

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ»

Кулик Ростислав Юрійович

УДК 621.78.015

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ АКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ
ЯКОСТІ СКЛАДАННЯ МНОГОБОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ

Спеціальність 8.05050201 – Технологія машинобудування

Автореферат
Магістерської дипломної роботи

Краматорськ – 2016

Дипломною роботою є рукопис

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник д.т.н, проф.

Ковалевський Сергій Вадимович,

Донбаська державна машинобудівна академія

Захист відбудеться 5 січня 2016р. в Державній машинобудівній
академії за адресою м. Краматорськ, вул. Шкадинова 72, 84313

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Необхідність створення нового способу, завдяки якому з'явиться можливість контролювати многоболтові з'єднання, введе машинобудування на новий рівень.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження можливостей застосування акустичного спектру як функції відгуку «білого шуму» для контролю і випробувань многоболтових з'єднань, а також виробів керуючої гідравліки, розробка експериментальної методики випробувань і їх застосування у виробничих умовах.

Відповідно до поставленої мети визначено наступні **завдання**:

- Виконати теоретичний аналіз досліджень, проведених в області вивчення неруйнівних методів контролю, зокрема тих , що застосовують звукові хвилі;
- Дослідити вплив звукових коливань на виявлення дефектів;
- Розробити методику експериментальних досліджень і провести експериментальні дослідження для виявлення дефектів за допомогою амплітудно-частотної характеристики неруйнівного методу контролю;
- На базі експериментальних досліджень виконати графічну обробку результатів вимірювань;
- Розробити математичні моделі визначення амплітудно-частотної характеристики для знаходження відхилень від заданих якісних показників деталей.
- Сформулювати практичні рекомендації щодо застосування неруйнівного методу контролю за допомогою амплітудно-частотної характеристики в машинобудівних процесах.

Об'єкт дослідження: вироби деталей машин, а саме болтові з'єднання та гідравлічні клапани.

Предмет дослідження: способи застосування акустичного спектру як функції відклику від «білого шуму» для забезпечення працездатності виробів.

Методи дослідження - експериментальне дослідження, нейромережеве моделювання.

Наукова новизна роботи: розроблена методика контролю і випробувань виробу, на базі аналізу акустичного спектру, яка створена за допомогою нейромережевого моделювання.

Практична цінність:

– розроблено методику контролю якості затягування многоболтових з'єднань;

– розроблені технологічні рекомендації по використанню акустичного спектру, при проведенні випробувань керуючої гідравліки

Наукова апробація роботи: основний зміст та ідея роботи представлені на Всеукраїнській науковій конференції «Нейромережеві технології та їх застосування» (р. Краматорськ, ДДМА, 8 грудня 2015 р.), Студентській науково-технічній конференції «Молода наука» (р. Краматорськ, ДДМА, 10 квітня 2016 р.).

Особистий внесок: Особистий внесок полягає у проведенні експериментів, аналізі експериментальних даних, обробці результатів досліджень. Також за результатами роботи складені заявки на патенти (Ковалевський С. В., Кулик Р. Ю.):

1. Спосіб випробувань гідравлічних клапанів, що працюють під тиском;
2. Спосіб контрольованої затяжки різьбових з'єднань.

Публікації: результати досліджень опубліковані в п'яти збірниках наукових праць, у трьох збірниках тез наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дипломна робота містить: вступ, шість розділів і додатки. Розрахунково-пояснювальна записка містить: ___ сторінок, 33 рисунки, 6 таблиць, ___ додатків, 105 джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі: «Аналіз літературних джерел» - розглянуті різноманітні методи неруйнівного контролю, їх переваги та недоліки.

Усі дефекти, як відомо, викликають зміну фізичних характеристик металів та сплавів — щільності, електропровідності, магнітної проникності, пружних властивостей і т. д. Дослідження змін характеристик металів і виявлення дефектів, що є причиною цих змін, становить фізичну основу методів неруйнівного контролю. Ці методи засновані на використанні проникаючих випромінювань (рентгенівських і гамма-променів, ультразвукових і звукових коливань, магнітних і електромагнітних полів, оптичних спектрів, явищ капілярності і т.д).

