за методом заміщення порівнюють випробну  $t$ , занурену у рідину густиною  $\rho_{pid}$ , із другою еталонною гирею  $r_2$  масою  $m_{r2}$ , яку зважують у повітрі густиною  $\rho_{a2}$ . У більшості випадків, поправки обумовлені дією виштовхувальної сили повітря на еталонні гирі під час першого та другого зважувань суттєво не відрізняються. Враховуючи це, густину випробної гирі за результатами її зважувань у повітрі та рідині можна обчислити за формулою:

$$\rho_t = \frac{\rho_{pid} \cdot (m_{r1} + \Delta m_{w1}) - \rho_{a1} \cdot (m_{r2} + \Delta m_{w2})}{m_{r1} + \Delta m_{w1} - m_{r2} - \Delta m_{w2}}, \quad (3)$$

де  $\Delta m_{w1}$  – різниця показів зважувального приладу під час першого зважування у повітрі випробної  $t$  та еталонної  $r_1$  гир;

$\Delta m_{w2}$  – різниця показів зважувального приладу під час другого зважування випробної гирі  $t$ , зануреної у рідину, та еталонної гирі  $r_2$  у повітрі.

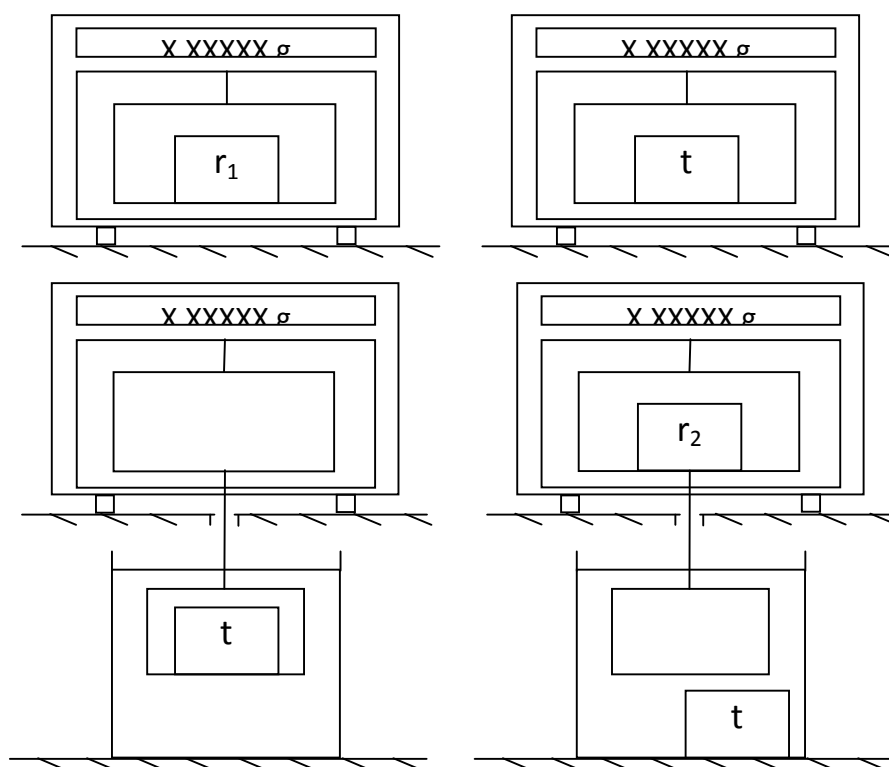


Рис. 1. Принцип гідростатичного зважування

З урахуванням того, що маса та густина еталонних гир є корельованими величинами, відносну невизначеність вимірювання густини випробної гирі можна обчислити за формулою:

$$\left( \frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left( c(\rho_{a1}) \frac{u(\rho_{a1})}{\rho_{a1}} \right)^2 + \left( \frac{u(\rho_{pid})}{\rho_{pid}} \right)^2 +$$

$$+c^2(m_r) \left[ \left( 2 \frac{u(m_r)}{m_r} \right)^2 + \left( \frac{u(m_{w1})}{m_{r1}} \right)^2 + \left( \frac{u(m_{w2})}{m_{r2}} \right)^2 + \left( \frac{u(m_{nam})}{m_{r2}} \right)^2 + u_C^2 \right], \quad (4)$$

