

ВІДГУК ОПОНЕНТА
НА ДИСЕРТАЦІЮ ПАНЧЕНКА ВЛАДИСЛАВА ВАДИМОВИЧА
«РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ФОРМУВАННЯ
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ МЕТОДІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ
ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ», ПРЕДСТАВЛЕНОЇ НА
ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК ЗА
СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 05.22.07 - РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ ТА ТЯГА
ПОЇЗДІВ

1. Актуальність обраної теми дисертації

Залізничний транспорт України традиційно відіграє ключову роль у функціонуванні національної транспортної системи та має значний потенціал для впровадження сучасних ресурсозберігаючих рішень у сфері експлуатації тягового рухомого складу. Попри це, галузь стикається з численними викликами, серед яких домінують дефіцит фінансування, критичний рівень фізичного зношення локомотивного парку та висока собівартість його експлуатації й технічного обслуговування. Станом на сьогодні близько 70 % локомотивів експлуатуються понад 30 років, що значно перевищує їх нормативний строк служби. За таких обставин забезпечення продовження життєвого циклу локомотивів набуває стратегічного значення. Впровадження технологій і методів, орієнтованих на ресурсозбереження, відкриває можливості для суттєвого зниження експлуатаційних витрат, підвищення технічної надійності тягового рухомого складу (ТРС) і мінімізації витрат на його оновлення.

Крім того, Україна залишається вразливою щодо імпорту енергетичних ресурсів, а залізнична галузь — одним з основних споживачів електроенергії та дизельного пального. У зв'язку з глобальними енергетичними кризами та воєнними викликами, що супроводжуються порушенням логістичних ланцюгів і зростанням вартості енергоносіїв, нагальною є потреба в зменшенні енергоспоживання. У цьому контексті застосування ресурсозберігаючих технологій, зокрема систем моніторингу енергоефективності та оптимізації експлуатаційних режимів роботи локомотивів, дозволяє досягти енергетичної ефективності та знизити транспортні витрати.

Технічний стан інфраструктурних об'єктів залізничного транспорту — колій, систем тягового енергопостачання та самого рухомого складу — залишається незадовільним. Це призводить до зростання частоти технічних несправностей, що своєю чергою знижує швидкість руху поїздів та підвищує ризики аварійних ситуацій. В умовах високого ступеня зносу технічних засобів особливої актуальності набуває реалізація систем діагностики та моніторингу технічного стану ТРС у режимі реального часу, які дають змогу своєчасно виявляти

потенційні несправності, підвищувати рівень безпеки руху та ефективно планувати обслуговування і ремонт.

Варто також відзначити, що Україна дедалі активніше долучається до світових ініціатив у сфері екологічної трансформації та прагне дотримання вимог сталого розвитку, у тому числі через зменшення викидів парникових газів. Локомотиви, особливо з дизельними двигунами, є вагомим джерелом викидів CO₂, що суперечить вимогам європейського законодавства щодо охорони довкілля. Тому інтеграція екологічно доцільних та енергозберігаючих технологій в експлуатацію локомотивів є важливим інструментом зниження негативного впливу залізничного транспорту на довкілля.

Тема дисертаційної роботи відповідає напрямкам досліджень у науково-дослідних роботах, в яких автор був виконавцем, за темами «Комплексна оптимізація залізничних вантажних перевезень в Україні: залізничні шпали, рухомий склад та логістика» (ДР № 0123U102700) та «Розроблення програмного забезпечення для убезпечення конфіденційної інформації» (ДР №0125U001109).

