

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ
ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ РЕГУЛЮВАННЯ
ПІД ЧАС НЕУСТАЛЕНИХ НАВАНТАЖЕНЬ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання
ЛУКАВИЙ Назарій Сергійович

Керівник:

доктор педагогічних наук, професор
ДУГАНЕЦЬ Віктор Іванович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«___» _____ 2024р.

Допускається до захисту:

«___» _____ 2024р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», кандидат технічних наук,
доцент _____ **ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2024

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	4
АНОТАЦІЯ.....	5
РЕФЕРАТ.....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	11
1.1 Режими роботи двигунів транспортних засобів в процесі експлуатації.....	1
1.2. Необхідність та способи регулювання потужності дизелів.....	19
Висновки за розділом.....	28
2. УТОЧНЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ З МЕХАНІЧНИМ ГРАНИЧНО-ВСЕРЕЖИМНИМ РЕГУЛЯТОРОМ.....	29
2.1. Розробка універсального регулятора на базі паливного насосу 4УТН-М з можливістю перемикавання на однорежимне, всережимне, гранично-всережимне та комбіноване регулювання.....	29
2.2. Зовнішня швидкісна характеристика зміни координати рейки паливного насосу високого тиску 4УТНМ- М.....	33
2.3. Математична модель системи автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого вала дизеля з гранично-всережимним регулятором.....	35
2.4. Складання програми розрахунку перехідних процесів в САРЧ дизеля КТЗ з гранично-всережимним регулятором і визначення втрат енергіїнарозсіюванняприрусі.....	38
2.5 Розрахунок масових викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах.....	40
2.6 Розрахунково-експериментальна методика визначення коефіцієнта розсіювання енергії КТЗ в умовах неусталених режимів руху.....	42
Висновки за розділом.....	45
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОГО РЕГУЛЯТОРА З ПАРАМЕТРАМИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В НЕУСТАЛЕНИХ РЕЖИМАХ.....	46
3.1. Мета і задачі експериментальних досліджень.	46

3.2. Методика експериментальних досліджень	46
3.3. Об'єкт експериментальних досліджень	49
3.4. Прилади, обладнання, апаратура, використані для проведення експериментальних досліджень.....	52
3.5. Результати експериментальних досліджень всережимного, однорежимного, гранично-всережимного і комбінованого регуляторів паливного насосу 4УТНМ на безмоторному і моторному стендах.	53
3.6. Визначення коефіцієнтів поліноміальних залежностей динамічної математичної моделі САРЧ (двигуна, паливного насосу, регулятора), перевірка адекватності математичної моделі системи автоматичного регулювання частоти обертання дизеля з всережимним і гранично-всережимним механічними регуляторами.	54
3.7. Визначення коефіцієнта в'язкого тертя регулятора.	60
Висновки за розділом.....	63
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОРОЖНІХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРА МТЗ-80 З РІЗНИМИ ТИПАМИ РЕГУЛЯТОРІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ	
4.1. Мета і задачі дорожніх випробувань.. . . .	64
4.2. Об'єкт дорожніх випробувань.....	64
4.3. Прилади, обладнання, апаратура, використані для проведення експериментальних досліджень.....	66
4.4. Результати дорожніх випробувань трактора МТЗ-80 з різними способами регулювання дизеля та визначення впливу неусталених навантажень на паливну економічність.	68
Висновки за розділом.....	79
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
ДОДАТОК А Швидкісні характеристики.....	95
ДОДАТОК Б Результати розрахунку коефіцієнта розсіювання енергії в коливальній системі (трансмисії).....	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	

1. З огляду інформації підтверджено, що основними експлуатаційними режимами роботи колісних транспортних засобів є неусталені режими руху з частковим використанням потужності. При роботі в цих режимах погіршується паливна економічність двигуна, через розсіювання частини енергії: на подолання додаткових динамічних тисків в кінематичних парах трансмісії; на опір пружним коливанням в двигуні та трансмісії; на поглинання в матеріалах механічної енергії в значній кількості; на гістерезис в шинах.

