

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні системи та технології
(назва факультету)

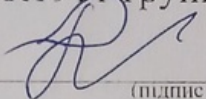
Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему: Автоматизація визначення поточного стану стрілочних переводів
(комплексна)

за освітньою програмою Системи керування рухом поїздів
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

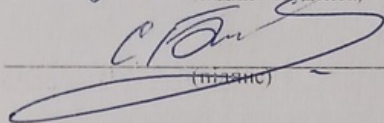
Виконав: студент СК1911 групи:



(підпис студента)

/ Роман КЛЮЗОВ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

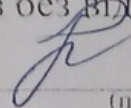


(підпис)

/ доцент каф. АТ Сергій БУРЯК /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



(підпис)

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Computer technology and systems

(faculty)

Automation and telecommunications

(department)

Explanatory Note

to Bachelor's Thesis

first

(higher education degree)

on the topic: Automation of determining the current state of turnouts (complex)

according to educational curriculum Train traffic control systems

in the Speciality: 273 Railway transport

(speciality and its code)

Done by the student of the group:

/ Roman KLIUZOV /
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ associate prof. Serhii BURIK /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні системи та технології (КСТ)

Кафедра: Автоматика та телекомунікації (АТ)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Освітня програма: Системи керування рухом поїздів

Спеціальність: 273 Залізничний транспорт
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ _____

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту Клюзов Роман Георгійович

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація визначення поточного стану стрілочних переводів
(комплексна)

Керівник роботи: Буряк Сергій Юрійович, к.т.н., доц.

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

« 25 » 10 2022 р. № 1093 ст

2. Строк подання студентом роботи: 14.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Стрілочний електричний привод (СЕП), схеми керування
СЕП, стрілочний перевід

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Актуальність автоматизації методів пошуку відмов

4.2 Основна частина: Автоматизація пошуку несправностей стрілочних переводів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	01.05-07.05	30%
2	Основна частина	22.05-28.05	60%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	12.06-18.06	100%
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	28.06.2023	

Студент

(підпис)

Роман КЛЮЗОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій БУРЯК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Актуальність автоматизації пошуку відмов.....	8
1.2. Пошук і усунення причин відмов централізованих стрілок.....	11
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВДІВ.....	15
2.1. Багаторівнева система моделей для управління експлуатацією парку електродвигунів стрілочних переводів на основі параметрів поточного стану.....	15
2.2. Отримання частотного спектра робочого струму електродвигуна...	17
2.3. Планування черговості ремонтів електродвигунів залізничних стрілочних переводів на основі індивідуальних моделей.....	18
2.4. Визначення часу пошуку несправностей при відмовах стрілочного перевода.....	21
ВИСНОВКИ.....	27
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	28

ВСТУП

Однією з основних вимог до залізничних перевезень є забезпечення їх безпеки. При цьому важливими системами є стрілочні переводи. В зв'язку з цим задача забезпечення працездатності, а також зменшення витрат на експлуатацію і ремонт парків стрілочних електроприводів, є актуальною.

Електродвигуни широко використовуються в промисловості та на залізничному транспорті, де в теперішній час обслуговування і їх ремонт виконується по планово-попереджувальному методу. При цьому передбачається виключення електродвигуна з експлуатації, що потребує значних матеріальних і часових ресурсів. Ремонт і заміна стрілочних приводів виконується згідно прийнятим в УЗ нормативам, що часто веде до передчасного капітального ремонту двигуна з невикористаним ресурсом. Для парків електродвигунів важливою і все більш актуальною задачею є перехід до обслуговування електродвигунів у врахуванням поточного технічного стану. Для автоматизованого рішення цієї задачі необхідно розробити ефективну технологію, відповідні моделі та методи, а також створити програмно-технічні засоби для експлуатації парків електродвигунів, які забезпечують своєчасну оцінку фактичного стану двигунів, а у випадку вичерпання технічних ресурсів вказують на необхідність їх заміни, або ж дозволяють визначити послідовність ремонтів електродвигуна в умовах обмежених часових та інших ресурсів.

Для забезпечення безперервності руху поїздів, планування робіт планово-попереджувального характеру по поточному утриманню колії, а також робіт по ремонту проводяться регулярні огляди і перевірки стану колії, стрілочних переводів і різноманітних споруд. Строки і порядок контролю перерахованих об'єктів встановлюються у відповідності до інструкцій.

В сфері колійного господарства важливу роль займає контроль стрілочних переводів. Автоматизація цього процесу дозволить значно скоротити час на пошук та усунення відмови, а також дозволить скоротити час знаходження обслуговуючого персоналу в зоні руху потягів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Актуальність автоматизації пошуку відмов

У сучасних умовах пошук та усунення відмов ведеться за обмеженої або неповної інформації, яка має неточний характер. Внаслідок низки причин на практиці є випадки, коли електромеханіку, який прибув на місце несправності, доводиться повертатися на пост електричної централізації за новими деталями, блоками та приладами. Тому для правильної організації технічного обслуговування необхідні нові методи та технічні засоби отримання своєчасної та достовірної інформації про технічний стан систем залізничної автоматики та телемеханіки.

Витрати по усуненню відмов систем залізничної автоматики та телемеханіки прямо пропорційні часу відновлення, а збитки від затримок поїздів, спричинених цими відмовами, особливо на вантажонапружених ділянках залізниць зростають швидше, ніж збільшується час відновлення. Помітно зменшити час відновлення дозволяють системи діагностичного чи прогнозуючого контролю стану пристроїв.

