

УДК 628.517  
© 2014

**О.В. ТОЛСТЕНКО,**  
кандидат технічних наук,

**І.М. ЦАНІДІ,**  
асистент

Дніпропетровський державний  
аграрно-економічний університет,  
Україна  
E-mail: Ivan.Tsanidy@gmail.com

МЕТОД  
МОБІЛЬНОГО  
ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ

*Розглядається можливість використання мобільних комп'ютерів для вимірювання вібрації на робочому місці механізатора або оператора сільськогосподарської техніки чи обладнання. Переваги запропонованого методу: портативність, мобільність, обмін інформацією по безпроводному зв'язку, декілька вимірювань одночасно, визначення місця розташування за допомогою навігаційних систем, робота з великими обсягами накопиченої інформації, моніторинг у режимі online.*

**Ключові слова:** вібрація, мобільний комп'ютер, акселерометр, безпека, комфорт, продуктивність праці, рівень вібрації.

Дотримання норм охорони праці та безпеки на виробництві – умова високопродуктивної роботи. Безпека життєдіяльності робітників, які працюють на сільськогосподарській техніці, включає цілий ряд заходів для запобігання травм, шкідливих наслідків інтенсивної виробничої діяльності. До таких умов дотримання безпеки життєдіяльності відноситься контроль рівня вібрації. Даним питанням займалися багато авторів [1–4]. Для постійного дотримання безпечного рівня вібрації (особливо на частотах резонансу людського тіла) необхідний постійний моніторинг умов безпечної роботи техніки та обладнання, порівняння з допустимими нормами і своєчасне усунення причин вібрації в разі їх перевищення.

**Мета дослідження** – аналіз санітарних норм, правил, стандартів, які дозволили визначити критерії та показники вібрації на робочому місці механізатора, оператора сільськогосподарської техніки та обладнання, за допомогою мобільних комп'ютерів.

Вібраційна безпека нормується відповідними стандартами [5,6]. Якісні та кількісні критерії, показники несприятливого впливу вібрації на людину в процесі праці встановлюються санітарними нормами, правилами та іншими нормативними документами. Відповідно до них вводяться певні критерії оцінки несприятливого впливу вібрації:

– критерій “безпека” – забезпечує збереження здоров'я оператора, яке оцінюється за об'єктивними показниками з урахуванням ризику виникнення професійної хвороби і патологій, включає можливість виникнення травмонебезпеч-

них або аварійних ситуацій через вплив вібрації;

– критерій “границя зниження продуктивності праці” – підтримання нормативної продуктивності праці оператора, яка не знижується через розвиток втоми під впливом вібрації;

– критерій “комфорт” забезпечує оператору відчуття комфортності умов праці за повної відсутності дії вібрації.

Вібрації в діапазоні частот резонансу людського тіла (2–45 Гц), які виникають у результаті роботи сільськогосподарської техніки та обладнання, можуть досягати значень прискорення  $g$ , що призводить до зниження працездатності та продуктивної роботи.

Норму вібраційного навантаження на оператора по спектральних і корегованих за частотою значеннями контрольованого параметра ( $U(t)$ ) у разі тривалості впливу вібрації менше 8 год визначають за формулою

$$U_t = U_{480} \cdot \left( \frac{480}{t} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

де  $U_t$  – параметр загального навантаження,  $m/c^2$ ;  
 $U_{480}$  – норма вібраційного навантаження за 480 хв;  
 $t$  – час вібрації.

При тривалості вібрації менше 30 хв як норму приймають значення, розраховане для  $t = 30$  хв.

Значення фактичної вібрації вимірюється за допомогою датчика – акселерометра, встановленого на робочому місці механізатора або оператора сільськогосподарського устаткування. Акселерометр

являє собою вимірювальний елемент, який показує гравітаційне прискорення. Одиниця вимірювання його  $1g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . Акселерометр може фіксувати вібрації, зміну положення, рух об'єкта і т.д. Як правило, акселерометр – чутлива маса, закріплена на пружному підвісі. Відхилення маси від її первинного положення за наявності прискорення несе інформацію про його величину.

