

ВІДГУК

офіційного опонента Віштак Інни Вікторівни на дисертаційну роботу
Нікіпчука Сергія Вячеславовича
«Підвищення енергетичної ефективності робочих машин з отто-двигунами засобами hard-soft-технології»,
подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 35.052.06
Національного університету «Львівська політехніка»
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Найрізноманітніші автономні робочі машини різного призначення, починаючи від мотокосарок і закінчуючи літальними апаратами, для приводу застосовують отто-двигуни. Найбільш доцільно оцінювати досконалість і ефективність цих машин за їх енергетичною економічністю.

Існує багато підстав, щоб розглядати досконалість робочих та транспортних машин через досконалість її привідного двигуна, зважаючи на те, що вони створюють значний екологічний вплив на навколишнє середовище. Крім того, ці двигуни сукупно споживають значну кількість палива та повітря і при цьому мають порівняно низький коефіцієнт корисної дії.

Удосконалення робочої машини слід здійснювати насамперед через підвищення ефективності енергоперетворення її привідного двигуна. У цьому проявляється суттєва актуальність дисертаційного дослідження.

Для повноти дослідження теплових процесів, що відбуваються у двигунах, автор запропонував багатократно та контрольовано їх відтворювати. При цьому, зважаючи на обмежені можливості використання вимірювальної техніки, пропонується досліджувати вказані процеси ще й аналітичними засобами.

У дисертаційній роботі пропонується залучити в модель робочих процесів двигуна також і його реальний робочий простір (може процес?). При цьому системно приєднуючи його до віртуального, втіленого в програмно-алгоритмічному середовищі. Унаслідок цього виникають можливості суттєво удосконалити технологію дослідження і оптимізації енергоефективності машин не за рахунок добування спеціальних емпіричних описів, а завдяки черпанню поточної інформації з реального інформаційного простору на засадах теорії подібності. Такий підхід дозволив суттєво спростити аналітичну складову модельного відображення робочих процесів у двигуні, а це надало певних ознак праксеологічності вказаній технології.

Дисертаційна робота Нікіпчука Сергія Вячеславовича спрямована на підвищення енергетичної ефективності двигунів, які використовуються у приводах багатьох автономних робочих та транспортних машин. Тому дослідження проведені у дисертації є актуальними і мають важливе наукове і практичне значення.

2. Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, переліку джерел посилань (122 джерела) і додатків. Загальний обсяг роботи становить 214 сторінок і містить 90 рисунків, 6 таблиць і 3 сторінки додатків.

У вступі (с. 10 - 17) обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, окреслено наукову но-

визну і практичне значення одержаних результатів, визначено особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію результатів роботи та про публікації за темою дисертації, подано структуру дисертаційної роботи.

У першому розділі (с. 18 - 47) проведено аналіз засадничих принципів оцінювання досконалості робочих і транспортних машин різного призначення. Окреслено визначальні аспекти застосування теплових машин, а саме отто-двигунів (двигунів швидкого внутрішнього згоряння) для приводу багатьох машин з автономним приводом. Обґрунтовано доцільність застосування поняття енергетичної ефективності як вимірника досконалості привідної теплової машини зокрема, а також — робочої машини загалом.

З'ясовано, що оскільки механічний аспект енергоощадного удосконалення техніки практично вичерпано, то досконалисть будь-якої робочої або транспортної машини потрібно розглядати через енергоперетворювальну досконалисть її привідного двигуна.

Вказано на доцільність долучення до аналітично-алгоритмічної моделі будь-якої структури ще й натурний робочий простір будь-якого модельного двигуна. Поєднання натурності та віртуальності в моделюванні процесів, що перебігають у отто-двигунах, дозволяє принципово підвищити якість інформаційного забезпечення процесу проектування і конструювання двигунів.

Другий розділ (с. 48 - 79) присвячено проблемі моделювання теплообмінних процесів, що відбуваються в циліндрах отто-двигунів. У цьому розділі проведено аналіз можливостей трьох різновидів термодинамічних моделей, за допомогою яких загалом можна прийнятно якісно за певних умов описати перебіги теплотворення, теплоспоживання, теплообміну та навіть механізм виникнення токсичних речовин в робочому просторі отто-двигуна.