Технічна діагностика забезпечує своєчасне виявлення несправностей та створює можливість для оперативного їх усунення, аж до прогнозування роботи об'єкта діагностування. Засоби технічної діагностики мають великі експлуатаційні можливості, які забезпечують автоматичний контроль та своєчасну оцінку працездатності об'єкта контролю. Методи діагностування дозволяють збудувати таку послідовність контрольних та перевірочних операцій, при якій середній час пошуку виявиться мінімальним. У той же час слід враховувати, що при відмовах, які рідко зустрічаються, раціональна система пошуку відмов виявиться неспроможною і час на пошук може виявитися більше, ніж при випадкових перевірках, однак, вірогідність такого випадку мінімальна.

Незважаючи на цілу низку заходів щодо підвищення надійності систем залізничної автоматики та телемеханіки, до яких відносять планово-профілактичні роботи, організацію нових методів обслуговування, навчання обслуговуючого персоналу правилам та методам усунення відмов, час відновлення системи t_v залежить від таких випадкових величин, як час пошуку несправності t_{Π} , час сповіщення про появу несправності $t_{\text{оп}}$, час, що витрачається на слідування до пристрою, що відмовив $t_{\text{пр}}$, і час усунення несправності t_y :

$$t_v = t_{\Pi} + t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} + t_y \quad (1)$$

При впровадженні систем технічної діагностики та моніторингу час оповіщення незначний. Розмір $t_{\text{оп}}$ визначається частотою опитування контрольованих об'єктів. У системах діагностики час опитування не становить більше 30 с, тому при розрахунках часу відновлення величиною $t_{\text{оп}}$ можна знехтувати. Розробка та впровадження автоматизованих алгоритмів пошуку несправностей мінімізує величину t_{Π} .

Для мінімізації $t_{\text{пр}}$ необхідно використовувати безконтактні датчики, призначені для фіксації несправностей, що виникають у критичних місцях стрілочних переводів або стрілочній гарнітурі. Ці пристрої повинні мати можливість швидкої фіксації відхилень від встановлених норм та передачі даних на центральний пост.

При досягненні цих тимчасових складових до мінімуму співвідношення (1) набуде наступного вигляду:

$$t_v \rightarrow t_y \quad (2)$$

Таким чином, нові методи виявлення і пошуку несправностей істотно зекономлять час, а матеріальні втрати від затримок і простоїв поїздів будуть мінімізовані.

Залізнична станція є складною системою, що включає інфраструктурні об'єкти, які вимагають регулярного контролю їх стану. Проблеми в роботі на станції сучасних засобів діагностики, незважаючи на їх оснащення найновішим обладнанням, пов'язані з використанням окремого

локомотива, зайнятістю станційних колій різними складами, а також спеціальною технологією управління маневрами мобільних засобів.

Тепер же, щодо існуючої системи контролю станційної інфраструктури, яка включає огляди ревізорським апаратом та комісіями функціональних філій під керівництвом начальника дороги та передбачає детальну перевірку оснащення і методів утримання господарського обладнання показала себе як дієвий, але в той же час і громіздкий, тривалий процес. Дійсно, під час проведення таких перевірок виявляється велика частина невідповідностей по утриманню засобів залізничної автоматики, в тому числі і стрілочних електроприводів, проте перевірити усе неможливо, а демонстраційний характер наочної фіксації порушень не сприяє встановленню толерантних відносин серед працівників. До того ж, треба враховувати, що економічна складова витрат на виконання цих заходів є досить великою.

Аналіз технології оглядів показав такі її недоліки:

- тривалий збір інформації з різних засобів вимірювання, обробка її в центрі діагностики та моніторингу пристроїв інфраструктури, синхронізація даних за часом та координатою, підготовка звітних документів, найчастіше в ручному режимі;
- технологічно складна організація перевірки колії вагонами-колієвимірниками;
- брак інструментів щодо порівняльного аналізу поточних і попередніх даних, і навіть алгоритму перевірки якості виконаного ремонту;
- відсутність можливості автоматизованої реєстрації, оцінки та передачі інформації про виявлені несправності до центру прийняття рішень;
- відсутність прогнозування розвитку окремих несправностей та визначення ступеня їхнього передвідмовного стану;
- не передбачено автоматизоване планування ремонтних робіт за результатами перевірки колії, стрілочних переводів та інших об'єктів.

При огляді станції основними завданнями є:

- визначення поточного стану станційної інфраструктури;
- виявлення несправностей, що загрожують безпеці руху поїздів та потребують усунення в першочерговому порядку;
- визначення та контроль несправностей для запобігання їх розвитку та прогнозування можливих термінів переходу в небезпечний стан;
- здійснення контролю за усуненням виявлених несправностей.

На станції підлягають перевірці головні та приймально-відправні колії, а також стрілочні переводи. Контроль параметрів на кожному з об'єктів виконується по різних господарствах: колії, перевезень, автоматики та телемеханіки, зв'язку та радіозв'язку, електропостачання та пасажирського господарства.

Що стосується колійного господарства, то регулярно перевіряється понад 30 параметрів, переважна частина яких відноситься до стрілочного переводу. Процес обстеження стрілочних переводів досить тривалий, схильний до впливу різних факторів як з боку осіб, які здійснюють огляд, так і з боку перевізного процесу, технології та засобів вимірювання. Тобто слід враховувати величезний вплив суб'єктивного фактору.