2. Аналіз всіх існуючих типів регуляторів, показав, що неможливо вибрати якийсь один метод регулювання, який підходив би для всіх дизелів, які використовуються на різних за призначенням колісних транспортних засобах. Під час вибору методу регулювання необхідно виходити з специфіки умов експлуатації в яких буде застосовуватись дизель, умов руху і характеру

виконуваних робіт. Вперше розроблено універсальний регулятор, що дає змогу вибірково, при русі КТЗ змінювати метод регулювання дизеля в залежності від характеру виконуваної роботи.

3. Уточнена математична модель САРЧ дизеля з врахуванням коливального руху КТЗ, яка дає повну картину розподілення потенційної енергії, що отримується при згоранні палива в двигуні і перетворення її в кінетичну енергію поступального, обертального і коливального руху КТЗ, а також вперше розроблена методика визначення сумарного коефіцієнта розсіювання енергії в умовах неусталених режимів руху КТЗ, яка дала змогу провести оцінку впливу типу регулятора та стану мікропрофіля дороги на величину розсіювання енергії.

4. Дослідження впливу способу регулювання дизеля на його витрату палива в умовах неусталених режимів руху ґрунтовою дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофіля показали, що гранично-всережимне регулювання дозволяє зменшити витрату палива КТЗ в порівнянні з всережимним регулюванням на 6-25 %, причому чим гірший стан поверхні мікропрофіля дороги, тим вища економічна ефективність використання гранично-всережимного регулятора.

5. За результатами дорожніх досліджень трактора МТЗ-80 підтверджено, що частина енергії двигуна при русі КТЗ на різних передачах дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофілю розсіюється в незворотній формі та визначено значення коефіцієнтів розсіювання енергії.

7. Розрахунки на математичній моделі витрат палива, повітря і масових викидів ШР з ВГ показали, що різниця розрахункових і експериментальних даних витрат палива, повітря і масових викидів ШР не перевищує 2%, що свідчить про адекватність поліноміальних залежностей математичної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Канарчук В.Е. Исследование влияния неустановившегося режима работы на интенсивность износа автомобильного двигателя: Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. – К., 1967. – 211 с.
2. Трегобчук В. Київ: екологія та економіка міста / Трегобчук В. – К.: Знання. – 1992. – 45 с.
3. Канарчук В. Е. Долговечность и износ двигателей при динамических режимах работы / Канарчук В. Е. – К.: Наук. думка. – 1978. – 256 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях / Гутаревич Ю.Ф. – К.: Вища шк., 1991. – 179 с.
5. Гутаревич Ю.Ф. О.Д. Исследование режимов работы бензиновых двигателей автобусов в условиях Киева / Ю.Ф. Гутаревич, А.М. Редзюк, О.Д. Климуш // Автодорожник Украины. – 1980. – №1. – С. 24 – 25.
6. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов: Дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10, 05.04.02 / Гутаревич Юрій Федосійович. – К., 1985. – 538 с.

7. Гутаревич Ю.Ф. Прибор для регистрации режимов работы автомобильных бензиновых двигателей в эксплуатационных условиях Киева / Гутаревич Ю.Ф., Редзюк А.М., Климбуш О.Д. / – К.: КАДИ, 1979. – 10 с.
8. Безбородова Г.Б. Экономия топлива при вождении автомобиля / Безбородова Г.Б., Маяк Н.М., Чалый А.А. – К.: Техника, 1989. – 128 с.
9. Климбуш О.Д. Экономия топлива на автомобильном транспорте / Климбуш О.Д., Рубцов В.А., Гутаревич Ю.Ф. – К.: Техника, 1989. – 144 с.
10. Говорущенко Н.Я. Автомобильное топливо. Как его экономить / Говорущенко Н.Я. – Харків: Вища школа, 1979. – 143 с.
11. Марков В.А. Оценка расхода топлива и токсичности отработавших газов дизеля на различных режимах / В.А. Марков, М.И. Шлено, В.В., Фурман // Грузовик &. – 2006. – №2. – С. 40 – 49.
12. Шкрабак В.С., Соминич А.В. К измерению мгновенного расхода топлива при работе турбины на неустановившихся режимах. / В.С.Шкрабак, А.В.Соминич / – «Записки ЛСХИ», 1967, т. 103, вып. 2, с. 33-37, с ил.
13. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів.: / І.І.Водяник/ - К.: Урожай, 1994. – 222 с.
14. Чекменьов В.В. Підвищення паливної економічності дизеля на польових роботах застосуванням універсального регулятора. – Дис. к.т.н., Кам'янець-Подільський, 2006 р.
15. Статистичний щорічник України за 2013 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2014.
16. Статистичний щорічник України за 2012 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2013.
17. Статистичний щорічник України за 2011 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2012.
18. Статистичний щорічник України за 2010 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2011.
19. Статистичний щорічник України за 2009 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2010.
20. Статистичний щорічник України за 2008 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2009.
21. Статистичний щорічник України за 2007 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2008.
22. Статистичний щорічник України за 2006 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головки. – К.: в-во «Консультант», 2007.