Обґрунтовано використання двозонної моделі для дослідження внутрішньомоторних процесів та встановлено її виняткову праксеологічність.

Описано натурно-програмне модельне середовище, яке у дисертаційному дослідженні названо hard-soft-технологією пізнання.

Встановлено, що зазначена технологія дозволяє визначати в кожному мить часу низку необхідних для моделювання процесів параметрів. При цьому забезпечується рівень адекватності інформації, значно вищий від того, якого можна сподіватись у разі класичного підходу. Локально розбіжність сягає навіть 85 %.

У третьому розділі (с. 80 - 109) дисертант зосередив увагу на апаратурному інструментарії hard-soft-технології дослідження, необхідність впровадження якої впливає з надмірної складності теплових явищ, що перебігають у отто-двигуні, та неможливості уповні підпорядкувати ці явища існуючим аналітичним модельним уявленням.

Відзначено, що не існує засобів бездоганного вимірювання тисків, температур та інших параметрів. А тому на допомогу приходять віртуальні модельні засоби розкриття змісту інформації, добутої за допомогою експериментального інструментарію. Відтак гармонійне поєднання натурального модельного і віртуального модельного в рамках будь-якої парадигми дозволяє поглибити пізнання закономірностей продукування механічної енергії в тепловій машині.

Описано апаратний інструментарій, який вмонтовується в дослідний стенд. Він дозволяє досліджувати як навантажувальні, так і гальмівні режими роботи двигуна.

Четвертий розділ (с. 110 - 143) присвячено моделюванню та дослідженню явища теплотворення у отто-двигуні. Проведено ретельний аналіз його опису за до-

помогою аналітичної експонентної функції із застосуванням експериментально отриманих даних. При цьому з'ясовано, що типовим для робочих процесів в отто-двигуні є те, що до миті досягнення максимальної інтенсивності теплотворення загальна кількість виділеного тепла складає 49 % від потенційно можливої.

Проаналізовано інформацію про реальний перебіг теплотворення на різних режимах роботи двигуна та встановлено, що, на відміну від традиційних уявлень, параметр m набуває значень, близьких до 2. Також з'ясовано, що значно більше підстав вважати наперед заданим значення параметра m , аніж параметра a . Відзначено, що ці ознаки типовості є дуже стійкими і на них є сенс покладатися у разі моделювання роботи двигуна внутрішнього згорання.

Описано оптимальний антидетонаційний процес теплотворення та встановлено, що основна особливість оптимального теплотворення полягає в тому, що в процесі горіння пальної суміші максимальна швидкість виділення теплоти повинна бути мінімальною. У разі удосконалення системи енергоживлення двигуна внутрішнього згорання засобами розробленої hard-soft-технології моделювання дозволяє збільшити на понад 13 % ефективно реалізовану потужність робочої машини.

У п'ятому розділі (с. 144 - 175) об'єктом дослідження є тепловіддача та теплоспоживання в отто-двигуні, а предметну область охоплює поняття коефіцієнта тепловіддачі. Проведено аналіз багатьох залежностей для обчислення цього коефіцієнта, які були отримані як емпірично, так і за допомогою використання теорії подібності. З'ясовано, що хороші результати моделювання за теорією подібності можна отримати на основі експериментальної інформації про перебіг тиску і середньої температури в циліндрі двигуна приймаючи степеневі показники в запропонованих у дисертаційній роботі межах.

Встановлено, що теплопередача в циліндрі двигуна внутрішнього згорання між газом та стінкою простору згорання виникає переважно внаслідок вимушеної конвекції, а теплопередача через випромінювання оцінюється у різних дослідженнях по-різному. Натомість, в рамках hard-soft-технології виникає можливість оперувати інтегральним коефіцієнтом тепловіддачі, не розрізняючи конвективність і радіаційність.