де

$$c(\rho_{a1}) = \frac{\rho_{a1}}{\rho_t} \left( \frac{\rho_t}{\rho_{pid}} - 1 \right); \quad |c(m_r)| = \frac{(\rho_t - \rho_{pid})}{\rho_{pid}};$$

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left( \frac{u(m_{r1})}{m_{r1}} + \frac{u(m_{r2})}{m_{r2}} \right); \quad u_C = \left( \frac{\rho_t}{\rho_{pid}} - 1 \right) \left( \frac{\rho_{a1}}{\rho_{r1}} - \frac{\rho_{a2}}{\rho_{r2}} \right),$$

$u(m_{nam})$  – невизначеність, обумовлена впливом поверхневого натягу на підвіску;

$\frac{u(\rho_{pid})}{\rho_{pid}}$  – відносна невизначеність густини рідини, в яку занурюють випробну гирю під час другого зважування.

На підставі проведених в ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» досліджень

було доведено, що застосування описаного вище способу гідростатичного зважування дозволяє визначати густину матеріалу гир із невизначеністю до  $0,2 \text{ кг/м}^3$ . Це дає змогу більш точно обчислити значення поправки на дію виштовхувальної сили повітря порівняно із результатами обчислень цієї ж поправки із застосуванням довідкових значень густини матеріалу, і як наслідок, підвищити точність визначення маси гир під час їх калібрування.

*Ключові слова:* гирі, густина, зважування, гідростатика.

УДК 681.26

## ВИМІРЮВАННЯ «ВЕЛИКИХ» СИЛ ГРУПОЮ ПАРАЛЕЛЬНО НАВАНТАЖЕНИХ ДАТЧИКІВ

*Ціпоренко О. В.*

*Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»), Київ, Україна*

*E-mail: [tsiporenko@gmail.com](mailto:tsiporenko@gmail.com)*

Проблема вимірювання значень сили у діапазоні понад 5 МН лишається актуальною вже протягом не одного десятиліття. За цей час було запропоновано багато моделей вимірювання. Оскільки більшість національних еталонів одиниці сили у світі рідко перевищує межу відтворення одиниці у розмірі 1 МН, виникають складнощі із передачею розміру одиниці і вимірювання у діапазонах понад ці значення. Частково це питання дозволяє вирішити метод паралельного навантаження групи динамометрів (3 або більше). В нашому випадку розглянемо групу із трьох паралельно навантажених датчиків сили, оскільки три точки завжди утворюють площину у

просторі і є статично визначеною системою. У якості складових елементів були обрані датчики типу 106ВН, виробництва фірми Anyload.

Попередні розрахунки і дослідження показали, що визначальний вплив на методичну похибку має відхилення від перпендикулярності пружних елементів датчиків відносно проміжної плити, що розподіляє навантаження серед них.

Конструкція групи паралельно навантажених датчиків була обрана з умов запобігання механічному руйнуванню системи в цілому та окремих її елементів. З метою мінімізації впливу чинників, пов'язаних із бічними та згинальними зусиллями, розрахунку граничних напружень було обрано критерій пластичності фон Мізеса [1]. Для зручного користування необхідно було спроектувати систему таким чином, щоб зменшити невизначеність та вагу її елементів.

Конструкція опорної плити дозволяє розмістити датчики на відстані не більше 5 мм один від одного, що в свою чергу зменшує відстань від точки прикладення навантаження до точок його розподілу на кожен датчик. Для зменшення витрати матеріалу під час виробництва було обрано форму трикутника із округлими вершинами, що ґрунтується на результатах чисельного моделювання за методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану опорної плити при навантаженні 15 МН (рис. 1).