1.2. Пошук і усунення причин відмов централізованих стрілок

Стрілки разом із електричними приводами на них є найважливішими вузлами електричної централізації. Відмова у роботі стрілки може звести до мінімуму надійність будь-якої системи централізації та до найважчих наслідків. Тому утриманню цього вузла у справному стані приділяється основна увага обслуговуючого персоналу станції – працівників сигналізації та зв'язку та працівників колії. Централізована стрілка включає в себе власне стрілочний перевід, електропривод та схему управління ним. Несправності стрілочного переводу зазвичай пов'язані з його неякісним обслуговуванням працівниками колії. У першу чергу сюди відноситься брудний стан стрілки, невчасне очищення її від снігу, провисання вістряків стрілки, наявність накату на рамних рейках, невідповідність розмірів нормам утримання і т. д. Найбільш характерні відмови на стрілочному переводі, усунення яких покладено на працівників колії ознаки прояву цих відмов наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Ознака відмови стрілочних переводів та її причини	
Ознаки відмови	Найбільш можливі причини відмови
1	2
При перевірці стрілки на щільність прижимання вістряків стрілка замикається при шаблоні товщиною 4 мм	1. Уширення колії біля вістряків стрілки; 2. Виконтовка вістряків через ослаблення корінного кріплення; 3. Відбій рамної рейки внаслідок слабкого її кріплення; 4. Викривлення вістряка; 5. Неправильне регулювання тяг.
При переведенні стрілки зазор між вістряком і рамною рейкою менше 4 мм, але стрілка не завершує перевід	1. Звуження колії біля вістряків стрілки; 2. Накат на вістряку або рамній рейці; 3. Регулювання приводу без допуску, внаслідок чого при зміні температури відбувається недохід стрілки за нормального зазору.
При переведенні стрілки зазор між вістряком і рамною рейкою більше допустимого, але стрілка не закінчує перевід (працює на фрикцію)	1. напесування снігу або бруду між вістряком і рамною рейкою або в корінному кріпленні; 2. Викривлення вістряка; 3. Надмірно затягнуті кореневі болти; 4. Забруднені болти упираються у вістряк; 5. Забруднені та незмащені башмаки стрілки. Вістряки лежать на малій кількості башмків.
При переводі стрілка не рухається з місця, електродвигун працює на фрикцію, струм фрикції в нормі або ж стрілка переводиться важко, електродвигун споживає підвищений струм.	1. Притиснутий вістряк затиснутий накатом рамної рейки; 2. Стрілка сильно забруднена; 3. Угон вістряка; 4. Сильно затягнуті кореневі болти; 5. Розвернулись упорні болти.

Особливо схильні до відмови централізовані стрілки при різких перепадах температури і вологості. Цьому сприяє напесування снігу та льоду в кореневих кріпленнях, причому ні обдування, ні обігрів стрілочного переводу не можуть повністю запобігти цьому явищу. Позитивний ефект був отриманий при заповненні проміжків під накладками графітовим мастильним матеріалом. Нанесений восени мастильний матеріал здатний протягом усієї зими захистити кореневі кріплення від напесування снігу та льоду.

Відмова у роботі стрілки може бути обумовлена також порушеннями в утриманні стрілочного електроприводу. Відмови електроприводів переважно зумовлені порушенням контакту автоперемикача, несправностями механічної частини та електродвигуна. Порушення контакту автоперемикача є наслідком неправильного регулювання зламу контактних колодок, важелів, контактів; покриття інеєм контактів; забруднення контактів та ін.

У таблиці 2 дано розподіл відмов елементів, але на рис. 1.1 показано розподіл відмов стрілочних електроприводів протягом року за місяцями. З малюнка видно, що максимум відмов падає на зимові місяці і є наслідком недостатньо ефективної підготовки стрілочного електроприводу до роботи в зимових умовах, покриття інеєм та обмерзання контактів автоперемикача через відсутність обігріву, важких умов переведення стрілок через напресування снігу, підвищену кількість відмов електродвигунів через обрив вивідних кінців секцій якоря.

Неправильне регулювання, що призводить до відмови електроприводів, є наслідком неякісного виконання графіка технологічного процесу обслуговуючим персоналом. Злам контактних колодок відбувається через неправильне регулювання врубів ножів, що розбивають колодки; зміни властивостей ізоляційного матеріалу за низької температури, що призводить до появи тріщин у місцях сполучення металу (ножів) з пластмасою. Таке явище – результат відмінності їх коефіцієнтів лінійного розширення при низьких температурах. Застосування колодок з ножами із матеріалів ДСВ та добавок виключає відмови через злам колодок. Важливим є своєчасна заміна колодок після вироблення призначеного ресурсу, обумовленого ТУ.

Таблиця 2

Розподіл відмов елементів стрілочного переводу по причинах

Причина отказа	Количество отказов, %, электропривода типа						
	СП-1	СП-2Р	СП-3	СПВ-5,6	СПГ-2,3	СПГБ-4	СП-6
Нарушение кон- такта автопереклю- чателя	62,07	59,36	57,57	56,14	62,75	45,45	53,25
В том числе:							
неправиль- ная регули- ровка	20,69	16,85	21,7	16,37	33,33	36,36	22,73
излом колод- ки контакта, рычагов, конт- рольных ли- неек	17,24	18,91	18,45	20,47	25,49	9,09	12,34
загрязнение	10,34	6,55	3,67	4,09	3,92	–	4,87
индевание	13,79	8,61	12,15	12,28	–	–	11,69
Заклинивание	3,45	1,5	4,17	7,02	1,96	–	2,92
шибера							
Неисправность механической пере- дачи	–	6,74	7,52	12,28	15,69	27,27	3,57
Нарушение кон- такта блокировоч- ного устройства	6,9	3,93	3,78	2,34	–	–	11,36
Нарушение ра- боты электродви- гателя	24,14	24,72	26,22	19,88	17,65	27,27	27,27
Прочие	3,45	3,75	0,75	2,34	1,96	–	1,62