Здійснено спроби емпіричного пошуку фундаментальної закономірності у процесах тепловіддачі, проте вони на жаль не привели до успіху. Тому зроблено висновок про те, що коефіцієнт тепловіддачі — «поганий» емпіричний параметр «невдало» аналітично відображеного закону тепловіддачі, а також вказано, що без внесення в модель теплоспоживання/теповіддачі елементів натурності не обійтися.

У шостому розділі (с. 176 - 195) проведено дослідження ефективності моделювання й симулювання робочих процесів в ото-двигунах засобами hard-soft-технології. Побудована термодинамічна модель розкриває поточний енергетичний баланс в робочому просторі двигуна.

Встановлено, що за інтенсивністю внутрішній та зовнішній теплообміни між зонами згорілого та негорілого якісно і кількісно взаємно подібні. Із цього зроблено висновок про те, що використання двозонної моделі для визначення теплопередачі є цілком обґрунтованим і доцільним.

Стверджується, що проблема оптимального співвіднесення та поєднання в єдиній моделі і віртуального, і натурального до кінця ще не розв'язана. Слід прагнути до того, щоб натурний модельний робочий простір двигуна внутрішнього згорання був стандартизований за певними критеріями. Як приклад наводиться технологія використання стандартизованих тестових їздових циклів для оцінювання досконалості автомобіля — його експлуатаційної ефективності, паливної економності, екологічності.

Дисертаційна робота завершується **висновками** (с. 196 - 198), які узагальнюють основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, і переліком використаних джерел інформації.

У додатку А наведено акт впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Національного університету «Львівська політехніка».

У додатку Б наведено акт впровадження результатів дисертаційної роботи в діяльність ТОВ «Спільне українсько-німецьке підприємство «Електронтранс»».

Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертаційної роботи і достатньо повно відображає основні її положення.

3. Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень полягає у формуванні hard-soft-технології модельно-симуляційної ідентифікації процесів, які перебігають в робочому просторі теплової машини-двигуна:

– отримала подальший розвиток методологія аналізу ефективності теплових процесів: теплотворення, тепловіддачі, теплоспоживання, методологія двозонного синтезу моделі теплотворення, тепловіддачі, теплоспоживання в тепловій машині-двигуні, методологія застосування теплотвірної експонентної функції для віртуального симулювання явища теплотворення, підхід до організації життєвого середовища дослідного двигуна;

– вперше з'ясовано невідворотність внесення змін в парадигму моделювання процесів, що перебігають у робочому просторі теплової машини;

– вперше розроблено технологію модельно-симуляційної ідентифікації процесів, які відбуваються у робочому просторі теплової машини-двигуна, з використанням засобів математичного і алгоритмічного моделювання та засобів натурального симулювання; встановлено виняткову праксеологічність технології моделювання робочих процесів в двигуні швидкого внутрішнього згорання з залученням у модель реального робочого простору та відсутність ефективнішої альтернативи;

– удосконалено термодинамічну модель двигуна; аналітичний опис процесів теплотворення, теплоспоживання у двигуні швидкого внутрішнього згорання; підхід до моделювання внутрішньомоторних процесів з використанням двозонної моделі; спосіб контролю за вимірюванням робочих тисків та температур; спосіб отримання режимних параметрів дослідного двигуна.

4. Практичне значення роботи

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення дають можливість підвищити ефективність теплових машин внутрішнього згорання різного призначення на стадії проектування й виробництва — оптимізуючи теплотворення і теплоспоживання, досягнути якнайвищого рівня їх енергоощадності та екологічності.

Отримані результати дають підстави стверджувати про можливість і доцільність широкого практичного застосування запропонованої технології.

Основні наукові результати дослідження витримали апробацію та впроваджені в діяльність ТОВ «Спільне українсько-німецьке підприємство «Електронтранс»».

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації

Обґрунтованість і вірогідність наукових результатів дисертаційного дослідження підтверджується результатами математичного і імітаційного моделювання з

використанням програмного продукту MATHCAD і MATLAB, а також експериментальними дослідженнями та результатами досліджень визнаних учених. Теоретичні положення дисертації належно апробовані в опублікованих наукових працях в Україні та за кордоном, матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій та симпозіумів.

