

**ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ  
ВИМІРЮВАНЬ В БОРТОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-  
ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ДОРОЖНІХ МАШИН**

**Вступ.** Сучасні дорожні машини є складними системами, які з одного боку повинні забезпечувати високу продуктивність і якість виконання робіт, а з іншого - високу надійність та економічність. Їх ефективність використання залежить як від технічного стану, так і від оптимального використання режимів роботи. Для забезпечення цих вимог необхідно щоб дорожні машини комплектувались ефективною діагностичною системою. Якість роботи діагностичної системи залежить від достовірності і точності вимірювальної інформації, що надходять від бортової інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) [1]. Оскільки дорожня машина працює в різних динамічних навантаженнях то це необхідно враховувати і в алгоритмі роботи бортової ІВС.

**Мета роботи.** Метою дослідження є обґрунтування необхідності використання нечітких вимірювань в бортовій ІВС в різних динамічних режимах роботи дорожньої машини.

**Основна частина.** Дорожня машина в процесі роботи здійснює складні механічні переміщення, які супроводжуються деформаціями рами та робочого органу. Залежно від режиму роботи та технічного стану, кількість контрольованих вузлів та кількість вимірювальних параметрів буде різною. В процесі експлуатації дорожньої машини на її робочі органи і елементи конструкції діють динамічні навантаження, які мають випадковий хаотичний характер. Для проведення достовірних і точних вимірювань того чи іншого параметру необхідно використовувати декілька датчиків, які розподілені по дорожній машині. Для врахування динаміки процесів необхідно одночасно проводити вимірювання декількох параметрів (наприклад: деформації, вібрації, навантаження, крутячого моменту, температури, тиску і т.д.) з наступною обробкою результатів вимірювань. Таким чином, необхідно щоб дорожні машини комплектувались інформаційно-вимірювальною системою (ІВС). Оскільки в залежності від умов експлуатації кількість вимірювальних параметрів змінюється і становить в середньому 10-15, то об'єм вимірювальної інформації, з яким оперує ІВС, буде великим. ІВС дорожньої машини повинна бути як багатоканальною так і

багатопараметричною. Це призводить до значного ускладнення ІВС, а значить зменшує її надійність. З другого боку до бортових ІВС ставляться жорсткі вимоги по надійності та габаритам. Одним з шляхів вирішення даного протиріччя є використання ПІВС.

Інтелектуальність ІВС дорожньої машини полягає в тому, що її структура і алгоритм вимірювань повинні змінюватися в залежності від умов експлуатації і динамічних навантажень, тобто бути адаптивними. Крім того ІВС повинна бути здатна навчатися процесу вимірювання, тобто з метою стабілізації на заданому рівні похибок вимірювання змінювати алгоритм і шкалу вимірювань.

Таким чином в процесі функціонування ПІВС кожний з вимірювальних каналів працює відповідно до прийнятої колективної стратегії, що визначається поведінкою бортової ПІВС в дозволеному просторі станів, сформульованому з урахуванням поточних станів інших підсистем дорожньої машини. Для ефективного функціонування бортової ПІВС в різних умовах експлуатації необхідно постійно відстежувати динамічні властивості дорожніх машин і зовнішнього середовища, а також реалізувати отримані дані в алгоритмі вимірювань. Алгоритм вимірювання в бортовій ПІВС здійснюється на основі нечітких правил, сформульованих за результатами нечітких вимірювань динамічних інформативних параметрів дорожньої машини та зовнішніх збурень, після виконання певних обчислювальних і логічних операцій. Сутність нечітких вимірювань полягає в тому, що кількість, періодичність та частота вимірювання динамічних параметрів визначається як технічним станом дорожньої машини, так і зовнішніми навантаженнями.

В даній роботі буде розглядатися спосіб формулювання правил нечітких вимірювань в бортових ПІВС дорожньої машини.

