

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Нагорного Володимира В'ячеславовича

«Контроль динамічної поведінки металообробних технологічних систем і метод визначення їх ресурсу»,

яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Актуальність теми дисертації. Визначення ресурсу різноманітних технічних систем, тому числі і металообробного обладнання, з урахуванням умов їх експлуатації та призначення є важливою науково-технічною проблемою, оскільки їх надійне та безперебійне функціонування є запорукою якості машинобудівної продукції. При цьому слід мати на увазі той факт, що такі системи експлуатуються в умовах широкого спектру динамічних навантажень.

Для оперативного контролю технічного стану об'єктів, котрі є предметом вивчення даної роботи, використовуються непрямі методи, які дозволяють за величиною інформаційних сигналів, що супроводжують їх роботу, оцінювати ступінь критичності динамічної поведінки. Проте на відміну, наприклад, від роторних машин, в даному випадку відсутні відповідні регламентуючі нормативні документи.

Аналіз параметрів експлуатації металообробного обладнання свідчить, що одним з інформаційних сигналів його технічного стану, а відповідно і ресурсу, може слугувати амплітуда коливань, яка в процесі технологічного процесу (обробки) змінюється і вірогідно в певній закономірності. За наявності аналітичної залежності цього процесу або тренду можна непрямо судити про зміну технічного стану контрольованого обладнання, а також знаходити фактичний його ресурс, який відповідає фактичному навантаженню в умовах експлуатації.

Таким чином, є нагальна необхідність оперативного контролю динаміки металообробних систем по тренду такої визначальної характеристики їх технічного стану як амплітуда коливань з урахуванням впливу експлуатаційних навантажень.

Тому актуальність теми представленої дисертаційної роботи, яка полягає саме у визначенні динамічної поведінки металообробних технологічних систем і закономірностей її зміни в часі, та розробці методу прогнозування їх ресурсу за результатами контролю тренда амплітуди коливань з використанням сучасних підходів математичного моделювання, не викликає сумніву.

Зв'язок роботи з пріоритетними науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в Сумському державному університеті на кафедрі металорізальних верстатів та інструментів у відповідності із затвердженими планами науково-дослідної теми «Підвищення віброресурсу процесів фрезерування та точіння складнопрофільних деталей з важкооброблюваних матеріалів на основі керування і оптимізації геометрії різальної частини інструментів» (№ДР 0113U000136).

Висновки про обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірність основних результатів. Обґрунтованість запропонованих в роботі математичних моделей об'єктів дослідження з урахуванням характерних для них технологічних процесів та умов експлуатації; зіставленням і критичному аналізу отриманих результатів досліджень з відомими з науково-технічної літератури; коректністю постановки задачі з погляду сучасних досягнень в галузі динаміки та міцності різноманітних об'єктів машинобудування; використанням сучасних методів аналізу їх динамічних процесів та методів теорії «нечітких множин», цифрової обробки сигналів, методів оптимізації і теорії інформації для розробки алгоритму контролю динамічної поведінки металообробних систем та аналізу експериментальних даних.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі, До основних нових наукових результатів роботи слід віднести такі:

- розрахунково встановлено та експериментально підтверджено подібність тренду амплітуди коливань металообробних систем і кривої зношення їх слабкої ланки – різального інструменту, що стало підґрунтям для розробки методики контролю динамічної поведінки таких систем як засобу для науково обґрунтованого вибору їх режимів роботи для продовження в заданих межах терміну бездефектного функціонування;
- розроблено новий метод прогнозування ресурсу металообробних систем, числове значення якого визначається за допомогою параметричної ідентифікації аналітичної залежності, яка описує тренд амплітуди їх коливань впродовж встановленого терміну контролю.

Практична цінність результатів роботи полягає в розробці алгоритму контролю динамічної поведінки металообробних систем і його програмної реалізації, що дозволило автоматизувати процес контролю їх динамічної поведінки, прогнозування ресурсу та адаптивне керування на цій основі процесом функціонування. Технічні рішення, пов'язані з контролем динамічної поведінки таких систем і визначення на цій основі їх фактичного ресурсу, захищені чотирма патентами України.