Виходячи з вищенаведеного, ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, запропонованих автором, не викликає сумнівів.

6. Аналіз викладення основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових працях, з них: 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави; 1 стаття, що входить у наукометричну базу Scopus; 3 статті у виданнях, що входять у наукометричні бази Копернікус та РИНЦ; 4 публікацій у наукових фахових виданнях України; 7 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій і симпозіумів; 1 навчальний посібник.

В опублікованих працях повністю висвітлені всі основні положення, результати, висновки і рекомендації дисертаційної роботи, що вказує на достатньо повну апробацію дисертації. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особистим науковим добром здобувача. Його особистий внесок полягає у визначенні та формулюванні мети і завдань роботи, наукових положень, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі та обробці результатів, розробленні і теоретичному обґрунтуванню заходів та засобів, направлених на підвищення енергетичної ефективності робочих машин з використанням засобів hard-soft-технології моделювання.

7. Зауваження до дисертації та автореферату

1. У дисертаційній роботі автор обмежився проведенням досліджень теплових процесів у отто-двигунах. На жаль, поза увагою залишилися дослідження цих процесів у дизельних двигунах, які також використовуються у приводах робочих і транспортних машин.

2. А чи не можна було б застосувати запропоновану методологію дослідження у випадку поділу робочого простору двигуна на три чи й більше зон, що гіпотетично підвищило б якість ідентифікації та прогнозування якості робочих машин?

3. Опис математичної моделі є надто загальним, без вичерпних робочих коментарів, які б розкривали особливості опису процесів у двигуні.

4. У дисертаційній роботі трапляються розбіжності у термінології: так вживаються терміни як датчик, так і давач. Зустрічаються терміни з відхиленням від встановленої технічної термінології.

5. У цілому, дисертаційна робота добре ілюстрована і містить ґрунтовний аналіз результатів досліджень. Однак, у ній неодноразово зустрічаються однотипні розшифрування окремих величин, які збільшують і без того значний обсяг дисертаційної роботи.

6. Дисертаційна робота перенасичена графічним матеріалом, кількість якого можна було зменшити за рахунок подачі залежностей для різних режимів роботи на

одному графічному полі.

7. Кожен розділ дисертаційної роботи починається оглядовим матеріалом попри наявність окремого оглядового розділу.

8. На жаль, у тексті дисертації автору не вдалося уникнути незначних описок та термінологічних неточностей.

Зауваження, зроблені до дисертації та автореферату, не мають вирішального значення і мають, здебільшого, рекомендаційний характер. Вказані зауваження не знижують наукового рівня одержаних результатів, які виносяться дисертантом на захист.

8. Загальний висновок по дисертаційній роботі

8.1. Дисертаційна робота за змістом і обсягом проведених досліджень є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати у галузі машинознавства.

Дисертантом розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності робочих машин з тепло-механічним приводом засобами спеціально розробленої hard/soft-технології підвищення ефективності процесів теплотворення-теплоспоживання у тягових теплових отто-машинах, що є корисним для різних галузей машинобудування. Одержані автором результати є новими, впроваджені у навчальний процес і апробовані у промисловості.

8.2. Матеріали дисертації викладені логічно та послідовно на високому професійному рівні. Автореферат з достатньою точністю і повнотою відображає основні положення дисертаційної роботи, а його зміст є ідентичним зі змістом дисертації. Рукопис дисертації та автореферат оформлені згідно з вимогами. Внесок автора у підготовку публікацій, відображених у авторефераті, є визначальним.

8.3. На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота Нікіпчука Сергія Вячеславовича «Підвищення енергетичної ефективності робочих машин з отто-двигунами засобами hard-soft-технології» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає паспорту спеціальності 05.02.02 – машинознавство, вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» та вимогам Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій, а її автор Нікіпчук Сергій Вячеславович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

Офіційний опонент:
кандидат технічних наук, доцент
кафедри БЖДПБ
Вінницького національного
технічного університету

Підпис І. В. Віштак засвідчую:



І. В. Віштак

Підпис *Віштак І.В.*
ПОСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією *[Signature]*