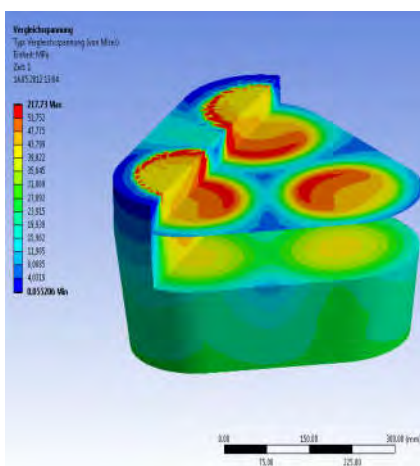


Рис. 1. Напружено-деформований стан опорної плити

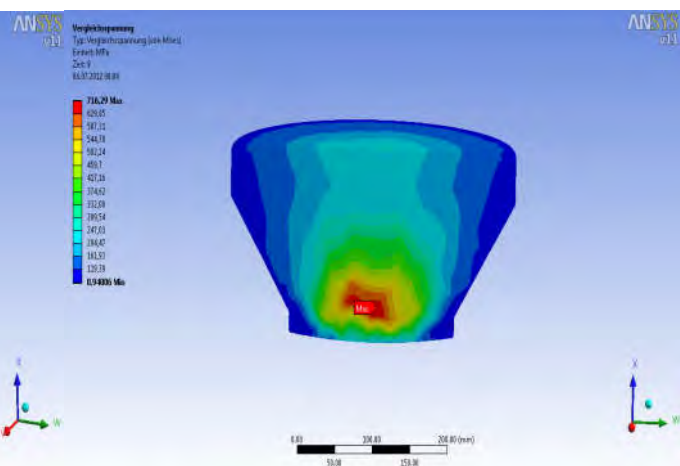


Рис. 2. Напружено-деформований стан верхньої чашки

Важливим аспектом конструкції верхньої чашки кожного із 5 МН датчиків є увігнута форма контактної поверхні (рис. 2), що має на меті зменшення напружень у зоні контакту. Конічна форма обумовлена необхідністю збільшення площини контакту та зменшення поверхневого тиску у цій зоні. У середині матеріалу напруження можуть досягати значення у 1100 МПа. Це припустимо, оскільки зона в якій виникають ці напруження є обмеженою та порівняно малою, що не викликає критичних зміщень в мікроструктурі, які могли б спровокувати появу та ріст тріщини.

Остання деталь – верхня чашка. Вона забезпечує сферичну контактну зону,

що уможлиблює компенсацію крутильних моментів, які виникають при згинанні. З метою утримання напружень всередині матеріалу низькими та унеможливлення механічних відмов радіус поверхні верхньої чашки повинен бути якомога більшим.

У разі непаралельності навантажувальних плит силовиміральної машини, середня точка зони контакту буде рухатися вбік більше, ніж якби радіус був дуже малий. Для підтримання напружень та деформацій у точці контакту вектора сили якомога меншими, обидві частини мають сферичні поверхні, пластина введення сили на верхній частині датчиків має радіус 1000 мм, навантажувальна чашка на поверхні контакту – радіус 800 мм.

Вимірювання проведено за допомогою шестиканального підсилювача DMP41, здатного обслуговувати одночасно всі канали системи. Вони були позначені окремо та проаналізовані у шаблоні Excel, який обчислює суму сигналів системи і відхилення між кожним окремим датчиком під час калібрування. Шаблон також дозволяє обчислити центр введення сили, порівнюючи сигнали окремих датчиків після занесення їх геометричних розмірів вводяться в шаблон [2]. За результатами експериментальних досліджень обчислені складові сумарної невизначеності  $W_1, W_2, W_3, W_5', W_6, W_8, W_{rev}$  (Табл. 1), які визначено у Додатку С до стандарту ISO 376:2011 [3], що був обраний у якості методу калібрування системи на еталонній силовиміральної машині РТВ (Німеччина) із верхньою границею вимірювання 16,5 МН.