Про практичну значимість роботи свідчать також дані дослідної експлуатації в умовах промислового виробництва розроблених методик контролю динамічної поведінки металообробних систем та методу прогнозування їх ресурсу, реалізованих у вигляді програмного продукту, який використовується в мікропроцесорних пристроях, а саме те, що вони забезпечують економію до 10% часу металообробки, який традиційно витрачається на виявлення і заміну різальних інструментів, які вийшли з ладу, та не менше ніж на 10% підвищити ефективність роботи металообробних систем, особливо при виготовленні відповідальних деталей, у тому числі довгомірних і великогабаритних.

Результати роботи у вигляді мікропроцесорного прогнозно-діагностичного комплексу впроваджені в ПАТ « Сумське машинобудівне НВО» та ТОВ «ТРИЗ» ЛТД, що підтверджено відповідними актами.

Оцінка структури, обсягу та змісту роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 225 сторінок, з яких 139 сторінок – основного тексту, в тому числі 68 рисунків та 8 таблиць. Список використаних джерел складається із 206 найменувань.

У **вступі** обґрунтована актуальність та доцільність теми дисертації, сформульовано її мету і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичну значущість роботи.

Перший розділ на прикладі металообробних технологічних систем присвячено аналізу проблеми знаходження ресурсу механічних систем, розглянуті основні методи оцінки ресурсу і вказані їх недоліки. Показано, що ці методи, як правило, ґрунтуються на непрямій оцінці технічного стану машин за величиною інформаційних сигналів, супроводжуючих їх роботу. Однак, на відміну, наприклад, від роторних машин, для яких розроблені «Норми віброактивності ...», подібні нормативні документи для металообробних систем відсутні, що істотно ускладнює проблему і вимагає розробки методів оцінки ступеня критичності динамічної поведінки таких систем та оцінки їх ресурсу за відсутності подібних норм.

Результати вирішення задачі з вибору виду інформаційного сигналу для прямої оцінки ступеня критичності динамічної поведінки металообробних систем, що дозволяє визначати тривалість їх наробітки до граничного стану без переривання процесу функціонування представлені у **другому розділі**. Серед різноманітних інформаційних сигналів, що генеруються в процесі роботи металообробних систем, був обраний звук, тренд якого чутливо реагує на особливості динамічної поведінки цих систем в процесі виконання ними заданої технологічної операції.

Далі, за допомогою математичного моделювання динамічної поведінки двох типових металообробних систем, а саме, токарного та фрезерного верстатів, досліджуються закономірності зміни звукового тренда в міру погіршення технічного стану даного типу машин. В якості причини такої зміни розглядався знос і подальше руйнування різального інструменту, як найбільш слабкої ланки подібних механічних систем.

Моделювання показало, що у звукового тренда є дві характерні ділянки - повільної його зміни і різкого зростання. Це підтверджено результатами спеціально поставленими здобувачем експериментами і добре узгоджуються з відомими літературними даними.

У **третьому розділі** описана розроблена на основі результатів моделювання динаміки металообробних систем і тестових експериментів прогнозна модель, відмінною особливістю якої є те, що ресурс механічної системи, який треба знайти, включено в структуру моделі в якості одного з її параметрів. Це дозволяє визначати ресурс при ідентифікації прогнозної моделі за результатами контролю тренда звуку, що характеризує динамічну поведінку контрольованого обладнання протягом усього періоду його експлуатації. Даний підхід до визначення ресурсу дозволяє вперше знаходити фактичний ресурс машин, що відповідає сформованим умовам їх експлуатації, при відсутності нормативних документів, які регламентують ступінь критичності динамічної поведінки даного типу обладнання.

Результати досліджень з розробки методики и алгоритму контролю динамічної поведінки металообробного устаткування, здійснюваного в режимі реального часу без переривання процесу його функціонування, представлені в **четвертому розділі**. Для формалізації процедури контролю розроблені узагальнені критеріальні вирази - показники стану, які отримані методами теорії «нечітких множин» і дозволяють кількісно описати і віднести с точки зору динаміки машин різноманітні умови роботи металообробних систем до ряду стандартних, що істотно підвищує достовірність оцінки ступеня критичності динамічної поведінки контрольованого обладнання.