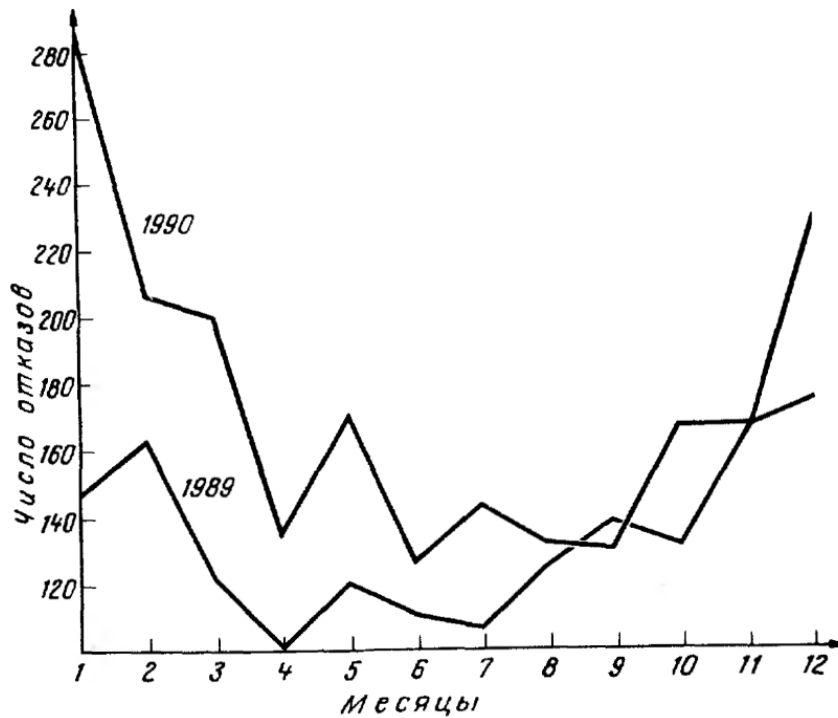


Рисунок 1.1 – Розподілення відмов стрілочних переводів по місяцям року.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

2.1. Багаторівнева система моделей для управління експлуатацією парку електродвигунів стрілочних переводів на основі параметрів поточного стану

Загальна схема розробленої автоматизованої системи управління експлуатацією парку електродвигунів представлена на рисунку 2.1. Тут показано, що кабелі, які живлять стрілочні двигуни, сходяться в релейній, де відбувається зняття кривої струму електродвигунів, що дозволяє реалізувати постійний контроль технічного стану всіх стрілочних електродвигунів на станції без виключення електродвигунів з процесу експлуатації.

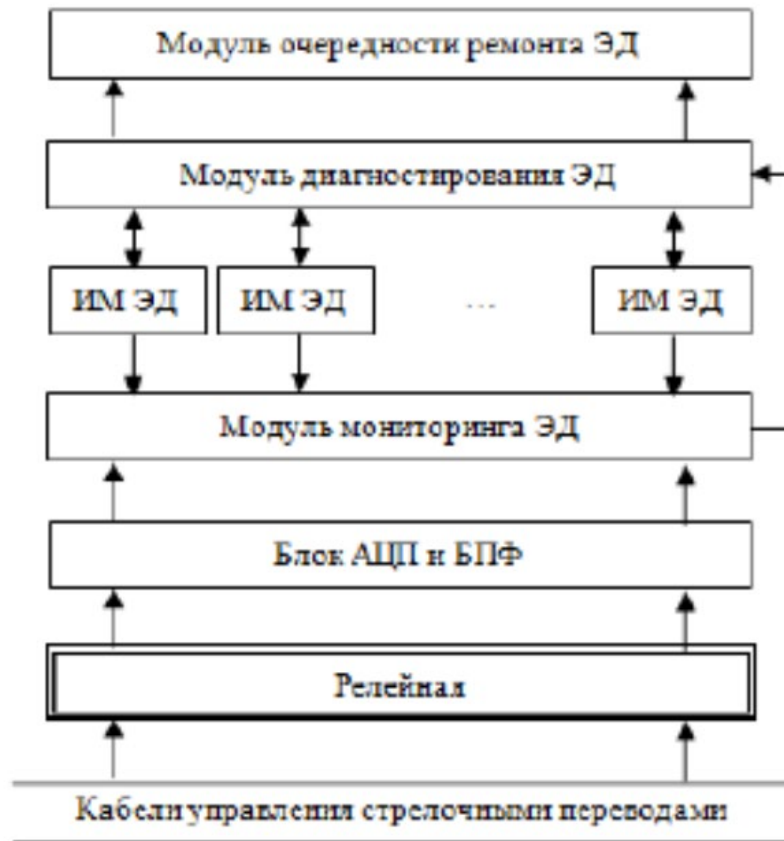


Рисунок 2.1 – Багаторівнева система управління експлуатацією парку електродвигунів стрілочних переводів.

Автоматизована технологія діагностування і управління парком електричних двигунів заснована на аналізі частотного спектра робочого струму двигуна. Дискретизація струму електродвигуна відбувається в блоці аналого-цифрового перетворювача (АЦП), отримання спектральних характеристик струму парком електричних двигунів реалізовано за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Вхідними даними модуля моніторингу електродвигунів є частотний спектр струму парком електричних двигунів, розрахований в блоці ШПФ. Для кожного електродвигуна формується індивідуальна модель, яка зберігає спектральні характеристики справного стану двигуна. Модуль моніторингу порівнює спектр, отриманий із блока ШПФ, зі спектром справного стану, прочитаного із відповідної індивідуальної моделі. При знаходженні істотних розходжень в цих спектрах модуль моніторингу передає спектральні характеристики аналізованого парком електричних двигунів в модуль діагностування. На виході модуля діагностування отримуємо оцінку достовірності виявляємих несправностей електродвигуна. Ці оцінки зберігаються в індивідуальній моделі парку електричних двигунів, формуючи часовий ряд, який використовується для прогнозування технічного стану електродвигуна. Поточний і спрогнозований технічний стан кожного з парку електричних двигунів із модуля діагностування передається в модуль черги ремонту електродвигунів, який розраховує рекомендації про порядок ремонту парком електричних двигунів.