Таблиця 1.

Значення сили, кН	$W_1, \%$	$W_2, \%$	$W_3, \%$	$W_5', \%$	$W_6, \%$	$W_8, \%$	$W_{rev}, \%$
1500	0.01	0.0057	0.0057	0.0128	0.0075	0.0882	0.0383
3000	0.01	0.0040	0.0040	0.0128	0.0075	0.0044	0.0383
4500	0.01	0.0032	0.0041	0.0111	0.0075	0.0080	0.0334
6000	0.01	0.0022	0.0037	0.0082	0.0075	0.0067	0.0246
7500	0.01	0.0021	0.0026	0.0052	0.0075	0.0038	0.0155
9000	0.01	0.0021	0.0022	0.0030	0.0075	0.0001	0.0089
10500	0.01	0.0021	0.0023	0.0011	0.0075	0.0021	0.0034
12000	0.01	0.0027	0.0020	0.0001	0.0075	0.0022	0.0004
13500	0.01	0.0037	0.0018	0.0003	0.0075	0.0016	0.0009
15000	0.01	0.0032	0.0013	-	0.0075	0.0019	-

Результати експериментальних досліджень дозволили виявити поведінку розробленої системи (рис. 3). Після серії в нульових положеннях (R1 і R2) відхилення від вертикальної вісі симетрії верхньої навантажувальної чашки становило до 3 мм. Що майже точно співпало із розрахунковим значенням при максимальному навантаженні (рис. 3, зелені ряди R1 і R2). Однак за менших значень сил значення різниця була більшою. Одною з причин є контактна область між двома сферичними поверхнями. Завдяки геометричним ефектам

подвійної сферичної зони контакту, відносна дезорієнтація більша при менших навантаженнях, ніж при більших.

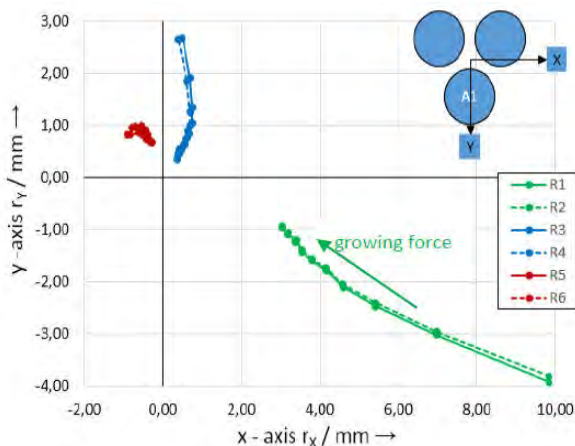


Рис.3. Залежність ексцентриситету сили від величини навантаження

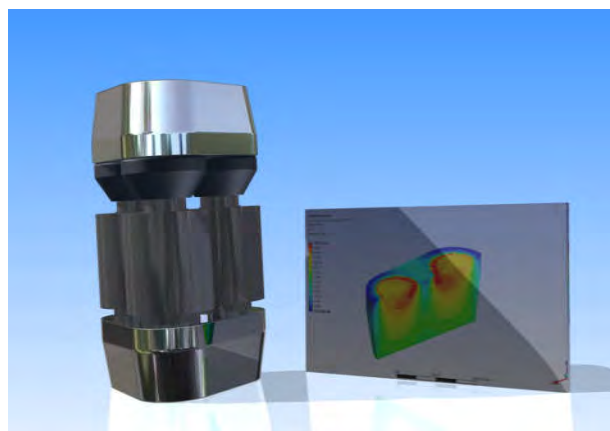


Рис.4. Загальний вигляд системи

Група паралельно навантажених датчиків класу точності 00 згідно з ISO 376 створена з трьох окремих датчиків, із використанням чисельних методів моделювання для оптимізації конструкції адаптаційних частин (рис. 4). Всі розрахункові значення підтверджені експериментальними дослідженнями. Показано, що важливо мінімізувати бічні складові сили і згинальні моменти для зменшення невизначеності.