До переваг методів неруйнівного контролю (МНК) належать: порівняно велика швидкість контролю, висока надійність (достовірність) контролю, можливість механізації і автоматизації процесів контролю, можливість застосування МНК у поопераційному контролі виробів складної форми, можливість застосування МНК в умовах експлуатації без розбирання машин і споруд та демонтажу їх агрегатів, порівняльна дешевизна контролю та інші.

Методи, з допомогою яких реалізується ПК, називаються методами неруйнівного контролю (далі МНК).

МНК, в основі яких лежать схожі фізичні принципи, умовно групуються по видах та класифікуються за трьома ознаками:

- за характером взаємодії контрольованого об'єкта з фізичним полем або речовиною;
- по первинному інформативному параметру (характеристика проникаючої речовини або фізичного поля, яка реєструється після її взаємодії з об'єктом контролю);

за способом, яким отримують первинну інформацію (первинна інформація – це реєструється після взаємодії з контрольованим об'єктом сукупність характеристик проникаючої речовини або фізичного поля). Це перспективна технологія виготовлення виробів одиничного і дрібносерійного виробництва в багатьох галузях промисловості (машинобудування, авіаційна і космічна галузі, медицина та ін.). Використання даної технології дозволяє виготовляти деталі з внутрішніми криволінійними отворами, недоступними виготовлені іншими методами обробки. Пряме виробництво з САПР і відсутність безлічі переходів і зміни позиціонування деталі на верстаті, як при традиційних методах виготовлення, дозволяє отримати високу точність виробу.

Однак, досить перспективним з точки зору наукового дослідження властивостей і можливостей стає розділ акустичних методів неруйнівного контролю та діагностики виробів машинобудування.

Акустичні методи (табл. 1.1) засновані на взаємодії з контрольованим виробом пружних коливань і хвиль широкого діапазону частот [80,60]. Наприклад, для неруйнівного контролю багатошарових конструкцій ці методи використовуються найбільш широко. Основними з них є низькочастотні методи, ультразвуковий метод проходження і, меншою мірою, ревербераційний і акустико-топографічний, хоча можливості розкриті далеко не повністю. Очевидно, основна проблема полягає в методології і застосовується математичному апараті для обробки даних акустичних сигналів.

Серед методів акустичного контролю виділяють: активні – використовують випромінювання і прийом акустичних сигналів, і пасивні (табл. 1.1) - засновані тільки на прийомі акустичних сигналів.

Таблиця 1.1 – Акустичні методи контролю [2]

Акустичні методи контролю																	
Активні											Пасивні						
Ультразвукові методи рухомих хвиль						Спектральні					Імпедансний метод	Акустико-емісійний	Спектральні				
Методи проходження		Кмбіновані		Луна-методи		Резонансні		Вільні коливання					Шумо-діагностичний	Вібро-діагностичний			
Метод проходження пружних хвиль (піньовий)	Тимчасовий піньовий метод	Велосиметричний метод	Дзеркально-піньовий метод	Ультразвуковий луна-метод	Луна-наскрізний метод	Луна-метод	Луна-дзеркальний метод	Дельта-метод	Діфракційно-часовий	Реверберційний метод	Акустико-топографічний метод	Локальний резонансний метод	Інтегральний резонансний метод	Локальний метод вільних коливань	Інтегральний метод вільних коливань		

Таким чином розглянуті в даному розділі методи контролю є не тільки сучасними і високоефективними, але інноваційними по своїй суті, Перевагами цих методів є: порівняно велика швидкість контролю, висока надійність (достовірність) контролю, можливість механізації і автоматизації процесів контролю, можливість застосування МНК у поопераційному контролі виробів складної форми, можливість застосування МНК в умовах експлуатації без розбирання машин і споруд та демонтажу їх агрегатів, порівняльна дешевизна контролю та ін.

У другому розділі: «Методика дослідження» - літературний аналіз, викладений у першій главі роботи, вказує на необхідність вирішення проблеми контролю виробів, автоматизації процесу і підвищення якості продукції.