В якості об'єкта дослідження виступає дорожня машина - автогрейдер. За результатами проведених експериментальних досліджень була встановлена наступна динаміка змін режимів роботи автогрейдера: транспортний, слабо навантажений, середньо навантажений, сильно навантажений. А також зроблені наступні висновки:

1. З метою діагностування цілісності рами автогрейдера необхідно вимірювати вібрацію, деформацію рами та робочого органу.
2. Для оцінки несправності двигуна необхідно вимірювати вібрацію, температуру, тиск масла, кількість обертів колінчастого валу.
3. Для оцінки роботи гідروприводу: тиск у гідросистемі, температуру гідравлічної рідини.

Таким чином, були визначені основні вимірювальні інформативні параметри, які характеризують справність системи залежно від режимів її роботи. Сукупність виміряних значень інформативних параметрів формують базу знань експертної системи бортової

ПВС дорожньої машини. За своєю структурою експертна система бортової ПВС підрозділяється на дві основних компоненти - базу знань і блок логічного висновку. База знань містить виміряні значення інформативних параметрів, на підставі, яких блок логічного висновку розпізнає режими роботи дорожньої машини.

Правила нечітких вимірювань в бортових ПВС визначаються залежно від динамічних режимів роботи автогрейдера. Більш детально розглянемо формулювання нечіткого правила і висновку для середньо навантаженого режиму роботи автогрейдера. Середньо навантажений режим роботи відповідає роботі автогрейдера на ґрунтах середньої щільності: пісок з глиною, чорнозем, а також при плануванні насипу, скосів і виїмок. Швидкість пересування становить 3-5 км/год. Характерною рисою режиму є наявність динамічних навантажень на елементи землерийної машини, величина, яких складає  $h = 1420 \dots 1700$  Па. Тут виступають сили інерції, як додаткове зовнішнє навантаження на пружну систему. Взаємодія сил інерції і сил пружності при динамічному навантаженні породжує пружні коливання, що приводять до значного збільшення загального навантаження на автогрейдер.

Правила нечітких вимірювань описуються за допомогою невизначених слів, у формі «якщо...то».

Сформульоване правило для середньо навантаженого режиму роботи має наступний вигляд: «Якщо навантаження на раму автогрейдера знаходиться в межах  $1420 \leq h \leq 1700$  Па, то приймається рішення про наявність середньо навантаженого режиму роботи».

Результати проведених експериментальних досліджень показали, що критичним і навантаженим параметром при цьому режимі роботи є вібрація рами, період вимірювання вібрації складає 1хв., і вона повинна вимірюватися постійно. Для об'єктивної оцінки зміни деформації інтервал вимірювання становить 0,08 с, кількість обертів в хвилину колінчатого валу і тиск в гідросистемі вимірюється з інтервалом 0,8 с, температура змінюється не значно, тому інтервал вимірювання 1с, інтервал вимірювання вібрації двигуна буде дорівнювати 0,6с. Результати експериментальних даних приведені на рис. 1..4.

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчать про наступне:

1. Динамічні навантаження, які діють на автогрейдер носять стохастичний характер.
2. Не залежно від режиму роботи автогрейдера мають місце коливання динамічної системи с періодом  $T=500 \dots 800$  мс, частота  $f=2 \dots 1,25$  Гц. Ці коливання приводять до вібрації рами автогрейдера. Поряд с цим є також і вібрації робочого органу, вони міняються в залежності від режиму роботи і становлять для середньо навантаженого режиму – 150 мс.
3. Величина динамічних навантажень для середньо навантаженого режиму – 1420...1700 Па.

4. У всіх режимах мали місце короточасні пікові навантаження, які перевищували фонові навантаження в 1,5 – 2 рази, ці пікові навантаження викликані наявністю в ґрунті каміння та різних ущільнень. Тривалість короточасних навантажень для середньо навантаженого режиму становила 30...100 мс.