Таким чином, дослідження, присвячене розвитку наукових засад і впровадженню ресурсозберігаючих методів, технологій та технічних засобів експлуатації локомотивів, є надзвичайно актуальним з огляду на сукупність економічних, енергетичних, екологічних і безпекових факторів. Його результати сприятимуть не лише підвищенню ефективності функціонування галузі залізничного транспорту, а й зміцненню інфраструктурної стійкості України в умовах євроінтеграції та відбудови післявоєнного періоду.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій, їх достовірність

У дисертаційній роботі було проведено комплекс наукових досліджень з використанням математичного та імітаційного моделювання для оцінки режимів роботи тягових електродвигунів локомотивів, а також перевірки теоретичних передумов щодо ефективності функціонування заводо захищеної систем моніторингу параметрів тягового рухомого складу. Автор застосував теорію електричних кіл, теорію диференціальних рівнянь та чисельні методи розрахунків для моделювання електричних перехідних процесів у частотно-керованому асинхронному двигуні, теорію електричних машин, теорію прямого та зворотного комплексного перетворення Фур'є та використав пакети моделювання ANSYS, MathCAD, Matlab/Simulink для моделювання впливу перехідних процесів і аварійних режимів роботи на технічний стан тягових двигунів локомотивів, теорію оптимального приймання сигналів і математичну статистику для синтезу пристрою оптимального приймання зондувального сигналу контролю технічного стану тягового електричного двигуна (ТЕД), методи гармонічного аналізу для створення

моделей заводів, що впливають на роботу систем моніторингу ТЕД, основи теорії нейронних мереж для синтезу нейрорегулятора асинхронного ТЕД. Обсяг використаних теорій, математичний апарат та моделювання дали можливість адекватно врахувати складні електромагнітні процеси в тягових електродвигунах локомотивів та оцінити ефект від впровадження ресурсозберігаючих систем.

Автором наведено переконливі статистичні та техніко-економічні аргументи, які підтверджують необхідність впровадження нових підходів до організації технічної експлуатації ТРС.

Теоретичні положення дисертації мають високу наукову новизну та обґрунтованість. Математичне моделювання перехідних процесів у тягових електроприводах змінного струму із частотним регулюванням, побудова відповідних імітаційних моделей за допомогою сучасного програмного забезпечення (MathCAD, ANSYS, MATLAB) та верифікація результатів числовим аналізом дозволили отримати достовірні наукові результати з низьким рівнем похибок. Також суттєвим є те, що автор розробив методики аналізу спектрального складу сигналів за наявності різномірних електромагнітних заводів, методи їх ефективного фільтрування, а також технічні засоби розпізнавання інформативних параметрів з урахуванням умов експлуатаційного середовища. Ці підходи ґрунтуються на достовірних статистичних методах обробки сигналів і підтверджуються числовими прикладами, що свідчить про їхню прикладну значущість.

Запропоновані технічні рішення охоплюють як тягові електродвигуни змінного струму, так і постійного струму, з урахуванням їхньої реальної структури, режимів роботи та характеру навантажень.

Результати роботи мають чітко визначене практичне спрямування. Економічна ефективність впровадження запропонованих рішень обґрунтована через оцінку додаткового доходу, отриманого внаслідок зниження кількості відмов та підвищення надійності роботи локомотивів. Також автором аргументовано встановлено прямий зв'язок між ефективністю використання парку локомотивів і валовим внутрішнім продуктом транспортного сектору, що підкреслює стратегічну значущість дослідження в загальнодержавному масштабі.

Основні результати теоретичних досліджень дисертаційної роботи підтверджені експериментальними даними, а основні висновки та рекомендації були схвалені на наукових конференціях.

До того ж, достовірність отриманих висновків підтверджується результатами впровадження запропонованих методів, технологій та технічних засобів у діяльність регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця», що засвідчено відповідним актом впровадження.

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі розвинуто наукові основи з формування ресурсозберігаючих технологій експлуатації локомотивів шляхом впровадження інноваційних методів і технічних засобів моніторингу та контролю у реальному часі технічного стану їхнього тягового обладнання. Це дозволить подовжити «життєвий цикл» локомотивів і забезпечить збільшення обсягів перевезень вантажів у сучасних умовах.