Проблема є актуальною тому, що використовується на більшості підприємств, методика це – візуальний контроль, контроль за допомогою шкальних інструментів і виготовлених шаблонів, калібрів та ін. не дозволяють швидко, а головне, точно гарантувати працездатність того чи

іншого виробу. Актуальність даного методу можна пояснити високими економічними і точносними характеристиками.

Процес сортування деталей або виробів, що підлягають контролю (із участю людини), повинен здійснюватися безпосередньо на потоковій лінії в режимі реального часу незалежно від темпів виробництва. Сам по собі процес є одноманітним і виснажливим. Контролери, на яких покладена реалізація процесу контролю якості, можуть неадекватно оцінити стан деталі внаслідок втоми, неувважності або з якоїсь іншої причини. До того ж продуктивність праці людини в ряді випадків виявляється недостатньо високою для забезпечення необхідної швидкості виконання процесу і економного розподілу робочої сили. Наприклад, при виробництві деталей для автоматичних коробок перемикачів передач, час, відведений одному контролеру на перевірку деталі дорівнює 2,5 хвилин, тоді як машині потрібно 6 секунд. Це означає, що машина може замінити в даному випадку від 25 до 75 осіб. Крім того, контролери вже не в змозі забезпечити дотримання вимог, які постійно посилюються, з якою повинен бути проведений контроль. Це призводить до того, що відсоток браку при візуальній перевірці з участю людини досить високий, що тягне за собою, наприклад, великі рекламції, які можуть значно перевищувати вартість устаткування для автоматичного контролю якості

Наші експериментальні дослідження ґрунтуються на припущенні про підвищення контролю якості за допомогою застосування аналізу акустичного спектру як функції відклику від «білого шуму».

Для вирішення задач поліпшення якості контролю були поставлені наступні завдання:

1. Забезпечення якості складання виробів;
2. Розробка методики випробувань;
3. Реалізація методики в експериментальних умовах;

Розробка та практичне використання отриманих даних в умовах заводу. Для побудови математичної моделі процесу застосовано метод на базі

неймережевого моделювання за допомогою комп'ютерного пакету NeuroPro 0,25.

Таким чином для того щоб прискорити та підвищити якість проведення контролю, треба застосовувати новітні технології. Для виконання експерименту, а саме для аналізу даних, обрано методику моделювання за допомогою неймережевого підходу. Завдяки цього математичного інструменту, можна науково обґрунтувати експериментальні дослідження

У третьому розділі: «Теоретико-експериментальні дослідження неруйнівного контролю за допомогою амплітудно-частотної характеристики та виявлення відхилень від заданих параметрів» - Наші експериментальні дослідження ґрунтуються на припущенні про підвищення контролю якості за допомогою застосування аналізу акустичного спектру як функції відклику від «білого шуму».

Для вирішення задач поліпшення якості контролю були поставлені наступні завдання:

4. Забезпечення якості складання виробів;
5. Розробка методики випробувань;
6. Реалізація методики в експериментальних умовах;
7. Розробка та практичне використання отриманих даних в умовах заводу.

Дслідження можливостей акустичного контролю було поділено на дві частини.

1. Дослідження можливостей використання аналізу спектрів для контролю многоболтових з'єднань;

Основне завдання вхідного контролю – запобігання попадання у виробництво неякісної продукції, пропонованої на контроль.

На рис.1.1 представлена теоретична схема контролю простого болтового з'єднання, що складається з двох пластин 2, скріплених болтом 1 і гайкою 3. За допомогою випромінювача 5 на деталь подається «білий шум»,

який фіксується датчиком 4 у вигляді амплітудного спектру частот. Для визначення власної частоти болта визначаємо його масу. Відбитий спектр многоболтового з'єднання дозволяє визначити резонансну частоту під напругою. Змінюючи силу затяжки можна визначити характер зміни резонансних частот болтового з'єднання при тому чи іншому сталому значенні.