23. Статистичний щорічник України за 2005 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головка. – К.: в-во «Консультант», 2006.
24. Статистичний щорічник України за 2004 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головка. – К.: в-во «Консультант», 2005.
25. Статистичний щорічник України за 2003 рік. Довідкове видання / Державний комітет статистики України, За ред. О.Г. Осауленко, Відповідальний за випуск В.А. Головка. – К.: в-во «Консультант», 2004.
26. Говорун А.Г. Результати польових випробувань трактора МТЗ-80 з різними способами регулювання дизеля / А.Г. Говорун, А.О. Корпач, М.О. Сельський, П.В. Куций // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : наук.-вироб. зб. / Автомобільно-дорожній ін-т Донец. нац. техн. ун-ту. – Горлівка: 2010 №1 (10), с. 110-115.
27. А. Sommerfeld «Zeitschrift d. V. d. Ing». 1904
28. Долганов К.Е. Исследование гидравлических регуляторов автотракторных двигателей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.04.02 “Теплові двигуни” / Долганов К.Е. – К., 1963. – 19 с.
29. Головчук А.Ф. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторного дизеля с турбонаддувом: дис. ... канд. техн. наук.: 05.04.02. / Головчук Андрей Федорович. – К., 1981. – 300 с.
30. Жерновой А.С. Улучшение экономических и экологических показателей автомобильного дизеля совершенствованием способа регулирования: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.04.02. “Тепловые двигатели” / А.С.Жерновий – Харьков, 1985. – 24 с.
31. Каньковский И.Е. Повышение эксплуатационной топливной экономичности тракторного дизеля путём применения универсального однорежимно-всережимного регулятора: дис. канд. техн. наук.: 05.04.02. / Каньковский Игорь Евгениевич. – К., 1987. – 377 с.
32. Мельниченко В.И. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторного дизеля применением двухрежимно – всережимного регулятора: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.04.02. “Теплові двигуни” / Мельниченко В.И. – Харьков, 1991. – 17 с.
33. Захарчук В.И. Улучшение эксплуатационных показателей колёсного трактора при выполнении транспортной работы применением универсального регулятора: дисс. ...канд. техн. наук.: 05.22.20 / Захарчук Виктор Иванович. – К., 1996. – 217 с.
34. Лясковський В.Г. Розробка і дослідження дворежимного регулятора для дизеля середньої потужності з роторним паливним насосом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.04.02. “Теплові двигуни” / Лясковський В.Г. – К., 2001. – 20 с.
35. Головчук А.Ф. Дослідження універсального регулятора колісних тракторів / А.Ф. Головчук, А.В. Садовников, Р.М. Харак // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ЕНЕМ. – 2004.– С. 53-54.