У дисертаційній роботі:

- вперше розроблено математичну модель електричних перехідних процесів у частотно-керованому асинхронному ТЕД, що дозволило провести аналітичний та числовий опис технічного стану обмоток статора асинхронного двигуна (АД) шляхом аналізу спектрального складу струму перетворювача частоти для асинхронного двигуна (ПЧ – АД);

- вперше розроблено імітаційну модель АД, яка дозволяє виконати аналіз пускових та несиметричних режимів роботи для формування зразкових баз даних системи моніторингу його технічного стану в процесі експлуатації;

- вперше запропоновано завадостійкий метод моніторингу та контролю технічного стану асинхронних ТЕД в умовах дії складних завад, що дозволило виявляти пошкодження двигунів на ранній стадії їх утворення;

- вперше синтезовано пристрій оцінювання параметрів зондувального синусоїдного сигналу, адитивно змішаного з одиночною імпульсною завадою, що дозволило виявляти пошкодження обмоток асинхронного ТЕД у реальному часі;

- вперше запропоновано метод моніторингу ТЕД постійного струму, який базується на введенні в кола живлення двигунів зондуючого гармонічного сигналу і спостереження викликаного ним струму, що дозволило вчасно виявляти їх можливі ушкодження в процесі експлуатації та вживати заходів щодо їх усунення;

- вперше розроблено математичну модель процесу розповсюдження зондувальних сигналів, що дозволило провести аналітичний та числовий опис їхніх параметрів у будь-якій вітці схеми заміщення тягового двигуна постійного струму і виконати синтез пристрою контролю його технічного стану під час експлуатації в умовах дії завад.

Дістали подальшого розвитку:

- імітаційна модель процесу векторного керування асинхронним ТЕД, що дозволило дослідити результати впливу аварійних режимів експлуатації двигунів на їхні енергетичні показники, робочі характеристики та життєвий цикл;

- синтез нейрорегулятора NARMA-L2 для системи векторного керування ТЕД, що дозволило визначити показники регулювання частоти обертання та електромагнітного моменту ТЕД як в перехідних процесах, так і при

стрибкоподібному накиданні навантаження з метою оптимізації режимів роботи двигуна.

Удосконалено:

– пристрій оптимального приймання зонduючого сигналу обмоток тягових двигунів на тлі адитивної п'ятикомпонентної завади, що дозволило визначити їхні характеристики та здійснювати моніторинг технічного стану ТЕД під час експлуатації;

– систему моніторингу електрообладнання локомотивів, що дозволило підвищити її завадостійкість і точність контролю технічного стану ТЕД в реальному часі та енергоефективність в умовах локомотивного депо.

Аналіз наукової новизни і зроблених в дисертаційній роботі висновків не викликає сумнівів і засвідчує їх повну достовірність.

4. Практичне значення дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі розроблено інтегрований комплекс завадостійких ресурсозберігаючих методів та технічних засобів для контролю технічного стану тягового електрообладнання локомотивів, який забезпечує здійснення моніторингу та оцінки ефективності функціонування тягових електродвигунів у реальному часі навіть в умовах значного рівня електромагнітних завад. Запропоновані рішення сприяють:

- зменшенню витрат електроенергії, необхідної для тяги поїздів, за рахунок оптимізації режимів роботи тягових електродвигунів;
- своєчасному виявленню дефектів у роботі тягового обладнання на ранніх стадіях, що дозволяє уникати аварійних ситуацій і попереджати зупинки поїздів у процесі перевезень;
- переходу до концепції обслуговування та ремонту за технічним станом, що підвищує ефективність експлуатаційного обслуговування.

Імітаційні моделі, створені для аналізу пускових, асиметричних і аварійних режимів функціонування асинхронних тягових електродвигунів, дозволяють формувати еталонні бази даних. Ці бази використовуються для підвищення точності подальшого моніторингу стану ТЕД у реальних експлуатаційних умовах.

Проведене дослідження взаємозв'язку між обсягами вантажних залізничних перевезень і кількісними характеристиками експлуатаційного парку магістральних локомотивів та вантажних вагонів дало змогу обґрунтовано оцінити вплив збільшення перевезень на приріст валового внутрішнього продукту транспортного комплексу. Це, у свою чергу, підкреслює стратегічну важливість подовження строку служби вантажних локомотивів.

