

УДК 681.269

*М.Є. Завадський, гр. ПМ-61м, к.т.н., доц. Згуровська Л.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АНАЛІЗ ДИСКРЕТНИХ ЗАВАД ПРИ ЗВАЖУВАННІ В РУСІ

Анотація. В даній статті розглянута проблема виникнення динамічних завад під час процесу зважування в русі. Були проаналізовані основні фактори виникнення динамічних завад при різних типах зважування: зважування в русі автомобіля, вагону, зважування вантажів що переміщуються кранами, зважування на плавзасобах. На основі проведеного аналізу була розглянута доцільність використання методів обробки дискретних сигналів з можливістю адаптації, зокрема фільтрації.

Ключові слова: вимірювання в русі, динамічні завади, обробка сигналів, динамічне зважування, фільтрація.

ВСТУП

З огляду на бурний розвиток транспортних перевезень, збільшення об'ємів виробництва сировини і товарів – перед розробниками постає задача швидких і точних вимірювань маси.

Одним із шляхів вирішення цієї задачі є здійснення вимірювання маси в русі (англ. Weight in motion (WIM)). Використання цієї концепції надає можливість суттєво зменшити час вимірювання, а також автоматизувати цей процес за рахунок використання інформаційних технологій.

Задача динамічного зважування постає всюди, де має місце великий потік вантажів, включаючи транспортування на суші, в морі та в повітрі. Це відноситься також до таких сфер промисловості як: теплоенергетична, металургійна, харчова.

Наряду з позитивними якостями, метод вимірювання має свої обмеження в універсальності, швидкодії, точності та надійності. Одним із рішень є розробка методів обробки даних динамічного зважування з можливістю адаптації до різних умов вимірювання. Це дозволить мінімізувати динамічні перешкоди які залежать від багатьох факторів та відрізняються в кожному виді зважування.

Частіше всього процес вимірювання дискретних вантажів супроводжується впливом динамічних явищ, які негативно впливають на значення похибки відносно вимірювання в статичному режимі. Вплив динамічних сил з'являється не лише під час переміщення вантажу, це справедливо і для нерухомих об'єктів. Наприклад, при ударі під час його встановлення на вантажоприймальну платформу, за рахунок зовнішніх вібрацій, наявності пружних елементів в основі вантажу (напр. автомобільна підвіска) або вантажоприймальної платформи.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Найперші приклади вимірювальних систем для вимірювання ваги в русі представляли собою статичні ваги, по яких вимірювальний об'єкт проїжджав з дуже малою швидкістю 3-5 км/год. Процес вимірювання ставав довгим і складним. І навіть з цими обмеженнями похибка складала більше ніж 1% [1].

Існує два основні типи систем які будуються на основі двох різних ван-

тажоприймальних пристроях таких як: важільні - у яких навантаження передається через сумуючі важелі на один перетворювач сили; безважільні – це системи які розташовуються на чотирьох і більше перетворювачах сили.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВИНИКНЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗАВАД

Характер і абсолютні величини динамічних явищ будуть відрізнятися в залежності від об'єкту зважування (вагон, автомобіль і т.д.), а також типу цього процесу (напр. для залізничної галузі – по-осьове, по-візкове, по-вагонне). Розглянемо динамічні завади в таких ситуаціях: зважування в русі вагонів, автомобілів, зважування вантажів що переміщуються кранами та зважування вагами, встановленими на судні.

При зважуванні залізничних вагонів в русі, на відмінну від статичного зважування, коли на тензодатчики діє постійна сила, присутні також додаткові зусилля, які є основними причинами наявної похибки. Якщо не враховувати інструментальні похибки, то до них можна віднести такі як:

- вертикальне коливання вагону, яке виникає через нерівність рельсового шляху, дефекти поверхонь коліс, овальність, нерівність стиків і т.д.;
- нерівномірність швидкості руху;
- вплив зусиль від сусідніх вагонів через зчіплюючий пристрій в рухому складі;

При зважуванні в динаміці на тензодатчики діють такі сили: F_0 - постійна складова, яка є пропорційною до маси вагону, і змінних сил (сили динамічного впливу), які поділяються на два види F_{ni} - стаціонарні (періодичні коливання) та нестаціонарні F_{nj} (неперіодичні перешкоди), всі вони складають сумарну силу F_x :

$$F_x = F_0 + \sum_{i=1}^n F_{ni} e^{-\alpha_i t / T_{ni}} \sin(\omega_i t + \varphi_i) + \sum_{j=1}^k F_{nj}, \quad (1)$$

де $F_{ni}, \omega_i, \alpha_i, \varphi_i$ - амплітуда, частота, початкова фаза і декремент затухання і-их періодичних складових перешкоди.

Частота стаціонарних коливань, викликаних підвіскою вагону, складає 3,5-7 Гц [1]. Нестационарні динамічні явища обумовленні головним чином нерівномірністю руху. Для зменшення впливу цих явищ необхідно забезпечити умови, при яких вірогідність їх появу зведена до мінімуму – рівномірність руху складу. Інші джерела динамічних похибок, такі як: овальність коліс, нерівність рельсового полотна і поверхні коліс і т.д., мінімізуються за рахунок суворого дотримання норм будівництва, монтажу шляхів, а також норм і правил експлуатації вагонного обладнання.