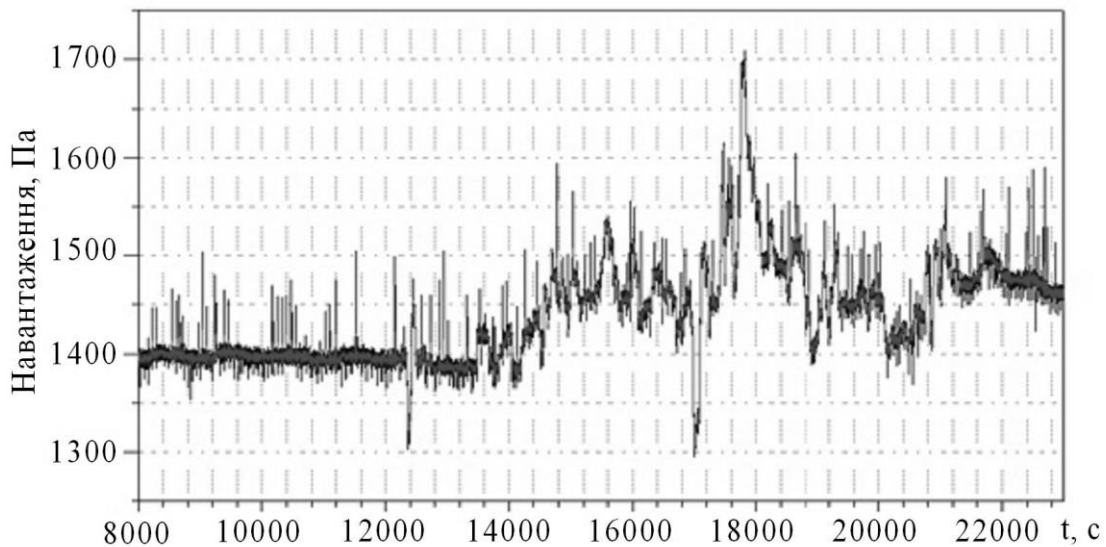


Рис. 1. Деформація рами автогрейдера в середньо навантаженому режимі при русі вперед.

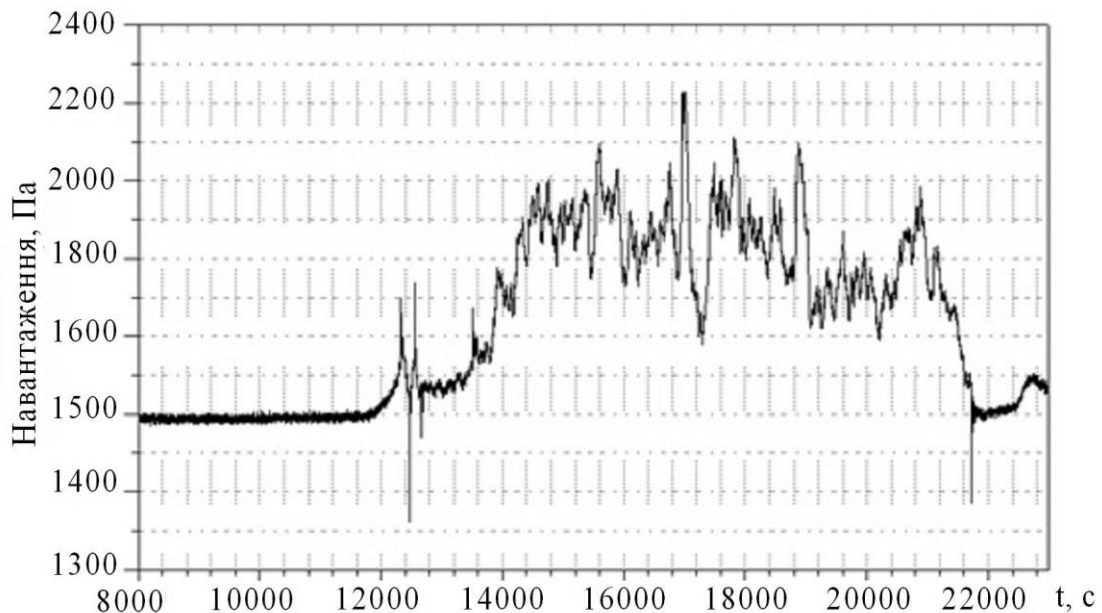


Рис. 2. Деформація рами в середньо навантаженому режимі (сухий ґрунт).