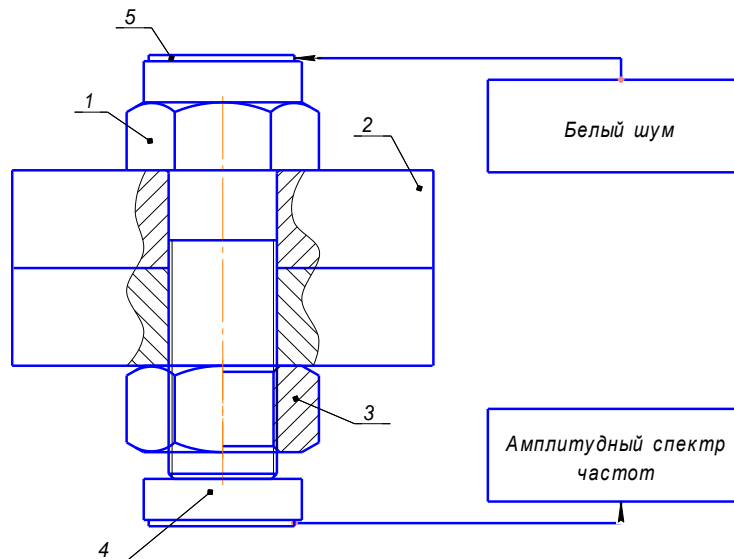


Рисунок 1.1 – Теоретична схема контролю болтового з'єднання.

Експериментальні дослідження ґрунтуються на припущенні що при затягуванні одного болта, інші розкручуються на випадкову величину. Для цього необхідно дослідити вплив 1-го затягнутого болта, на інші, а так само подальше затягування інших і їх вплив на затягнуті і розкручені болти.

Представимо експериментальну установку на рисунку 3.5, яка складається з: Вал 1 на якому кріпиться кришка 6 там стакан 5, за допомогою болтів 2, на вал 1 встановлюється випромінювач «білого шуму» 3, на болт 2 встановлюється аналізатор відбитого акустичного спектру.

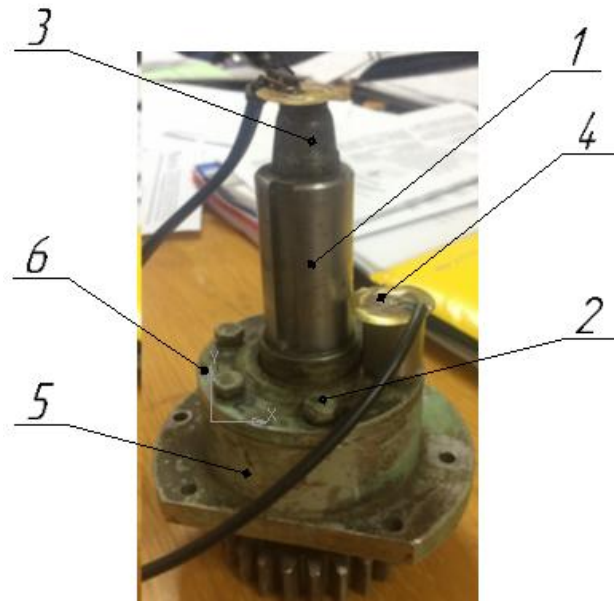


Рисунок 1.2 – Експериментальна установка

Принцип дії даної експериментальної установки: до заготовки 1 кріпиться, за допомогою магніту, датчик – комутатор через який подається «білий шум» 3 на один з болтів встановлюється – аналізатор 4, отриманий звук записується на комп'ютер.

Значення експериментальних даних (додаток А) були використані в якості вихідних для побудови математичної моделі. За допомогою програмного забезпечення NeuroPro 0.25 була побудована тришарова мережа з початковою кількістю нейронів 100 на кожному з трьох слоїв з наступною оптимізацією мережі, де вихідними симптомами являлись показники рівня шуму (X1 – X129), показники рівня зтяжки (Y1-Y6), а кінцевими симптомами – порядок зтяжки болтів (N1-N6).

У результаті нейромережевої апроксимації експериментальних даних (додаток Б) з'ясувалося, що рівень зтяжки болтів можливо контролювати на частотах: 6373-6718Гц та 18432-18777Гц, за ці частоти відповідають значення X39 та X109 (додаток А).