*Ключові слова:* датчик, груповий метод, невизначеність.

#### **Література**

- [1] Ю. Н. Работнов, *Механика деформируемого твёрдого тела*. Москва, СССР: Наука, 1979.
- [2] Wagner, Tegtmeier, “Processing and evaluation of Build-Up System Measurement data”, in *XXI IMEKO World Congress “Measurement in Research and Industry”*, August 30 - September 4, Prague, Czech Republic, 2015.
- [3] ISO 376:2011 Metallic materials - Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines.

УДК 681.26

### **ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ KELI WEIGHING INTERNET OF THINGS (KELI IOT) В ИНДУСТРИИ ВЗВЕШИВАНИЯ**

*Матвиенко Ю. И.*

*ООО «Кели Украина», Киев, Украина*

*E-mail: [keliukraine@gmail.com](mailto:keliukraine@gmail.com)*

«Интернет вещей» (IoT) с технологической точки зрения – это, по сути, сеть сетей, состоящих из уникально идентифицируемых объектов «вещей» (по факту «систем взвешивания»), которые могут взаимодействовать между собой через интернет подключение без вмешательства человека. Это сами устройства, которые вышли в сеть и взаимодействуют между собой.

Компанія KELI SENING TECHNOLOGY (Ningbo) активно розвиває і реалізовує напрямлення по впровадженню технології «Інтернет Вещей» в індустрію взвешивання. Впровадженню технології «KELI IoT», ми говоримо про більш складне явище, ніж просто набір датчиків. Практика збору і аналізу даних об'єкті – для будь-яких систем взвешивання, – з допомогою датчиків існує давно. Весовою інтернет-вещю (KELI IoT) радикально відрізняється тим, що системи взвешивання об'єднуються в єдину мережу з аналітичними і/або керуючими системами. Таким чином формуються самостійні мережі, а всередині мережі відбувається обмін даними, на основі яких приймаються рішення і виконуються дії по керуванню об'єктом.

Аналогові або цифрові вимірювальні системи передають дані на хмарне сховище, до якого з допомогою «гаджетів» в будь-який час, з будь-якої точки світу можна отримати доступ. Це дозволяє віддалено бути присутнім на весовій платформі і в «online» режимі отримувати актуальні дані і використовувати їх для запобігання неплановим зупинкам, поломкам обладнання, спробам шахрайства і збоїв в роботі обладнання і багато іншого. Використання нових технологій дозволяє бізнесу стати більш конкурентним, знизити витрати, економічно споживати ресурси, економити на ремонтах і обслуговуванні.

В доповіді представлені реалізовані в Україні рішення KELI IoT виконані з використанням компонентів виробництва KELI SENING TECHNOLOGY аналогових (QS) і цифрових (ZSF) тензорезисторних вимірювальних датчиків, цифрових перетворювачів (ХК3118 і D39), комутаційного обладнання і програмного забезпечення.

Проаналізовані переваги і недоліки рішень. Показано, що використання описаних технологій дозволяє підвищити метрологічні і надійнісні характеристики вимірювальних систем, і одночасно підвищити автоматизацію технологічних процесів на їх основі.

*Ключові слова:* технологія «Інтернет Вещей», KELI IoT, індустрія взвешивання, доступ в режимі online.

УДК 531.75

## ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОТОЦІ

*Ходячий В. В., Нікітін О. К.*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

*E-mail: [vladhod22@gmail.com](mailto:vladhod22@gmail.com), [vargin\\_@ukr.net](mailto:vargin_@ukr.net)*

Розробка динамічних засобів вимірювання витрат рідин, газів та сипких матеріалів базується на наявності інформації стосовно густини середовища. Це

обумовлюється тим, що густина середовища є однією з основних фізичних величин, які визначають динамічний тиск в потоці.