Окремо слід відзначити удосконалення конструкції та патентування колійного індуктивного датчика підвищеної відмовостійкості (Патент України

№127127). Цей пристрій може бути ефективно використаний у системах контролю стану залізничної колії (вільна/зайнята), автоматизованих системах обліку та діагностики рухомого складу, зокрема для підрахунку осей, визначення швидкості та прискорення поїздів.

Практична реалізація результатів дисертаційного дослідження підтверджена відповідними актами впровадження у виробничу діяльність підприємств регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків), а також у навчальний процес кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки й Навчально-наукового центру освіти дорослих Українського державного університету залізничного транспорту. Це свідчить про вагомий прикладний потенціал виконаної науково-дослідної роботи.

5. Завершеність роботи, стиль викладу, публікації

Структура дисертаційної роботи є логічною з коректним застосуванням науково-технічної термінології.

Основні наукові положення дисертаційної роботи та результати проведених досліджень знайшли відображення у 36 наукових публікаціях. Зокрема, до основних публікацій належать 21 робота, серед яких: 16 статей, опублікованих у наукових фахових виданнях України; 4 статті, індексовані в міжнародних наукометричних базах Scopus та/або Web of Science (у тому числі 3 статті, що належать до третього квартилю Scopus (Q3), і 1 стаття, представлена у виданнях Web of Science); 1 стаття, опублікована в зарубіжному періодичному науковому журналі; а також 1 патент України на винахід. Крім того, наукові результати дисертаційного дослідження додатково висвітлено у 15 публікаціях, які доповнюють основні наукові напрацювання автора.

Результати досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали схвалення на 12 наукових конференціях: 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT 2019) (Czech Republic, Ceske Budejovice); IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS 2020) (Ukraine, Kyiv); International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) (Ukraine, Kharkiv); 32 Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Україна, м. Харків); 9 Міжнародній науково-технічній конференції «Інформатика, управління та штучний інтелект», НТУ «ХПІ», 2022 (Україна, м. Харків); Міжнародній науково-практичній конференції ФЕНІКС-2022 «Міжнародні економічні відносини. Сталий розвиток України в умовах глобалізації та Європейської економічної інтеграції: проблеми, перспективи, ефективність» НТУ «ХПІ», 2022 (Україна, м. Харків); XXV Міжнародній науково-технічній конференції «Технологія-2022», Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2022 (Україна, м.

Сєвєродонєцьк); 18 Науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика», УкрДУЗТ, 2022 (Україна, м. Харків); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Стан та перспективи розвитку електричного транспорту», ХНУМГ, 2022 (Україна, м. Харків); 16 Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси», ІТРК, НАУ, 2023 (Україна, м. Київ); 15 Міжнародній науково-практичній конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи «Сучасні транспортні технології», НУ ЛП, 2023 (Україна, м. Львів), 11 Міжнародній науково-технічній конференції «Інформатика, управління та штучний інтелект» НТУ «ХПІ, 2024 (Україна, м. Харків).

Структура та зміст автореферату ідентичні до основних положень і висновків дисертації.

Сукупність наукових результатів та практичного значення дозволяє зробити висновок про завершеність роботи та особистий внесок здобувача наукового ступеня в розвиток науки.

6. Аналіз змісту дисертації

Повний обсяг тексту дисертації складає 358 сторінок, обсяг основного тексту складає 326 сторінок, 20 таблиць, 86 рисунків, список використаних джерел включає 257 найменувань та 5 додатків.