Таблиця 1.2 – Результат тестування нейронної мережі

N1	N2	N3	N4	N5	N6
3,211379	3,861401	4,743045	6,245674	1,230555	2,141108
1,490457	4,866484	5,183563	3,392358	1,867153	3,839123
1,061216	4,5055	5,064695	3,816196	2,44783	3,838613
2,852069	4,256382	4,819934	5,795181	1,210331	2,365543
3,024577	4,099837	4,995338	6,013463	0,9204113	2,319118

Із таблиці видно, що мережі вдалось спрогнозувати послідовність зтяжки, аналізуючи при цьому лише рівень шуму (N1-N6 – порядковий номер болта).

Таким чином було доведено, що за допомогою аналізу спектру, як функції відклику від «білого шуму» можна діагностувати стан многоболтового з'єднання. Нова, система контролю буде базуватися на аналізі спектру, як функції відклику від «білого шуму». Ця система дозволить оцінити рівень та спрогнозувати послідовність зтяжки, що, як ми вважаємо, зможе підвищити рівень якості і довговічності многоболтових з'єднань. Процес акустичного контролю, можна автоматизувати, тим самим зменшивши час на його проведення, та виключивши помилки I та II роду.

2. Дослідження можливостей використання аналізу спектрів для контролю гідравлічних клапанів

У результаті проходження переддипломної практики на Дружківському машинобудівному заводі» було проведено експериментальне дослідження для вирішення раніше поставлених завдань, а саме:

1. Використання акустичного контролю для гідравлічних випробувань виробів на працездатність.

Завод займається випуском керуючої гідравліки для шахтних стійок та кріплень, основним елементом яких, є клапан КПУ (рис. 1.3), складається з: корпусу (1), пробки (2), кільця 006-010 (3), шайби (4), золотника (5), опори

(6), пробки (7), пружини (8), фільтра (9), кільця 030-038 (10), кільця 023-027 (11), кільця 016-020 (12).

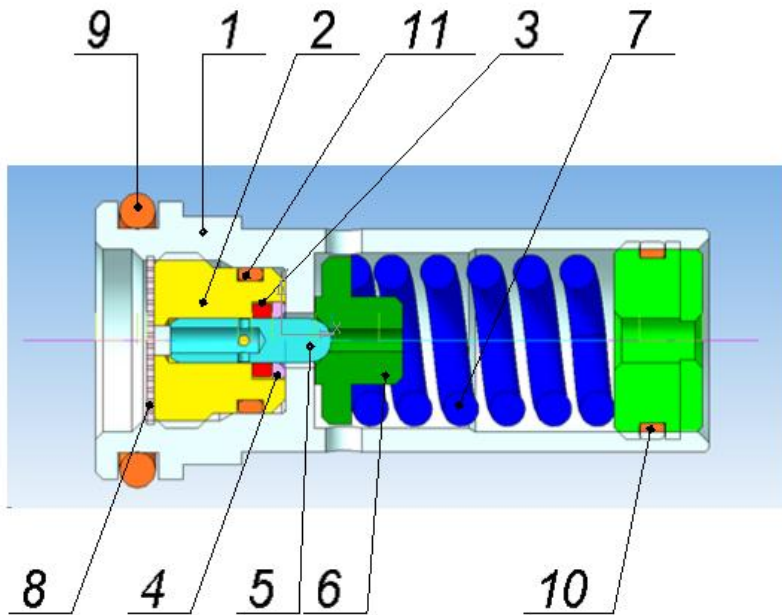


Рисунок 1.3 – Клапан КПУ

Клапан збирається згідно з технологічним процесом. Після складання, він піддається випробуванням відповідно до заводських нормативів, для цього він налаштовується на тиск у 300Мпа і випробовується на гідравлічному стенді.

Якщо клапан – придатний, то його встановлюють у вузол, якщо – не придатний, збирачі проводять заміну деталей (Рис. 1.4).

Найбільш важливими елементами клапану є: Злотник (1) та «червона резинка» – кільце 006-010 (3). У більшості випадків саме ці елементи значно впливають на його працездатність.