Розробка автоматизованої системи управління експлуатацією парку електричних двигунів виконує вимірювання характеристик двигуна, що знаходиться під дією номінальних, робочих значень напруги, струму, магнітного поля і відцентрових сил. Це дозволяє виявляти більше несправностей, ніж при використанні статичних методів діагностики, і робить можливою заміну електродвигуна до його повного виходу з ладу. Розроблені моделі діагностування можуть автоматично налаштовуватися для виявлення нових видів несправностей на основі аналізу струму двигунів з еталонними несправностями. Застосування системи не потребує висококваліфікованого інженера електромеханіка як для налаштування, так і для експлуатації.

2.2. Отримання частотного спектра робочого струму електродвигуна

Для отримання спектра робочий струм двигуна необхідно дискретизувати. Розрядність вибірки можна застосувати 16 біт, а частота дискретизації – $f_d = 11025$ Гц. Для наступної обробки отриману послідовність дискретних значень записують в wav-файли, що відповідають стандарту файлів uncompressed Microsoft PCM audio. Згідно з теоремою Найквіста-Котельника максимальна частота спектра $f_{\max}$ після дискретизації аналогового сигналу складе $f_{\max} = 0,5 \cdot f_d = 5512,5$ Гц, чого достатньо для відображення фізичних процесів в двигуні.

При отриманні частотного спектра струму двигуна розмір блока ШПФ F_s був вибраний $F_s = 512$. Відповідно, струм двигуна був представлений $N_k = 0,5 \cdot F_s = 256$ гармоніками перетворення Фур'є. Частотна роздільна здатність гармонік спектра при цьому склала $\Delta f = \frac{f_{\max}}{N_k} \approx 21,5$ Гц. Кожна гармоніка в отриманій множині гармонік $\{f_i\}$ мала частоту, рівну:

$$f_i = \Delta f \cdot i \text{ Гц}, i = 1, \overline{N_k}, \quad (1)$$

і була представлена парою коефіцієнтів $(\text{Re}_i, \text{Im}_i)$, $i = 1, N_k$.

Для кожної гармоніки перетворення Фур'є розраховувалась інтенсивність частоти I_i :

$$I_i = \sqrt{\text{Re}_i^2 + \text{Im}_i^2}, i = 1, \overline{N_k}. \quad (2)$$

Отримані значення інтенсивностей гармонік перетворення Фур'є робочого струму електродвигунів використовувались моделями інтелектуальних систем для пошуку несправностей в двигунах залізничних стрілочних переводів.

2.3. Планування черговості ремонтів електродвигунів залізничних стрілочних переводів на основі індивідуальних моделей

При керуванні парком вирішується одна із основних підзадач експлуатації електричних двигунів залізничних стрілочних переводів – визначення черговості ремонтів тих електродвигунів, при діагностиці яких встановлені різноманітні сховані типи несправностей. Задача встановлення черговості ремонтів виникає при обмеженості ресурсів, до яких відноситься час ремонту, персонал, запасні частини, кошти тощо.

В роботі для визначення черговості ремонту електричних двигунів запропонований показник і відповідний критерій, який отримав назву «вартість відмови електродвигуна». Оцінка вартості відмови електродвигуна C визначається в наступному виді:

$$C = f(R, F, Z), \quad (3)$$

де R – вартість ремонту електродвигуна;

F – прогнозуєма вартість ремонту електродвигуна;

Z – витрати, викликані затримкою поїздів у випадку відмови електродвигуна і зупинкою роботи стрілочного переводу.

В найпростішому випадку оцінка вартості відмови електричних двигунів залізничного стрілочного перевода представлена, як:

$$C = Z + \frac{1}{2}(R + F). \quad (4)$$

Коли в якості d_i використовується значення ймовірності несправності деякого виду, які вважаються незалежними, то оцінка очікуємої вартості ремонту електродвигуна R представляється наступним чином:

$$R = \sum_{i=1}^N d_i c_i, \quad (5)$$

де d_i – достовірність i -ї несправності, $d_i \in [0;1]$;

c_i – вартість ремонту i -ї несправності;

N – число несправностей, що виявляються системою діагностики електродвигунів.

В предствленій інформаційній технології автоматизованої експлуатації парку електричних двигунів значення достовірності i -ї несправності d_i розраховується системою діагностики електродвигунів по поточному стану електричних двигунів. Зокрема, якщо для знаходження несправностей в електродвигунах використовуються штучні нейронні мережі, то значення достовірності i -ї несправності d_i визначається значенням нейрона вихідного шару багатошарового перцептрона. Для виявлення несправностей в електродвигунах також може бути використана експертна система класифікації об'єктів по частотному спектру на основі адаптивної бази нечітко-статистичних правил.

Прогнозуєма вартість ремонту електродвигуна F розраховується як:

$$R = \sum_{i=1}^N d_i^F c_i, \quad (6)$$

де d_i^F – прогнозуєме значення достовірності i -ї несправності, $d_i^F \in [0;1]$.