В умовах статичної густини визначається відношенням маси тіла до його об'єму. При русі сипкого матеріалу в газовому середовищі потік приймає вигляд двофазної непружної дисперсної системи. Для побудови математичної моделі гідродинамічних витратомірів сипких середовищ, яка аналогічна моделям для рідин та газів, будемо визначати густину як масу одиниці об'єму дисперсної суміші.

В доповіді розглядається питання визначення густини двофазного сипкого матеріалу в повітрі, який рухається в гравітаційному вертикальному потоці. Спрощена модель – з бункера скрізь донний отвір висипається сипкий матеріал, який на відстані  $h$  взаємодіє з тілом обтікання. Необхідно визначити, як змінюється густина сипкого матеріалу залежно від відстані між нижньою площиною діафрагми бункера та тілом обтікання.

Швидкість тіла, яке вільно падає в умовах вакууму, визначається:

$V = \sqrt{2gh}$ , де  $V$  – швидкість;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $h$  – висота падіння.

Потік, що формується при падінні часток сипкого матеріалу, можна представити у вигляді циліндра з основою  $S$  і висотою  $h_0$ .

Час прольоту однієї частини сипкого матеріалу відстані  $h$  буде дорівнювати:

$$\Delta t = \frac{h_0}{V_{cp}} \cdot (1 + \sigma),$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість падіння однієї частини;  $(1 + \sigma)$  – поправка на опір повітря.

Одночасно  $t_1$  – це проміжок часу формування одного, умовно, елементарного об'єму. Якщо відомий час висипання всієї кількості сипкого матеріалу з бункера, то можна визначити кількість елементарних об'ємів і відповідно загальний об'єм середовища, що формується при висипанні:

$$n = \frac{t_0}{\Delta t}; \quad V = nhS, \quad \text{де } t_0 \text{ – час витоку всього сипкого матеріалу з бункера;}$$

$S$  – площа отвору витоку сипкого матеріалу.

Середня швидкість руху однієї частинки визначається наступним чином:

- Визначаємо площу під графіком  $V = f(h)$ :

$$S_r = \int_0^{h_0} V dh = \int_0^{h_0} \sqrt{2g} \cdot h^{1/2} dh = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2},$$

- поділимо  $S_r$  на  $h_0$  і отримуємо:

$$V_{cp} = \frac{S_r}{h_0} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot h_0^{1/2}.$$

Визначаємо  $t$ , при  $\sigma = 0,2$ :



$$\Delta t = \frac{3h_0^{1/2} \cdot 1,2}{2\sqrt{2g}}$$

Об’єм потоку середовища буде становити:

$$V = nh_0 S = \frac{t_0 \cdot 2 \cdot \sqrt{2g}}{3,6 \cdot h_0^{1/2}} h_0^{1/2} \pi \frac{D_{om}^2}{4} = \frac{1}{7,2} \cdot t_0 \cdot \sqrt{2gh_0} \cdot \pi \cdot D_{om}^2$$

Густина середовища в потоці буде дорівнювати:

$$\rho = \frac{7,2m}{t_0 \cdot \sqrt{2gh_0} \cdot \pi \cdot D_{om}^2}$$

Експериментальні дослідження проводилися на сипких матеріалах масою до 5 кг в бункері з донним отвором витікання діаметром 40 мм. Відстань від отвору бункера і до тіла обтікання дорівнювала 19 мм. Наприклад, в процесі експерименту було отримано що за 18,01 секунди було висипано з бункера 4904 грам сипкого матеріалу. Візьмемо всі дані і підставимо в формулу визначення густини:

$$\rho = \frac{7,2 \cdot 4,904}{18,01 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,19} \cdot 3,14 \cdot 0,04} = 202,21 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

При використанні цього значення в формулах визначення сили динамічної взаємодії сипкого матеріалу з тілом обтікання та прямого вимірювання сили взаємодії похибка не перевищила 2,2 %.