У розділі 1 дисертаційної роботи проведено всебічний аналіз проблем ресурсозбереження в процесі експлуатації ТРС залізниць, зокрема локомотивів. Розглянуто технічні та економічні аспекти подовження їх «життєвого циклу» та визначено його вплив на ефективність функціонування залізничної галузі в умовах зростання обсягів вантажних перевезень. Систематизовано сучасні підходи до формування ресурсозберігаючих технологій експлуатації ТРС, наведено класифікацію методів ресурсозбереження, а також розглянуто технічні засоби, що сприяють їх реалізації. Виокремлено перспективні напрями вдосконалення та подальшого розвитку цих технологій. Особливу увагу приділено методам та технічним засобам моніторингу енергоефективності роботи ТРС. Наведено показники енергоефективності, класифіковано методи їх оцінювання та проаналізовано практичне застосування систем моніторингу, з урахуванням існуючих проблем і перспектив розвитку.

У розділі 2 дисертаційної роботи розглянуті питання моделювання впливу перехідних процесів і аварійних режимів роботи на технічний стан ТЕД локомотивів з метою виявлення характерних ознак їхнього зношування та пошкоджень у процесі експлуатації. Розроблено математичну модель електричних перехідних процесів у частотно-керованому асинхронному двигуні, яка враховує нелінійні характеристики елементів тягового приводу та дозволяє достовірно

відтворювати умови його роботи при змінних навантаженнях. Проведене математичне моделювання характеру комутаційних і робочих процесів у перетворювачах частоти системи ПЧ–АД. Розглянуто вплив параметрів комутації на надійність функціонування електроприводу, зокрема в умовах коливань напруги живлення та імпульсних завад.

Проведено імітаційне моделювання пускових і несиметричних режимів роботи асинхронних ТЕД. Сформовано передумови для створення бази даних, яка може використовуватись для порівняння з експлуатаційними показниками, зокрема в системах технічного діагностування. Досліджено електромагнітні процеси в аварійних режимах роботи ТЕД, включаючи замикання на корпус, міжвиткові замикання та обриви фаз.

У розділі 3 дисертаційної роботи розроблено завадостійкі методи та технічні засоби моніторингу технічного стану асинхронних ТЕД локомотивів у реальному часі, з урахуванням впливу імпульсних завад, притаманних умовам експлуатації на залізничному транспорті. Обґрунтовано вибір частотної локалізації тестових (зондувальних) сигналів, які вводяться в систему контролю технічного стану ТЕД. Здійснено аналіз спектральних характеристик електромагнітних сигналів, що супроводжують роботу тягового приводу, та визначено частотні діапазони, у яких вплив завад мінімальний. Розроблено методику оцінювання параметрів синусоїдного тестового сигналу, який вводиться в тяговий електропривод для діагностування технічного стану ТЕД. Запропоновано алгоритм виділення амплітудно-фазових параметрів сигналу на тлі шуму та завад з метою отримання достовірної інформації щодо наявності дефектів. Здійснено синтез структурної схеми пристрою для оцінювання параметрів зондувального сигналу, що адитивно змішаний з одиночними імпульсними завадами.

У розділі 4 дисертації розглянуто питання практичної реалізації ресурсозберігаючих технологій експлуатації ТРС на залізничних дільницях з урахуванням впливу складних завад, притаманних реальним умовам роботи. Здійснено синтез пристрою контролю технічного стану асинхронних ТЕД в умовах дії п'ятикомпонентної адитивної завади. Визначено процедуру оброблення сигналів у цифровій формі та представлено технічну реалізацію відповідного пристрою. Виконано чисельну оцінку завадостійкості, яка підтвердила ефективність розробленого пристрою для функціонування в умовах електромагнітних перешкод. Розроблено математичну модель контролю технічного стану ТЕД в умовах дії складних завад, яка враховує особливості перехідних процесів та імпульсного шуму. Сформовано узагальнений критерій оцінки ефективності процесу експлуатації ТРС. Розглянуто підходи до кількісного оцінювання ефективності функціонування системи автоматичного управління, а також запропоновано функціонально-статистичний підхід для комплексної оцінки ефективності роботи системи. Надано рекомендації щодо практичного застосування запропонованого

критерію в експлуатаційній діяльності. Виконано синтез нейрорегулятора типу NARMA-L2 для електроприводу типу ПЧ–АД (перетворювач частоти – асинхронний двигун). Реалізація нейромережевого підходу забезпечує покращене управління динамікою системи та дозволяє адаптувати процес керування до змін технічного стану ТЕД, підвищуючи ефективність і надійність експлуатації.