Методика автоматизованої експлуатації парків електричних двигунів залізничних стрілочних електроприводів заснована на аналізі значень достовірності несправностей, які розраховуються системою діагностики електродвигунів. Система діагностики здійснює постійний контроль технічного стану електродвигунів. Цей контроль в нашому випадку реалізується наступним чином: оцінка поточного технічного стану електричних двигунів відбувається без його діставання зі стрілочного привода (оцінка «по поточному стану»). Подібний моніторинг технічного стану електричних двигунів реалізується шляхом періодичного пошуку несправностей в електродвигунах. Моніторинг технічного стану конкретного двигуна дозволяє отримати часовий ряд оцінок достовірностей для кожної i -ї несправності d_i :

$$D_i = \{d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^k, d_i^{k+1}, \dots, d_i^L\}, (i = 1, \overline{N}). \quad (7)$$

При роботі електродвигуна його деталі старіють і зношуються, тому можна припустити, що з часом кожне наступне значення d_i^{k+1} достовірності i -ї несправності часового ряду (7) буде не менше попереднього d_i^k : $d_i^k \leq d_i^{k+1}$, $(i = 1, N)$.

При розрахунках прогнозованої вартості ремонту електродвигуна F (6) необхідно для кожної достовірності i -ї несправності зпрогнозувати значення d_i^F на основі даних часового ряду (7), що відповідає i -й несправності.

Для знаходження оцінок зпрогнозованих значень d_i^F можна скористатися класичними методами екстраполяції, в найпростішому випадку в роботі використана параболічна екстраполяція.

Витрати Z , викликані затримкою поїздів у випадку відмови електродвигуна і зупинки роботи стрілочного переводу, можуть бути оцінені як:

$$Z = N_p T_v C_z P_z, \quad (8)$$

де N_p – середнє число поїздів, що проходять через стрілочний перевід за годину;

T_v – час, необхідний для відновлення роботи стрілочного переводу;

C_z – вартість затримки одного поїзда на одну годину;

P_z – ймовірність відмови стрілочного переводу.

Якщо не враховуються взаємні впливи різних типів несправностей ЕД, ймовірність відмови стрілочного перевода P_z може бути оцінена на основі достовірностей несправностей електродвигуна стрілочного перевода відповідно як $P_z = \max (d_i)$.

2.4. Визначення часу пошуку несправностей при відмовах стрілочного перевода

У роботі стрілки електричної централізації виділяють чотири групи відмов:

- стрілка не переводиться;
- стрілка переводиться, але не закінчує перевід;
- стрілка переводиться, але не отримує контроль;
- стрілка раптово втрачає контроль.

Розглянемо час пошуку несправностей при відмові стрілки закінчувати перевід.

Пошук несправностей розпочинають як з поста електричної централізації, так і з горловини станції, використовуючи оптимальні алгоритми. Дослідження проводяться за різних несправностей, що належать до однієї групи відмови. Під час пошуку несправностей передбачається використання традиційних засобів діагностики під час проведення перевірок:

- дзвінок взрізу,
- індикація контролю положення стрілки на пульт-табло чергового станції,
- амперметр на пульт-табло,
- візуальний огляд,
- вимірювання за допомогою ампервольтметра,
- заміна блоків,
- стрілочні щупи,
- шаблони.

На рисунку 2.2 представлено діагностичну діаграму алгоритму пошуку несправності досліджуваної відмови.