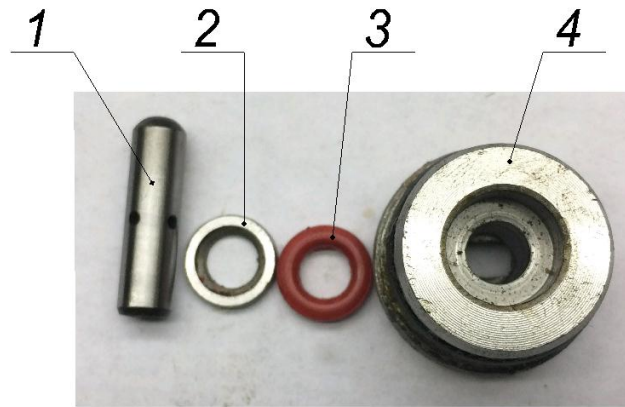


Рисунок 1.4 – Деталі які входять до збірної одиниці «Клапан»

При не дотриманні технологічного процесу обробки золотника, чи при поганій якості гуми, клапан перестає, виконувати свої функції.

Погану якість гуми (Рис. 1.5) можна визначити за кількома ознаками: задири на внутрішній або зовнішній частині (1), невисока еластичність, борозни та зарізи (2);

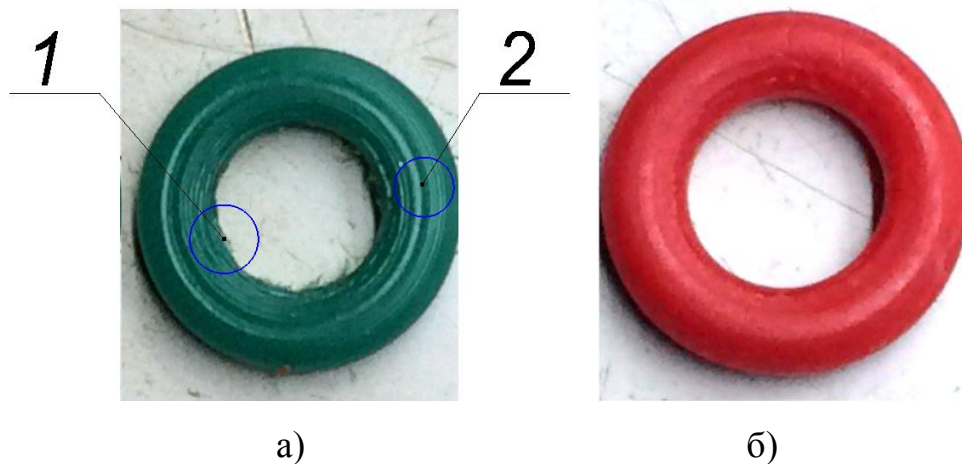


Рисунок 1.5 – а) резина низької якості, б) резина хорошої якості.

Для виконання експерименту було відібрано 16, заздалегідь випробуваних виробів. Вони були розділені на дві групи: придатні (10шт.) і не придатні (6шт.). Кожен клапан, повторно випробовувався, паралельно з цим, за допомогою мобільного пристрою записувалося його акустичне звучання.

Значення експериментальних даних (Додаток В) були використані в якості вихідних для побудови математичної моделі. За допомогою програмного забезпечення NeuroPro 0.25 була побудована тришарова мережа з початковою кількістю нейронів 100 на кожному з трьох слоїв з наступною оптимізацією мережі, де вихідними симптомами є показники рівня шуму (X_1 – X_{127}), а кінцевими синдромами – значення якості клапана (Y).

У результаті нейромережевої апроксимації експериментальних даних з'ясувалося, що контролювати значення якості клапану найкраще на частоті 20155-20499 Гц, за ці частоти відповідає частотний фільтр X_{118} (додаток В).