На базі експериментальних вимірювань на основі загального підходу до нечітких вимірювань сформульовані наступні ситуації та реалізації. Реалізація представляє собою алгоритм нечіткого вимірювання для конкретної ситуації.

Таким чином, можна описати ситуації, які притаманні середньо навантаженому режиму роботи автогрейдера.

Ситуація 1: «Вібрація рами автогрейдера складає 1,25 Гц».

Ситуація 2: «Вібрація відвалу автогрейдера дорівнює 6,6 Гц».

Ситуація 3: «Вібрація двигуна відповідає 10 Гц».

Ситуація 4: «Температура двигуна приблизно  $80^{\circ}\text{C}$ ».

Ситуація 5: «Кількість обертів колінчастого валу двигуна дорівнює 2000 об/хв».

Ситуація 6: «Тиск масла в гідросистемі становить  $7\text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$ ».

Ситуація 7: «Температура гідравлічної рідини  $55^{\circ}\text{C}$ ».

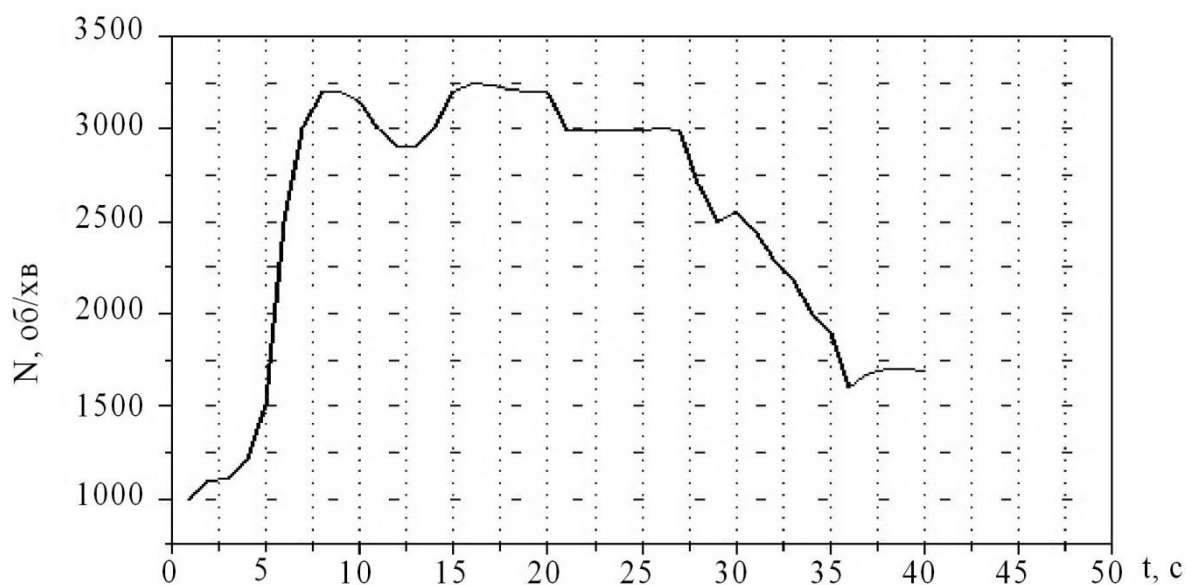


Рис. 3. Кількість обертів колінчастого валу в середньо навантаженому режимі.