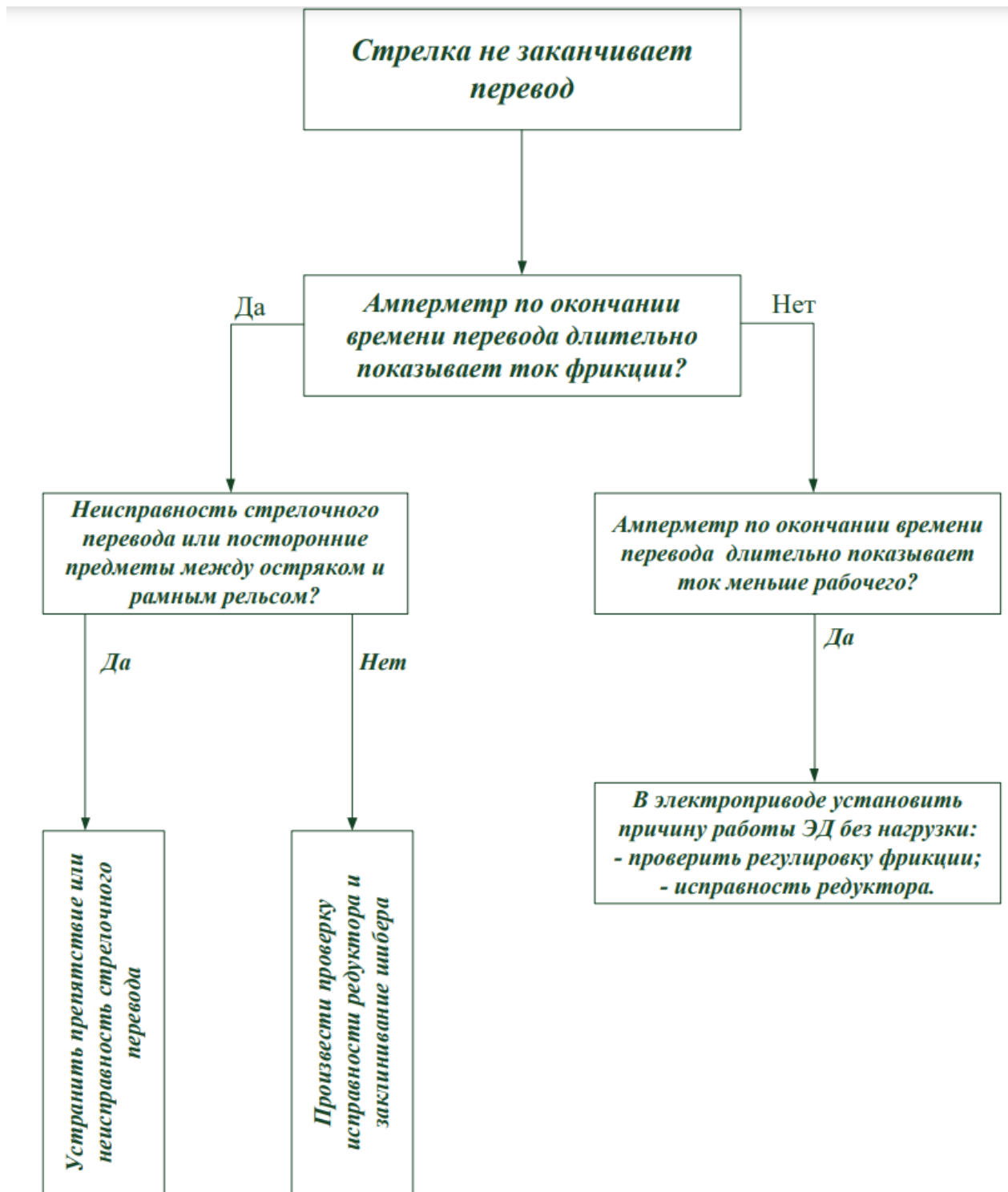


Рисунок 2.2 – Діагностична діаграма алгоритму пошуку несправності

Вихідні дані для дослідження:

1) На залізничній станції, обладнаній ЕЦ системи блочної маршрутної централізації (БМРЦ) у розпал робочої зміни ДСП при спробі переведення стрілки у плюсове положення вона не закінчила перевід, при цьому контроль мінусового положення є.

2) Після настання цієї події та оформлення відповідного запису в журналі огляду ДСП здійснює дзвінок електромеханіку СЦБ, який перебував у майстерні СЦБ і зміг відразу ж прийняти виклик.

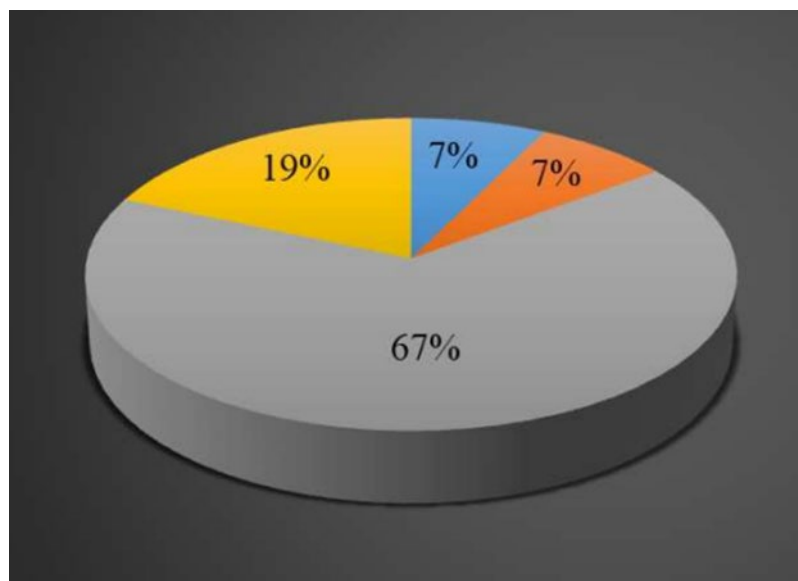
3) Після отримання відмови електромеханік, оповістивши диспетчера дистанції сигналізації та зв'язку, приступив до пошуку несправності. Стрілка знаходиться на відстані 1,25 км від поста ЕЦ. Швидкість переміщення електромеханіка приймаємо 5 км/год.

В таблицях 3-4 представлені дані, отримані при виконанні пошуку несправностей, що викликали відмову в роботі СП. Для більш наочного сприйняття представимо їх також у вигляді кругових діаграм.

Таблиця 3

Час пошуку несправності стрілочного перевodu

Несправність	Вид перевірок або виконуваних дій	Витрачений час для проведення перевірки, хв.
Накат на вістряку; Звуження колії у вістряків стрілки; Напресований сніг між вістряком і рамною рейкою; Стрілка сильно забруднена.	Рух від приміщення ШН в приміщення ДСП	2
	Аналіз індикації стрілочного комутатора, дзвінка взрізу та значення сили електричного струму амперметра до і після повороту стрілочної рукоятки на перевід.	2
	Рух з поста ЕЦ в горловину станції до обраної стрілки	18
	Виконуємо перевірку справності стрілочного перевodu візуальним оглядом.	5
Загальний час на пошук несправності		26



67% - рух з посту електричної централізації в горловину станції до стрілки
19% - перевірка справності стрілочного перевodu візуальним оглядом
7% - рух з приміщення ШН в приміщення ДСП
7% - аналіз індикації стрілочного комутатора, взрізу і сили струму до та після повороту стрілочної рукоятки на перевід

Рисунок 2.3 – Кругова діаграма часу пошуку несправності

В результаті проведених дослідів часу пошуку несправності при відмові «Стрілка не закінчує перевід» очевидно, що оперативність пошуку залежить від багатьох факторів:

- досвід електромеханіка, що виконує технічну діагностику;
- вибір оптимального порядку проведення перевірок при пошуку несправності;
- психологічна стійкість, а також вміння швидко приймати правильні рішення.

Необхідно підкреслити, що деякі несправності проявляються повністю однаково, якщо використовувати для діагностування тільки традиційні засоби: амперметр ДСП, дзвінок взрізу і індикацію контролю положення стрілки. Наприклад, несправність «Звуження колії вітсряків стрілки» і «Заклинювання шибера» можна уточнити тільки в горловині станції.