36. Захарчук В.И. Универсальный регулятор / В.И.Захарчук // АПК: Наука, техника, практика. – 1990. – № 8. – С. 20 – 21.
37. Говорун А.Г. Исследование гидравлической системы регулирования автомобильного дизеля с целью улучшения его экономических и динамических показателей: дис....канд. техн. наук.: 05.04.02. / Говорун Анатолий Григорьевич. – К., 1972. – 195 с.
38. Ільченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джалос. та ін.; за редакцією Ільченко В.Ю. і Нігірний Ю.П. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
39. Дмитренко В.И. Исследование равномерности топливоподачи распределительными топливными насосами тракторных дизелей. диссертация, Киев, 1969.
40. Звіт про науково-дослідну роботу. Дослідження та удосконалення автоматичних систем регулювання транспортних дизелів (проміжний) р. М-во освіти і науки України : Нац. Транс-ний ун-т : кер. Говорун А.Г. - № держреєстрації 0110U000128 Інв. №0210U005694. К.: 2010. 112с.
41. Говорун А.Г. Математична модель визначення втрат енергії за умов неусталених режимів руху колісного транспортного засобу з дизелем. Проблеми транспорту: Збірник наукових праць: Випуск 5. / А.Г. Говорун, А.О. Корпач, М.П. Сельський /- Київ: НТУ. 2007, с. 130-138.
42. Говорун А.Г. Дослідження на математичній моделі впливу параметрів САРЧ на втрати енергії КТЗ за неусталених режимів руху. / А.Г. Говорун, А.О.Корпач, М.П. Сельський / К. 2008. – Вісник НТУ. – Випуск 16 – с. 211-215.
43. ДСТУ 10578:2003 Насоси паливні дизелів. Загальні технічні умови.
44. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.
45. ДСТУ 4840-2007 Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови
46. ДСТУ 4277:2004 Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі.
47. ДСТУ 4276:2004 Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями.
48. ОСТ 37.001.054–86 Автомобили и двигатели. Выбросы вредных веществ. Нормы и методы определения
49. ГОСТ 17.2.1.01–76 (СТ СЕВ 136678) Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.
50. Говорун А.Г. Регулятор частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння. / А.Г. Говорун, А.О. Корпач, П.В. Куций // Патент на корисну модель UA №58405, МПК, F02D 1/04. Заявка №u201011574 від 29.09.2010, опубл. Бюл. №7, 11.04.2011.
51. ГОСТ 8581-78 Масла моторные для автотракторных дизелей
52. Розроблення та дослідження автоматичних систем регулювання транспортних дизелів : звіт про НДР №ДЗ/70 (проміжний): М-во освіти і науки

України : Нац. Транс-ний ун-т : кер. Гутаревич Ю.Ф. - № держреєстрації 01064004506 С Інв. №03064008490. К.: 2006. 87с.

53. Говорун А.Г. Про деякі особливості уточнення методики визначення коефіцієнта якісного тертя в механічних регуляторах / А.Г. Говорун, М.О. Сельський, П.В. Куций // Вісник Севастопольського Національного технічного університету, збірник наукових праць - Севастополь, 2012. №134/2012. – с. 145-148.

54. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.

55. ДСТУ ISO 789:2006 – 141 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний.

56. Говорун А.Г. Вплив способу регулювання двигуна КТЗ на витрату палива за умов неусталених режимів руху / А.Г. Говорун, М.В. Павловський, П.В. Куций// Вісник НТУ Ч.1 – К.:НТУ, 2013.– Випуск 28.–с.104-110.

57. Говорун А.Г. Вплив стану дорожнього покриття на витрату палива / А.Г. Говорун, П.В. Куций // Автошляховик України, №1 (237), Київ, 2014 р., с. 14-16.

58. Говорун А.Г. Результати дорожніх випробувань колісного транспортного засобу з універсальним регулятором частоти обертання колінчастого вала дизеля / А.Г. Говорун, О.А. Клименко, П.В. Куций // Автошляховик України, №6 (242), Київ, 2014 р., с. 2-5.

59. Гутаревич Ю.Ф. Випробування двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб., 2-ге вид., перероб. і доп. / Ю.Ф.Гутаревич, А.О.Корпач, А.Г. Говорун. – К.: НТУ, 2103. – 252с.

60. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ, 2023. - 51 с.