Мережа має 1 вхід, 3 нейрони та 1 вільний член (рис. 1.6)

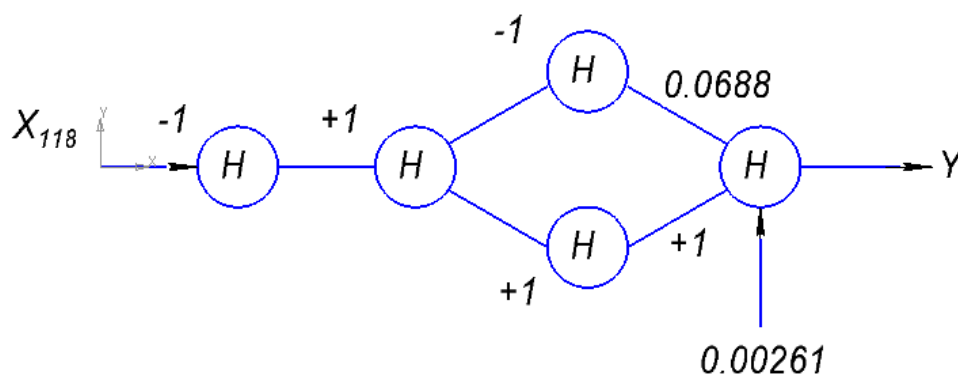


Рисунок 1.6 – Схема нейронної мережі

На основі отриманих даних за допомогою нейромережевого моделювання був розроблена нова система неруйнівного контролю, яка дає можливість за допомогою аналізу спектру, діагностувати якість збірки клапану.

Для тестування мережі були записані «звучання» клапанів, особливістю яких було те, що за допомогою стандартних випробувань неможливо було визначити придатні вони чи ні.

Після тестування мережа дала однозначний результат з 6 клапанів, тільки 1 є придатним (рис. 3.7).

№	Y	Прогноз сети	Ошибка
1		0,02034864	
2		0,978623	
3		0,02112225	
4		0,02144712	
5		0,0213064	
6		0,02048945	

Рисунок 1.7 – Результат тестування нейронної мережі

До переваг даної системи контролю можна віднести те що, вона дає змогу дати однозначний результат випробувань і уникнути помилок I та II роду, для цього необхідно, лише, ввести додаткові частотні фільтри, що будуть налаштовані на контроль певного параметру (рис. 1.8).

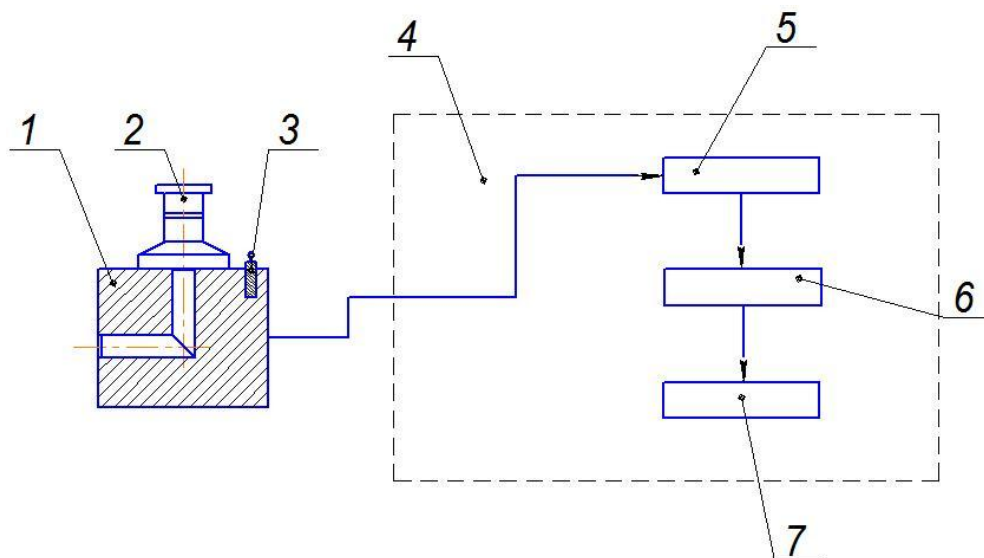


Рисунок 1.8 – стенд для випробувань гідравлічних клапанів, що працюють під тиском

Приклад здійснення способу. На випробувальний стенд 1, встановлюється гідравлічний клапан 2, з мікрофону 3, що вмонтований у стенд 1, записується акустичний сигнал дії клапану, який аналізується за

допомогою програмованого мікропроцесора 4, який вміщує блок обробки даних 5, звуковий фільтр 6, що аналізує акустичний спектр і налаштований на певний діапазон частот, блок отримання результату випробувань 7.