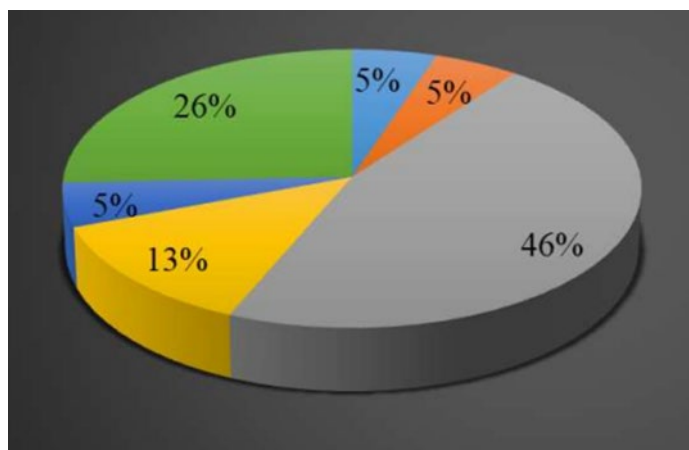
Після отримання даних досліду з'ясували, що час шляху до централізованої стрілки складає 67% від загального часу виявлення несправності в стрілочному переводі і 46% при несправності в стрілочному електроприводі.

Отже, для зменшення часу виявлення несправності за рахунок скорочення часу слідування до пристрою, що відмовив, актуально впровадження дистанційного моніторингу та контролю стану стрілочних переводів

Таблиця 4

Час пошуку несправності в стрілочному електроприводі

Несправність	Вид перевірок або виконуваних дій	Витрачений час для проведення перевірки, хв.
Роз'єднання урівнювальної муфти; Заклинювання шибера; Розрегулювання фрикційного зчеплення.	Рух від приміщення ШН в приміщення ДСП	2
	Аналіз індикації стрілочного комутатора, дзвінка взрізу та значення сили електронного струму амперметра до і після повороту стрілочної рукоятки на перевід.	2
	Рух з поста ЕЦ в горловину станції до стрілки № 21	18
	Перевірка справності стрілочного переводу	5
	Відкриваємо стрілочний електропривод	2
	Перевірка справної роботи шибера і редуктора при переводі стрілки	10
Загальний час на пошук несправності		39



46% - рух з посту електричної централізації в горловину станції до стрілки
 26% - візуальний огляд, виконання перевірки справної дії редуктора і шибера при спробі переводу стрілки
 13% - виконання перевірки несправності стрілочного переводу візуальним оглядом
 5% - аналіз індикації стрілочного комутатору, взрізу і сили струму до та після повороту стрілочної рукоятки на перевід
 5% - відкривання стрілочного електроприводу
 5% - рух з приміщення ШН в приміщення ДСП

Рисунок 2.4 – Кругова діаграма часу пошуку несправності

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто методи і засоби, призначені для ефективної експлуатації по поточному технічному стану парків електродвигунів залізничних стрілочних переводів. При цьому удосконалені методи моніторингу і діагностування електродвигунів стрілочних переводів, що використовують моделі інтелектуальних систем.

Розроблюючи і впроваджуючи дистанційні методи діагностування, з'являється можливість виявляти більшу кількість несправностей електродвигунів, ніж методи, що застосовуються на залізницях України в даний час. Удосконалення пошуку пошкоджень шляхом автоматизації технології діагностування електродвигунів засновано на аналізі частотного спектру робочого струму електродвигуна. Діагностика може проводитися як на стенді під час планового ремонту, так і без діставання двигуна із стрілочного електроприводу. Розробка системи діагностування реалізує та провадить моніторинг технічного стану електродвигунів парка стрілочних переводів.

В цілому, технологія експлуатації парків електродвигунів залізничних стрілочних переводів дозволяє перейти від планової, встановленої нормативами заміни двигунів з невикористаними експлуатаційними ресурсами, до обслуговування двигунів по їх фактичному технічному стану.

Таким чином, створюються передумови для переходу з планово-попереджувальної системи технічного обслуговування до обслуговування за фактичним станом.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Правила технічної експлуатації залізниць України. К.: Міністерство транспорту України, 2003. – 133 с.;
- 2) Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ/0042. – К. : Укрзалізниця, 2006. – 461 с.;
- 3) ЦШЕОТ 0012, Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокуваннях – К.: Укрзалізниця, 1998. – 72 с.
- 4) Буряк С. Ю. Удосконалення технології обслуговування централізованих стрілок з електроприводом змінного струму в умовах експлуатації: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Буряк Сергій Юрійович. – Д., 2015. – 166 с.
- 5) Інструкції з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України. ЦШЕОТ/0018 – К.: Укрзалізниця, 1999. – 105 с.
- 6) Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокуваннях. ЦШЕОТ 0012 – К.: Укрзалізниця, 1998. – 72 с.;
- 7) Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦШЕОТ/0138 – К.: Укрзалізниця, 2006. – 321 с.;
- 8) Маловічко В. В. Підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизованого контролю їх параметрів: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Маловічко Володимир Володимирович. – Д., 2011. – 177 с.;
- 9) Станционные системы автоматики и телемеханики: Учебн. для вузов ж.-д. трансп./ Вл. В. Сапожников, Б. Н. Елкин, И. М. Кокурин и др.; Под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 2000. – 432 с.
- 10) Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 254 с.
- 11) Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів та рейок залізниць України – Дніпропетровськ: Арт-Пресс, 2000. – 148 с.;
- 12) Бешта А.С. Залежність теплового стану електропривода від параметрів робочого режиму / А. С. Бешта, В. С. Федорейко, О. В. Балахонцев, С. С. Худолій // «Науковий вісник НГУ», – Дніпропетровськ: 2013. – Вип. № 6. – С.67-72.