З метою впровадження даної методики контролю у виробничу практику алгоритм її виконання був автоматизований, для чого був розроблений програмний продукт, який використовується в мікропроцесорних пристроях і дозволяє в режимі реального часу безперервно стежити за динамічною поведінкою об'єкта контролю, реєструючи в режимі реального часу параметри звукової хвилі і проводячи його комп'ютерну обробку для знаходження ресурсу контрольованого обладнання. Можливість контролю динамічної поведінки металообробної системи та знаходження на цій основі її ресурсу дозволило розробити методику цілеспрямованого вибору режиму роботи таких систем для продовження у заданих межах терміну їх бездефектної роботи та запобігання раптової відмови.

У **п'ятому розділі** наведено результати експериментальної перевірки розроблених методик та алгоритмів контролю динамічної поведінки металообробних систем і знаходження на цій основі їх ресурсу, основні положення яких викладені в попередніх розділах роботи.

Публікації та оприлюднення результатів. За результатами проведених комплексних експериментально-розрахункових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано 27 наукових праць, з яких монографія в співавторстві, 10 статей в наукових фахових виданнях України та 4 – у закордонних періодичних виданнях, в т. ч. одна стаття у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus, що відповідає нормативним вимогам. Крім того, отримано 4 патенти України. Матеріали роботи апробовані на багатьох науково-технічних конференціях та семінарах.

Основні зауваження по роботі:

1. Бажано було б більше уваги приділити аналізу результатів математичного моделювання динамічної поведінки металообробних систем (розділ 2).
2. На жаль, при розкритті розробленої прогнозовної моделі, як основи методу прогнозування ресурсу металообробних систем, не вказано метод пошуку параметрів при її ідентифікації (розділ 3).
3. З викладених в розділі 5 результатів експериментальної апробації розробленого методологічного забезпечення прогнозування ресурсу металообробних систем на прикладі токарного верстата неясно, що є критерієм їх достовірності, тобто відсутнє, наприклад, порівняння з даними його експлуатації.
4. В роботі не вдалося уникнути деяких редакційних та термінологічних неузгодженостей і граматичних помилок:

- в назві роботи більш доречно було б замість словосполучення «визначення ресурсу» використати «прогнозування ресурсу»;
- в меті роботи задекларовано «розвиток методів контролю динамічної поведінки металообробних технологічних систем», але це не знайшло відображення у висновках по роботі;
- терміни «коливання» та «вібрація» використовуються в роботі як синоніми, хоча відомо, що вібрація – це частковий вид коливань;
- мають випадки використання нестандартизованих термінів. Так, наприклад, в рівнянні (2) автореферату коефіцієнт в'язкого опору чомусь названо коефіцієнтом демпфірування;
- автор в роботі часто посилається на «Нормы виброактивности», хоча в списку використаних джерел вони відсутні.

Загальний висновок.

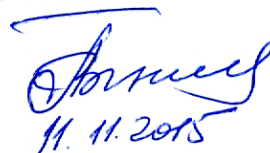
Результати проведеного аналізу дисертаційної роботи Нагорного Володимира В'ячеславовича «Контроль динамічної поведінки металообробних технологічних систем і метод визначення їх ресурсу» дозволяють зробити однозначний висновок, що вона є завершеним науковим дослідженням з вирішення актуальної задачі по оперативному контролю динамічної поведінки металообробних технологічних систем та розробці методу прогнозування на підставі цього ресурсу даних систем і за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Сформульовані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи, їх слід розглядати як побажання здобувачу наукового ступеню для подальшої плідної науково-дослідної роботи і вказують на необхідність більш уважного ставлення до оформлення результатів.

Автореферат достатньо відповідає змісту дисертаційної роботи, оформлення дисертації і автореферату в цілому відповідає нормативним вимогам.

Робота задовольняє вимогам п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», щодо кандидатських дисертацій, а її автор, В.В.Нагорний, безумовно заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Завідувач відділу коливань та вібраційної надійності Інституту проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України
доктор технічних наук, професор


11. 11. 2015

А.П.Зіньковський

Власноручний підпис А.П.Зіньковського
ЗАСВІДЧУЮ:

Учений секретар
Інституту проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України
кандидат технічних наук





В.І.Скрипченко