

УДК 681.5; 621.9

Д.Ю. Мирний, В.В. Медведєв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Розпізнавання аварійних ситуацій роботи верстатів з ЧПК на основі штучного інтелекту

Одна із найбільш серйозних проблем при роботі на верстатах з ЧПК - це аварійні ситуації поломки інструмента [1]. Особливо небезпечні ті поломки, у яких від нормального режиму роботи до закінчення катастрофічної поломки проходить менше, ніж 200-400 мс. Звичайно вони пов'язані з різким ударним збільшенням глибини різання. Такі поломки виникають по декільком причинам:

- 1) Помилки в первісному налагодженні верстата з ЧПК:
 - a. невірне налаштування нуля деталі;
 - b. помилкова установка невірного інструмента;
 - c. помилки при настроюванні нуля інструмента.
- 2) Низька точність розташування поверхонь заготовлі:
 - a. браковані по розмірах заготовлі;
 - b. помилкова установка не тих заготовель;
- 3) Помилки в конфігурації пристосування:
 - a. установка пристосування, що не відповідає технології;
 - b. зміна зовнішнього контуру пристосування після ремонту, що особливо актуально для довжин замінних болтів і ремонту захисних стінок;
- 4) Помилки в керуючих програмах:
 - a. підходи й відходи інструмента, які не враховують конфігурацію пристосування й заготовлі;
 - b. не облік габаритів шпинделів, люнетів і інших частин, що рухаються, верстата, особливо при обробці глибоких порожнин;
 - c. помилки в розрахунку максимального припуску, що знімається, (як по глибині, так і по подачі), пов'язані з відсутністю або помилками в розрахунку конфігурації межопераційної заготовлі;

d. грубі помилки в програмах, часто пов'язані з ручним виправленням на завершальних стадіях проектування.

5) Збої в системі ЧПК

- a. програмні збої або помилки в стійці верстата ЧПК;
- b. апаратні збої, в основному пов'язані з перепадами живлячої напруги або з контактами в кабелях додаткових пристосуваннях, керованих від основної стійки ЧПК;
- c. низька швидкість розрахунку керуючих імпульсів стійкою на сервоприводи подач, що приводять до ударних вібраційних навантажень на інструмент.

б) Розкріплення заготівель під час роботи:

- a. помилки в розрахунках сил закріплення;
- b. не облік траєкторії падіння великих відрізків напусків;
- c. мимовільне від'єднання джерел енергії закріплення від пристосування.

Велика кількість причин катастрофічних аварійних ситуацій на верстатах зі ЧПК приводить до того, що ці ситуації фактично неминучі.

Для розпізнавання таких аварійних ситуацій потрібне зняття сигналів з датчиків, обробка сигналу, ухвалення рішення й видача керуючого сигналу. Тип датчиків вирішує ключову роль у вигляді такої системи, зручності її монтажу в технологічну систему. Можливе застосування датчиків наступних типів: п'єзоелектричний, трансформаторний, пірометричний, оптоволоконний, світловий, оптоелектронний, фотометричний, лазерний, оптичний фоторезисторний перетворювач, тензодатчики, індукційний електромагнітний, потенціометричний, трансформаторний, магнітопружний, тахометр-частотомір, динамометр, акселерометр, акустично-емісійний, лінійний, доплерівський імпульсний, п'єзозомікрофон, п'єзоелектричний, сейсмічний, датчик крутного моменту, генераторні.

Із усього різноманіття датчиків принципу максимальної простоти впровадження в існуючі системи є акустичні датчики [2]. Вони не вимагають знаходження в безпосередній зоні різання, не вимагають точної юстировки положення, не вимогливі до граничних прискорень і можуть мати захисний кожух від шкідливого впливу мастильно-охолоджуючої рідини. У теж час вони мають два

істотних недоліки: низька вибірковість і низька перешкодозахищеність. Такий датчик сприймає ряд перешкод, а саме:

- 1) вібрацію корпусу, на якому закріплений;
- 2) падіння стружки й шум мастильно-охолоджуючої рідини, що ллється;
- 3) гул сервоприводів верстата;
- 4) зовнішні акустичні шуми.

Один з варіантів зменшення перешкод є установка датчиків по стерео- або квадро- системі. При цьому важливо витримати, щоб акустичний центр такої системи перебував у безпосередньо в зоні різання, як показано на малюнку 1.