Отже, приведені вирази можна використовувати на практиці при визначенні статичних характеристик динамічних витратомірів сипких матеріалів.

*Ключові слова:* сипкий матеріал, густина, потік, бункер.

УДК 378.141

## ПРЕЗЕНТАЦІЯ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДІВ». ДРУГИЙ (МАГІСТЕРСЬКИЙ) РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Нікітін О. К., Згуровська Л. П., Толочко Т. О.*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

*E-mail: [vargin@ukr.net](mailto:vargin@ukr.net)*

З метою отримати думку спільноти розробників та виробників ваговимірювальних пристроїв, в перелік закладів конференції внесена презентація освітньо-професійної програми (ОПП) для другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Доцільність обговорення ОПП з авторитетними фахівцями галузі вимірювання маси, які представляють виробництво і метрологічні центри, обумовлена побажаннями МОН та керівництва університету.

Освітньо-професійна програма входить до:

- галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування;
- спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології;
- рівень вищої освіти - другий (магістерський).

Назва освітньо-професійної програми: Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів.

Випускникам університету, які навчаються за даною ОПП після виконання ними індивідуального навчального плану і успішного захисту магістерської дисертації присвоюється кваліфікація «Магістр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій».

Термін навчання 1 рік 4 місяці.

Мета освітньої програми: підготовка фахівців, здатних до комплексного розв'язання складних задач і проблем розроблення нових і вдосконалення, модернізації та експлуатації існуючих систем автоматизації та виробів галузі приладобудування.

Основний фокус освітньої програми та спеціалізації: спеціальна освіта та професійна підготовка в галузі розробки комп'ютерно-інтегрованих систем контролю, вимірювання та регулювання параметрів технологічних та фізичних процесів з можливістю набуття необхідних професійних компетентностей для подальшої професійної діяльності.

Придатність випускників до працевлаштування:

2145.2 Інженер з механізації та автоматизації виробничих процесів.

2131.2 Інженер-дослідник з комп'ютеризованих систем та автомеханіки.

2149.1 Молодший науковий співробітник з автоматизації та приладобудування.

Випускник, що пройшов навчання за вказаною ОПП, повинен володіти загальними і фаховими компетенціями, мати відповідні знання та уміння.

Нижче наведені окремі компетентності, якими повинен володіти випускник (магістр) кафедри Приладобудування:

Загальні компетенції (вибірково):

ЗК1 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК2 Здатність здійснення безпечної діяльності.

ЗК4 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК5 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК7 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетенції (вибірково):

ФК15 Здатність виконувати автоматизоване проектування елементів приладів і систем вимірювання та контролю параметрів технологічних і фізичних процесів.

ФК16 Здатність практично використовувати сучасні системи автоматизованого проектування при конструюванні виробів галузі приладобудування.

ФК17 Здатність проектувати, виробляти, випробувати, встановлювати та експлуатувати інформаційне обладнання комп'ютерно-інтегрованих систем обліку в нафтогазовій галузі та ЖКГ.

ФК18 Здатність проектувати, виготовляти, встановлювати, налагоджувати та експлуатувати комп'ютерно-інтегровані засоби вимірювання ваги, сили, тиску, швидкості, прискорення та інших фізичних величин.

ФК19 Здатність проектувати елементну базу комп'ютерно-інтегрованих систем та апаратів сучасного автоматичного, оптико-електронного та радіолокаційного військового та цивільного обладнання.

ФК20 Здатність проводити експериментальні дослідження (натурні та імітаційні) з використанням як об'єктів вивчення твердих тіл, рідин, газів та сипких матеріалів.

ФК21 Здатність розробляти бази даних та бази знань, орієнтовані на відповідні галузі промисловості.

*Ключові слова:* освітньо-професійна програма, магістр, кваліфікація, компетенції.