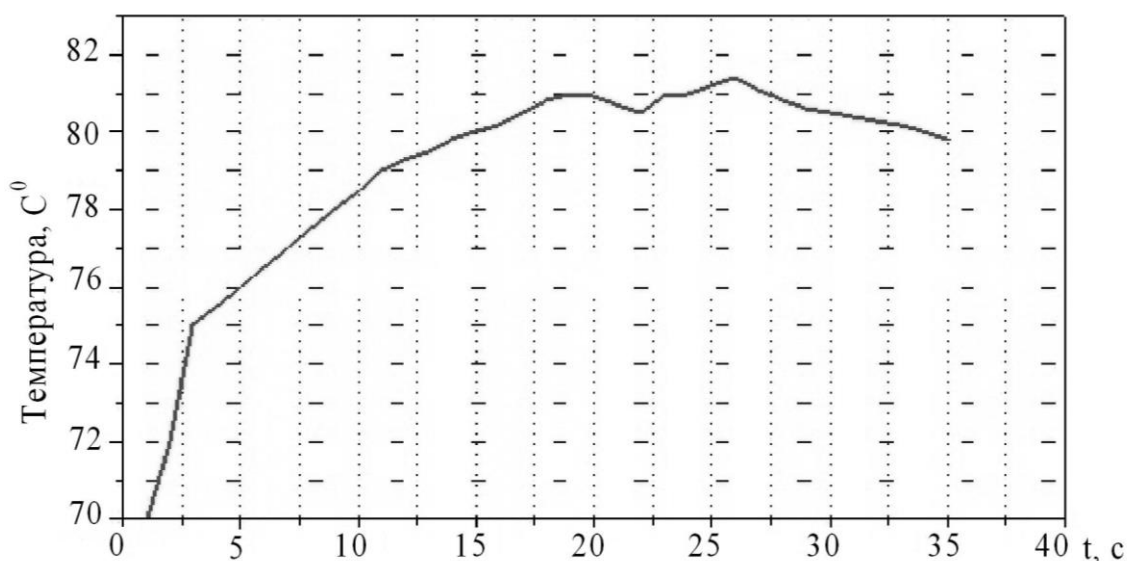


Рис. 4. Температура двигуна в середньо навантаженому режимі.

Як показують результати експериментальних даних основним критерієм, який в більшій мірі характеризує середньо навантажений режим роботи є величина навантаження на робочий орган автогрейдера. Враховуючи динаміку вимірюваного параметру частота, період та кількість вимірювань в різних ситуаціях буде різною і визначається за допомогою реалізацій.

Формування реалізації 1: «Вібрацію рами і відвалу вимірювати з періодом вимірювання в 1 хв, кількість вимірювань 300».

Формування реалізації 2: «Кількість обертів колінчастого валу і тиск в гідросистемі вимірювати з інтервалом 0,8 с, кількість вимірювань 75».

Формування реалізації 3: «Інтервал вимірювання температури відповідає 1 с, кількість вимірювань 60».

Формування реалізація 4: «Інтервал вимірювання вібрації двигуна дорівнює 0,6 с, кількість вимірювань 100».

За набором подібних нечітких правил буде проводитися їх реалізація у вигляді нечітких вимірювань динамічних параметрів дорожньої машини відповідно до зовнішніх динамічних навантажень.

**Висновки.** Таким чином, розроблений підхід, щодо використання нечітких вимірювань в бортових ПВС дорожніх машин, на думку авторів, дозволить оптимізувати процес вимірювання динамічних параметрів дорожньої машини та значно підвищить ефективність роботи та надійність ПВС.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Концепция мягких вычислений в бортовых интеллектуальных системах реального времени [Текст] Труды международной конференции по мягким вычислениям и измерениям, том 1, SCM-99, СПб, 10-14 июня 1999 /: Ю. И. Нечаев. - С. 64-68.
2. Деменков, Н. П. Нечеткое управление в технических системах [Текст] / Н. П. Деменков. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 200с.
3. Галушкин, А. И. Теория искусственных нейронных сетей [Текст] / А. И. Галушкин — М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.