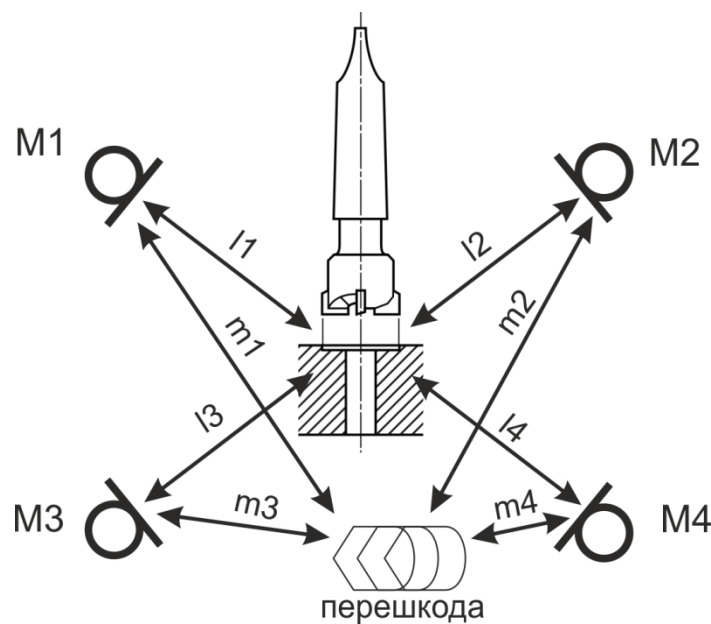


Рис. 1. Схема розміщення акустичних датчиків M 1-M4.

Відстані l_1-l_4 , які проходить сигнал від зони різання однакові. У теж час сигнал перешкоди проходить до датчиків різні відстані m_1-m_4 . При додаванні таких сигналів уже в електричних колах виникають різні інтерференційні картини. Від зони різання сигнал буде стабільно сильним, а від джерела перешкод буде нестабільний по потужності через інтерференцію. Це дозволить відсівати частина перешкод під час обробки сигналу.

Але навіть із інтерференційним захистом від перешкод акустичний сигнал залишається досить зашумлен. Аналіз сигналів під час катастрофічних поломок інструмента й під час вривання інструмента в штатному режимі показав незначні розходження в спектрі. При цьому різні ситуації катастрофічної поломки інструмента приводять до значно розходжень в акустичному сигналі. Тому

для рішення завдання розпізнавання аварії буде використовуватися математичний апарат штучних нейронних мереж [3-7]. Він дозволяє виділяти корисну інформацію із зашумленого сигналу.

Навчання більшості систем розпізнавання припускає створення досить великої експериментальної бази. Для того щоб позбутися від тривалих і не дешевих експериментів по створенню аварійних ситуацій пропонується система має систему додаткового навчання безпосередньо на виробництві.

Для здійснення додаткового навчання в систему включають модуль короткострокового запису діагностичного сигналу й модуль організації процесу навчання, як показано на малюнку 2. Первісне налаштування системи виробляється в лабораторних умовах. Подальше донавчання виконується верстатником безпосередньо на робочому місці. Якщо відбувається аварійна ситуація, що не розпізнана системою, верстатник натискає кнопку «Донавчити». Модуль організації процесу навчання знаходить у записі різка зміна амплітуди й вважає його аварійною ситуацією. Після чого запускає в нейромережі процес донавчання по запису.