У розділі 5 дисертаційної роботи здійснено комплексну оцінку економічної ефективності впровадження ресурсозберігаючих технологій в експлуатаційний парк локомотивів, з урахуванням актуального стану залізничної галузі України. Визначено основні джерела отримання економічного ефекту від впровадження ресурсозберігаючих методів, технологій та технічних засобів. Серед них: зменшення витрат на електроенергію завдяки оптимізації режимів роботи ТЕД, скорочення витрат на технічне обслуговування і ремонти за рахунок переходу до обслуговування за фактичним станом, зниження кількості відмов тягових двигунів, підвищення коефіцієнта готовності локомотивів, а також продовження строку служби тягового рухомого складу. Запропоновано методичний підхід до кількісної оцінки економічної ефективності функціонування залізничної галузі, заснований на визначенні взаємозв'язку між кількістю локомотивів та вантажних вагонів у парку, обсягами перевезень і показниками валової доданої вартості. Доведено, що подовження «життєвого циклу» локомотивів сприяє зростанню ефективності галузі за рахунок зменшення капітальних витрат на оновлення рухомого складу та більш повного використання наявних ресурсів.

7. Основні недоліки і зауваження

В дисертаційній роботі можна визначити наступні зауваження:

1. В розділі 2 проведено моделювання впливу перехідних процесів та аварійних режимів роботи на технічний стан ТЕД локомотивів. Моделювання проведено на прикладі двигуна АД914-У. Проте, корисним було би розглянути перехідні процеси й в інших двигунах локомотивів.

2. В розділі 3 зазначається, що роботі систем моніторингу та контролю технічного стану заважають електромагнітні впливи зовнішніх і внутрішніх відносно двигуна чинників. Доцільно було би надати класифікацію цих чинників та виділити найбільш небезпечні з них.

3. В розділі 3 зазначено, що в роботі вжиті заходи з підвищення точності вимірювання електричних параметрів обмотки, а через це підвищується точність діагностування технічного стану ТЕД. Проте відсутнє кількісне порівняння точності вимірювань з існуючими системами діагностування та моніторингу тягового рухомого складу в цьому контексті.

4. В розділі 4 описується системи автоматичного управління та контролю електричного обладнання локомотива, однак не вказано від чого саме залежить інформаційна спроможність даної системи.

5. В роботі досліджено можливість використання нейрорегулятора для керування асинхронним тяговим електродвигуном, проте відсутні пояснення, з якою метою розглядався такий варіант керування.

6. В розділі 4 дисертаційної роботи зазначається, що для навчання нейромережі було обрано 40000 тренувальних точок, проте не пояснюється чому саме обрана така їх кількість.

8. Висновки

Зазначені зауваження не впливають на високий рівень і позитивну оцінку даної дисертаційної роботи. Дисертація Владислава Панченка є завершеним науковим дослідженням, у якому здобувачем особисто сформульовано та теоретично обґрунтовано ресурсозберігаючі методи, технології та технічні засоби контролю технічного стану локомотивів. Окремі отримані результати впроваджено у виробництво та в освітньому процесі УкрДУЗТ.

Зміст дисертації та автореферату в повній мірі відповідають паспорту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів (пункту - надійність, діагностування та неруйнівний контроль рухомого складу та його частин; пункту - технічні засоби для енерго- та ресурсозбереження на залізничному транспорті)

Враховуючи безперечну актуальність роботи, її теоретичну та практичну цінність, цілком достатній рівень матеріалів, які опубліковані у фахових виданнях і апробації роботи на конференціях вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою КМУ №1197 від 17 листопада 2021 року (зі змінами), а її автор Панченко Владислав Вадимович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Опонент:

Завідувач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
доктор технічних наук, професор