При зважуванні рухомих автомобілів основна проблема полягає в доволі низькій частоті динамічних завад і малій тривалості зважування. По інформації підприємств-виробників, частота низькочастотних похибок знаходиться в проміжку 1-4 Гц [1]. При цьому в роботах [2,3] характеристика перешкод зміщується в сторону збільшення початкового значення, тому вірогі-

дним діапазоном динамічних перешкод може бути проміжок в 1,5-2,5 Гц [1]. Фактори, від яких залежить величина перешкод при зважуванні автомобілів майже не відрізняються від факторів зважування вагонів в русі.

При зважуванні вантажів, що переміщуються кранами, виникає розкачування вантажу (маятникові коливання). Період коливання вантажу можна розрахувати за формулою:

$$T_M = 2\pi\sqrt{l_k/g}, \quad (2)$$

де l_k - відстань від центру мас вантажу до місця з'єднання навантаженого крану з механізмом; g - прискорення вільного падіння.

Експериментальні дослідження динамічних навантажень в кранах [4], в яких брали участь 15 мостових кранів вантажністю від 2 до 30 т, шляхом запису зусиль в мості та балці показали: частота власних коливань мостів складає 2-8 Гц, а власних коливань вантажів в 2-3 рази вище. Логарифмічний декремент затухання мостів складає 0,34-0,43, вертикальних коливань – 0,2-0,4, розкачування вантажу – 0,05-0,2.

При цьому сила, що діє на тензодатчик має вигляд:

$$F_x = F_0 + \sum_{i=1}^n F_{ni} e^{-\alpha_i t / T_{ni}} \sin(\omega_i t + \varphi_i) + F_{np} + F_m, \quad (3)$$

де F_{ni} , α_i , T_{ni} , ω_i , φ_i - амплітуда, декремент затухання, період, частота і початкова фаза i -их періодичних складових перешкоди, які визвані вертикальними коливаннями і розкачуванням вантажу;

F_{np} - сила інерції, яка визначена в момент діє приводу;

F_m - експоненціально затухаюча складова, яка визначена коливанням вантажу.

При вимірюванні маси на борту плавзасобу виникає проблема виключення динамічних перешкод складного типу, зумовлених хитами на нерівномірній водянній поверхні. Палуба корабля майже ніколи не знаходиться в чітко горизонтальному положенні. Наприклад, на невеликих суднах кильова хита досягає 20°, бортова хита – до 10°, а змінна прискорення складає до $\pm 0,5g$. Складність боротьби з такими перешкодами зумовлена неперіодичністю цих факторів (крен та диферент, які залежать від зміщення центру мас судна).

Різноманіття процесів зважування, яке викликане унікальністю вантажів, характером їх руху і конструкцій, погодними умовами і т.д., створює проблему при розробці універсальних систем вимірювання маси рухомих об'єктів і зокрема обробку даних з вимірювальних перетворювачів сили. Єдине що їх об'єднує – це подібний за видом сигнал. Подібність сигналу при різних видах вимірювання полягає в постійній величині, яка пропорційна масі вантажу, а також сумі складових затухаючих періодичних коливань та сумі

складових неперіодичного характеру.

Відношення між періодичними і неперіодичними складовими перешкод залежить від виду вимірювання і для більшості з них переважають гармонічні коливання. Важливою характеристикою вимірювання є тривалість вимірювання, адже чим більший час вимірювання, тим більша кількість періодів перешкоди потрапляє в інтервал обробки сигналу – тим простіше погасити їх.

ВИСНОВОК

Аналіз процесів зважування показав, що на вимірювальну систему, під час руху вимірювального об'єкту, діють різного типу завади динамічного характеру, що сумарно дають похибку вихідного сигналу до 5-7% [1]. Внесення в систему методів обробки даних з можливістю адаптації (фільтрів) є необхідним з погляду на різноманіття типів зважування, видів вантажів, що в свою чергу означає різноманіття похибок в різних частинах спектру вихідного сигналу. Це дає можливість зменшити похибку до прийнятного рівня в комерційних вимірюваннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скалевой А.В. Цифровая аппаратура систем тензометрического взвешивания дискретных грузов : автореф. дис. ... канд техн. наук. -Одесса, 1984. -261 с.
2. Буртковский И.И., Похило Н.П., Пищников И.А. Электронно-тензометрические весы для взвешивания большегрузных автосамосвалов в движении.- Измерительная техника, 1970, № 8, с.51.
3. Жуковичский В.И., Вишня В.Б. Весоизмерительный комплекс для АСУ автомобильным транспортом карьера.- В кн.: Автоматизация процессов взвешивания и дозирования в промышленности, сельском хозяйстве, торговле и на транспорте.- Ж Всесоюзное научно-техническое совещание, 1974, г.Одесса: Тезисы, М., 1974, с.102.
4. Гохберг М.М. Тензометрические испытания крановых мостов в динамических условиях и затухание их колебаний. Труды Ленинградского политехнического института,- Л., 1954, №3.