

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «25 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИММОТОЛОГИИ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

Д.А. УХАНОВ
А.П. УХАНОВ
С.В. ТИМОХИН

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

Монография

Пенза 2024

УДК 621.43.004
ББК 39.3
У89

Печатается по решению научно-технического совета ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ от 15 января 2024 г., протокол № 1.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ
М.В. Рыблов;

доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
А.Л. Хохлов.

Уханов, Д.А. Совершенствование работы двигателей автотракторной
У89 техники на холостом ходу: монография / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, С.В.
Тимохин. – Пенза: ПГАУ, 2024. – 364 с.

ISBN 978-5-00196-223-6

В монографии раскрыты особенности работы тракторных, комбайновых и автомобильных двигателей на типовом режиме самостоятельного холостого хода (РСХХ) и показаны его недостатки; предложен и теоретически обоснован новый способ работы различных типов двигателей в РСХХ, заключающийся в создании периодически повторяющихся динамических циклов, состоящих из чередующихся тактов разгона и тактов выбега; разработаны, изготовлены и исследованы в стендовых и эксплуатационных условиях малогабаритные системы автоматического управления работой тракторных, комбайновых и автомобильных двигателей в РСХХ и обоснована перспективность их применения.

Материалы, изложенные в монографии, будут полезны научным и инженерно-техническим работникам, аспирантам, магистрам и студентам высших учебных заведений.

УДК 621.43.004
ББК 39.3

ISBN 978-5-00196-223-6

© Д.А. Уханов, А.П. Уханов,
С.В. Тимохин, 2024

© ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ТРАКТОРНЫХ, КОМБАЙНОВЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТИПОВОМ РЕЖИМЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА	11
1.1 РАБОТА ДИЗЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	11
1.2 РАБОТА КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	26
1.3 СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРНЫХ, КОМБАЙНОВЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ....	35
1.3.1 Способы улучшения показателей дизелей на режиме холостого хода и устройства для их осуществления	35
1.3.2 Способы улучшения показателей бензиновых двигателей на режиме холостого хода и устройства для их осуществления	39
1.4 ОБОСНОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	44
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕЖИМА САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ	48
2.1 СУЩНОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕЖИМА ХОЛОСТОГО ХОДА	48
2.2 РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕЖИМА ХОЛОСТОГО ХОДА ДИЗЕЛЯ...	54
2.2.1 Анализ сил и моментов, действующих на кривошипно-шатунный механизм поршневого ДВС в экспериментальном режиме холостого хода..	54
2.2.2 Обоснование закона изменения угловой скорости коленчатого вала в пределах цикла экспериментального режима холостого хода дизеля....	58
2.2.3 Обоснование и расчет параметров управляющих воздействий на топливоподачу при реализации экспериментального режима холостого хода дизеля	66
2.3 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА НА ПЭВМ.....	75
2.4 РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	84
2.4.1 Взаимосвязь конструктивных и гидродинамических параметров системы холостого хода карбюратора с составом топливовоздушной смеси	84

2.4.2 Влияние состава топливовоздушной смеси на показатели рабочего процесса карбюраторного двигателя	91
2.4.3 Закономерности перемещения клапана системы холостого хода карбюратора	97
2.5 ОБОСНОВАНИЕ НИЖНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕРВАЛА ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КОМБАЙНОВОГО ДИЗЕЛЯ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	101
2.6 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИКАТОРНОЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ В ЦИКЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕЖИМА САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА.....	114
2.7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ	119
ВЫВОДЫ	120
3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ТРАКТОРНЫХ, КОМБАЙНОВЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ РЕЖИМЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА	122
3.1 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	122
3.1.1 Система автоматического управления с воздействием на рейку топливного насоса высокого давления и варианты конструктивного исполнения	122
3.1.2 Система автоматического управления с воздействием на рычаг центробежного регулятора частоты вращения и варианты конструктивного исполнения	131
3.1.3 Система автоматического управления с воздействием на вильчатый рычаг ограничения подачи топлива регулятора частоты вращения	142
3.2 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ КОМБАЙНОВОГО ДИЗЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	145
3.3 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА.....	152
3.4 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ, ОСНАЩЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЛИ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИМ КЛАПАНОМ ЭКОНОМАЙЗЕРА ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА	159
3.4.1 Система автоматического управления работой карбюраторного двигателя, оснащенного электромагнитным клапаном ЭПХХ	159
3.4.2 Система автоматического управления работой карбюраторного двигателя, оснащенного электропневматическим клапаном ЭПХХ.....	170
3.5 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ИНЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА...	181
ВЫВОДЫ	187

4 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	189
4.1 ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ	189
4.2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАБОТОЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	191
4.3 МЕТОДИКА БЕЗМОТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ	192
4.4 МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРБЮРАТОРОВ, АГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ И ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	193
4.5 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЖНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕРВАЛА ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	199
4.6 МЕТОДИКА МОТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	202
4.6.1 Методика моторных исследований дизеля в стендовых условиях.....	202
4.6.2 Методика моторных исследований дизеля в составе трактора	213
4.6.3 Методика моторных исследований дизеля в составе комбайна	226
4.6.4 Методика моторных исследований дизеля в составе автомобиля.....	229
4.6.5 Методика моторных исследований карбюраторного двигателя в стендовых условиях	233
4.6.6 Методика моторных исследований карбюраторного двигателя в составе автомобиля	250
4.7 МЕТОДИКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ	252
4.7.1 Методика эксплуатационных исследований тракторов и комбайнов	252
4.7.2 Методика эксплуатационных исследований автомобилей	254
4.8 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВЕЛИЧИН ИЗМЕРЕНИЙ ВЫВОДЫ	259
5 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ...	262
5.1 РЕЗУЛЬТАТЫ ХРОНОМЕТРАЖА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА	262
5.2 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ Д-240 (4Ч 11/12,5)	266
5.3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБАЙНОВОГО ДИЗЕЛЯ СМД-31А (6ЧН 13/14)	294
5.4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-238М2 (8Ч 13/14)	305
5.5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРБЮРАТОРНЫХ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ УМЗ-414, ЗМЗ-402 (4Ч 9,2/9,2) И ВАЗ-2103 (4Ч 7,6/8)	314

ВЫВОДЫ	331
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	335
ЛИТЕРАТУРА	338
ПРИЛОЖЕНИЕ	353