За конструктивним виконанням акселерометри поділяються на одно-, дво- та трикомпонентні, відповідно дозволяючи вимірювати прискорення уздовж трьох осей.

Деякі з акселерометрів також мають вбудовані системи збору та обробки даних. Це дозволяє створювати завершену систему для вимірювання прискорення і вібрації з усіма необхідними елементами.

Існують акселерометри, що відрізняються чутливістю елемента і принципом дії. *Ємнісний* акселерометр фіксує зміни в електроємності відносно прискорення, відчуває її зміну між статичним і динамічним станами.

Принцип дії *п'єзоелектричного* акселерометра заснований на використанні п'єзоелектричного ефекту кристалів. Вплив тиску, як і прискорення, створює електричний сигнал.

*П'єзорезистивний* (тензометричний) акселерометр вимірює електричний опір матеріалу за доданого механічного тиску.

Зміну напруги, що походить від змін у магнітному полі навколо датчика, реєструє *акселерометр з ефектом Холла*.

*Магніторезистивний* акселерометр працює, фіксуючи зміни опору в магнітному полі. Стру-

турою і функцією він подібний до акселерометра з ефектом Холла, але замість вимірювання напруги вимірює опір.

*Акселерометр теплопередачі* вимірює внутрішні зміни в теплопередачі, що залежать від прискорення.

Для забезпечення мобільності, безперервного контролю вібрації на робочому місці не обов'язково застосування спеціального вимірювального обладнання. Як універсальний вимірювальний апарат може використовуватися будь-який портативний пристрій (смартфон, планшетний комп'ютер, ноутбук) під управлінням операційної системи і за наявності в конструкції акселерометра. У таких пристроях акселерометри використовуються для зміни режиму роботи екрана від просторового положення пристрою, для управління додатками операційної системи, виконують захисну функцію.

Максимальне значення прискорення задається виробниками цифрової техніки на рівні не менше  $2g$ . Перевищення норм вібрації, шкідливих для здоров'я людини, починаються з рівня віброприскорень  $1g$ , тому верхня межа прискорення акселерометра  $2g$  буде достатньою.

Для використання акселерометра необхідно спеціальне програмне забезпечення [7, 8], яке вимірювало б вібрації, фіксувало процес і записувало результати у файл. Використовуючи мобільні пристрої з акселерометрами і відповідні спеціальні програми, можна визначити рівні вібраційних прискорень на робочому місці, реєструвати локальні вібрації на елементах управління і вузлах машин, будь-якого устаткування.

## Висновки

1. Отримані дані можуть свідчити в першому наближенні про рівень вібрації сільськогосподарської техніки, обладнання, робочого місця механізатора. Вони знадобляться для проведення статистичних вимірів і досліджень, в яких більш точні результати можна отримати з використання спеціального обладнання для вимірювання вібрації.
2. Переваги запропонованого методу вимірювання

вібрації для сільськогосподарської техніки та обладнання – портативність, мобільність, обмін інформацією по безпроводному зв'язку, використання декількох вимірювань одночасно, визначення місця розташування за допомогою навігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС), робота з великими обсягами накопиченої інформації, моніторинг у режимі online.

## Бібліографія

1. Фролов К.В. Прикладная теория вибрационных систем / К.В. Фролов, В.А. Фурман. – М.: Машиностроение, 1980. – 276 с.
2. Тольский В.Е. Колебание силового агрегата автомобиля / В.Е. Тольский и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 266 с.
3. Вибрация в технике. Колебание машин, конструкций и их элементов: справочник в 6 т.; под ред. В.Н. Челемея. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 3. – 544 с.
4. Tondl A. Autoparametric resonance mechanical systems / A.Tondl, Th. Ruijgrok, F. Verludst etc. – Cambridge: Cambridge university press, 2000. – 196 p.
5. ДСТУ 2300-93 Вибрація. Терміни та визначення.
6. ДСТУ 12.1.012:2008 ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги.
7. Інтернет ресурс <https://play.google.com>.
8. Інтернет ресурс <https://itunes.apple.com>.

*Рецензент* – доктор технічних наук, професор **В.І. Дирда**