Таким чином, використовуючи отримані дані, необхідно розробити методику випробувань, що застосовується у промисловості. Побудовану на базі нейронної мережі, модель можна використовувати для подальшої оцінки якості керуючої гідравліки, як власного виробництва, так і придбанної на іншому підприємстві. Використовуючи акустичний контроль, разом із стандартними методами, дозволить підвищити вихід більшої кількості годних клапанів, та зменшити відсоток браку.

У четвертому розділі: «Розробка методичних вказівок до лабораторної роботи» - розроблені методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Визначення послідовності затягування многоботового з'єднання». Мета цієї роботи: визначити оптимальну послідовність затягування многоболтового з'єднання.

В п'ятому розділі: «Організаційно-економічна частина» - визначені і розраховані економічні показники. Аналізуючи метод вирощування деталі можна виявити суттєву економію коштів на:

1. Зниження трудомісткості (за рахунок застосування нової технології контролю), а, отже, зниження заробітної плати робітника;
2. Економії витрат на основні матеріали, так як витрат на заготівлю у нанівець;
3. Економії по змінній частині накладних витрат (внаслідок урахування відсотка загальновиробничих витрат транспортних витрат, так як немає необхідності транспортувати деталі);
4. Економії витрат на електроенергію;
5. Економія витрат за рахунок зниження рівня браку.

У шостому розділі: «Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях» - проведено аналіз фізичних, хімічних, психологічних і

біологічних небезпечних і шкідливих факторів, які існують в механоскладальних цехах.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ

У дипломній роботі запропоновані нові методи контролю многоболтових з'єднань та управляючої гідравліки за допомогою аналізу акустичного спектру. Виконали експериментальні дослідження і обробили їх результати із застосуванням методу моделювання за допомогою нейромережевого підходу. Розробили технологічні рекомендації по застосуванню нової методики контролю многоболтових з'єднань.

1) Опубліковано статті:

– Ковалевський С.В. Акустическая диагностика качества сборки многоболтовых соединений / С.В. Ковалевський, Р.Ю. Кулик // «Студентський Вісник Донбаської державної машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії - Краматорськ: ДДМА, 2016.

– Кулик Р.Ю. Акустична діагностика якості збірки і працездатності виробів керуючої гідравліки / Р.Ю. Кулик // «Молода наука ХХІ століття» збірник наукових праць всеукраїнської науково-технологічної конференції студентів та молодих вчених з міжнародною участю - Краматорськ: ДДМА, 2016.

– Ковалевський С.В. Застосування нейромережевого моделювання для діагностики якості складання виробів машинобудування / С.В. Ковалевський, Р.Ю. Кулик // «Нейромережні технології та їх застосування» збірник наукових праць всеукраїнської науково-технологічної конференції з міжнародною участю - Краматорськ: ДДМА, 2016.

2) Результати дослідження повідомлені на:

– Всеукраїнській науковій конференції «Нейромережні технології та їх застосування» (м Краматорськ, ДДМА, 8 грудня 2015р.);

– Студентській науково-технічній конференції «Молода наука» (м. Краматорськ, ДДМА, 8 квітня 2016р.);

– Міжнародній науковій конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Краматорськ, ДДМА, 17 листопада 2016р.)

– Всеукраїнській науковій конференції «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики якості складання виробів машинобудування» (м.Краматорськ, ДДМА 13 грудня 2016 р).

3) Оформлено заявки на патенти

1. «Спосіб випробувань гідравлічних клапанів, що працюють під тиском» (Ковалевський С.В., Кулик Р.Ю.)

2. «Спосіб контрольованої затяжки різьбових з'єднань» (Ковалевський С.В., Кулик Р.Ю.)

3) Основний зміст та ідея роботи представлені на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт в галузі «Машинознавство» (м. Одеса, ОНПУ, 2017 р.)