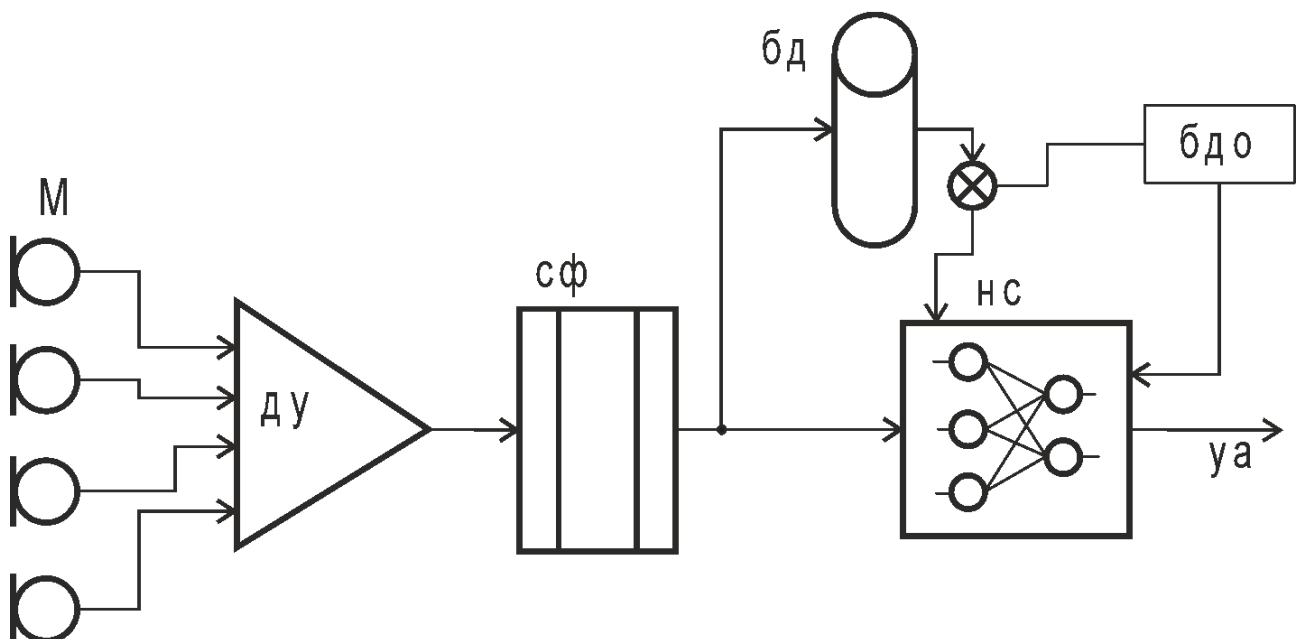


Рис. 2. Схема виявлення аварійної ситуації катастрофічної поломки різального інструменту.

Як можна побачити з малюнка 2, сигнал з акустичних датчиків М надходить на диференціальний підсилювач ДУ. Там відбувається посилення сигналу й зменшення перешкод за рахунок додавання. Сила найбільш значимих діапа-

зонів частот зі спектрального фільтра СФ надходить як на вхід нейромережі НС, так і на кільцеву пам'ять БД. У робочому стані на виході нейромережі з'являється сигнал УА, що характеризує рівень аварійності поточної ситуації в зоні різання. Його можливо використовувати, наприклад, як сигнал зупинки виконання керуючої програми ЧПК.

При натисканні верстатником кнопки «Донавчити» на блоці БДО відбувається перегляд запису з метою пошуку сплесків, що характеризують аварійну ситуацію. При знаходженні цієї крапки запису БДО включає в нейромережі режим навчання і як навчальна вибірка пересилає запис із аварійною ситуацією. У такий спосіб система може донавчитись прямо на робочому місці.

Висновки:

1. Кількість можливих факторів, що приводять до аварійних ситуацій з катастрофічною поломкою інструмента настільки велика, що ймовірність цієї події значна. Це твердження так само засноване на практичному досвіді.

2. Система розпізнавання таких ситуацій для легкої інтеграції в існуюче встаткування повинна мати лише акустичні датчики. Але їхнє застосування вимагає значних зусиль по боротьбі із шумами.

3. Система на основі штучних нейронних мереж дозволяє не проводити повний спектр досліджень у лабораторних умовах, а донавчатись вже безпосередньо у виробничих умовах.

396

Список використаних джерел

1. Медведев В.В. Точность распознавания режимов резания при косвенной диагностике токарной обработки / В.В. Медведев, В.С. Медведев, А.А.Гладченко // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. Наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. Вип. 42. – С. 187-192.
2. Шатагин Д.А. Повышение динамической устойчивости процесса резания на основе подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта: дис. канд. техн. наук : 05.02.07 / Шатагин Дмитрий Александрович – Нижний Новгород, 2018. – 159 с.
3. Носиров И.С. Построение системы управления электроприводными системами металлорежущих станков с нейронными сетями: дис. канд. техн. наук : 05.09.03 / Носиров Исмоил Сафарович – Нижний Новгород, 2019. – 113 с.

4. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве / [Ю. Г. Кабалдин, Д. А. Шатагин, П. В. Колчин та ін.]. – Москва, 2018. – 329 с.
5. Кордюков А. В. Использование методов искусственного интеллекта для построения математической модели детали с целью дальнейшего технологического проектирования / А. В. Кордюков. // Известия МГТУ «МАМИ» № 1(19), 2014, т. 2. – 2014. – С. 117–122.
6. Шатагин, Д.А. Разработка динамического паспорта технологического оборудования на основе нейронно-сетевого моделирования с использованием технологии nvidia CUDA [Текст] / Шатагин Д.А., Лаптев И.Л., Зотов В.О., Сидоренков Д.А. // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-1. С. 117-120.
7. . Хайкин, Саймон Нейронные сети: полный курс, 2е издание [Текст] / Хайкин, Саймон. : Пер. с англ. М. Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с. : ил. Парал. тит. англ. "Вильямс", 2006. 1104 с. : ил. Парал. тит. англ.
8. Hopfield, J. J. Neural network and physical systems with emergent collective computational abilities // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1982. - V.79. -Pp. 2554- 2558.