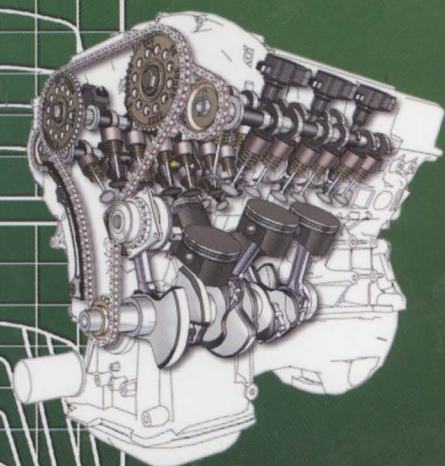
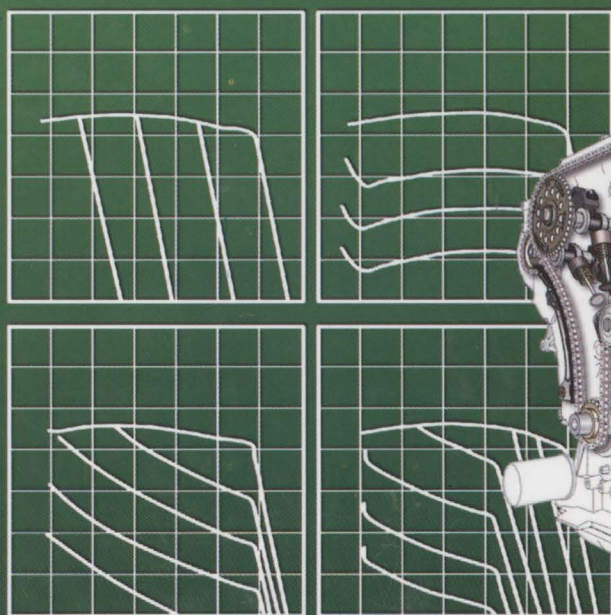


А.Ф. Головчук

УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ  
ЭКОНОМИЧНОСТИ  
И СНИЖЕНИЕ ДЫМНОСТИ  
ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ  
ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
РЕГУЛИРОВАНИЯ

$M_k$



**А.Ф. ГОЛОВЧУК**

*Профессору Долганову К.Е.,  
моему учителю,  
посвящается*

**УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И  
СНИЖЕНИЕ ДЫМНОСТИ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ  
ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

**Харьков 2012**

УДК 621.43  
ББК 40.74 Г-61  
Г 61

**Рецензенты**

**Абрамчук Ф.И.**, д-р техн. наук, профессор,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет;  
**Ерошенков С.А.**, д-р техн. наук, профессор,  
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта.

Издание печатается по решению ученого совета Уманского национального университета садоводства. Протокол №2 от 17.11.2011 г.

**Г 61      Головчук А.Ф.** Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторных дизелей путем совершенствования системы автоматического регулирования: монография / А.Ф. Головчук. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 472 с.

**ISBN 978-966-303-414-0**

У монографії подано результати досліджень з покращення паливної економічності та зменшення димності тракторних дизелів шляхом удосконалення системи автоматичного регулювання частоти обертання.

Книгу рекомендовано для студентів, магістрів, аспірантів, викладачів ВНЗ, а також для спеціалістів, які займаються розробкою, дослідженням та експлуатацією автомобільних, тракторних і комбайнових дизелів.

В монографіи представлены результаты исследований по улучшению топливной экономичности и снижению дымности тракторных дизелей путем совершенствования системы автоматического регулирования частоты вращения.

Книга рекомендуется для студентов, магистров, аспирантов, преподавателей вузов, а также для специалистов, занимающихся разработкой, исследованием и эксплуатацией автомобильных, тракторных и комбайновых дизелей.

УДК 621.43  
ББК 40.74

**ISBN 978-966-303-414-0**

© Головчук А.Ф., 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Основные сокращения и буквенные обозначения.....</b>                                                                                                | <b>7</b>  |
| <b>Введение.....</b>                                                                                                                                   | <b>11</b> |
| <b>1. Постановка проблемы и задач ее решения.....</b>                                                                                                  | <b>13</b> |
| <b>2. Виды и режимы работ, на которых используются сельскохозяйственные тракторы. Воздействие выбросов тракторных дизелей на окружающую среду.....</b> | <b>17</b> |
| 2.1. Распределение и характер нагрузок на трактор по видам работ.....                                                                                  | 17        |
| 2.2. Особенности внешних возмущений, действующих на САРЧ тракторного дизеля со стороны машинно-тракторного агрегата и тракториста.....                 | 21        |
| 2.3. Загрязнение окружающей среды выбросами тракторных дизелей.....                                                                                    | 27        |
| 2.4. Нормы предельных значений дымности и токсичности отработавших газов тракторных дизелей.....                                                       | 30        |
| <b>3. Обзор и анализ исследований способов регулирования частоты вращения и подачи топлива в дизелях с газотурбинным наддувом.....</b>                 | <b>36</b> |
| 3.1. Способы улучшения топливной экономичности и снижения дымности отработавших газов дизелей с турбонаддувом.....                                     | 36        |
| 3.2. К выбору способа регулирования частоты вращения дизелей колесных тракторов.....                                                                   | 39        |
| 3.3. Краткий обзор и анализ разработок однорежимных и двухрежимных регуляторов с плавными частичными характеристиками.....                             | 51        |
| 3.4. Корректоры топливоподачи и их влияние на топливно-энергетические и экологические показатели дизелей.....                                          | 63        |
| 3.5. Автоматические устройства для ограничения и контроля дымности отработавших газов.....                                                             | 84        |
| Выводы.....                                                                                                                                            | 96        |
| <b>4. Разработка универсальных двухрежимно-всережимных регуляторов для дизелей колесных тракторов.....</b>                                             | <b>97</b> |
| 4.1. Основные элементы универсального двухрежимно-всережимного регулятора частоты вращения тракторных дизелей.....                                     | 97        |

|                                                                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2. Универсальные регуляторы с ручным переключением режимности регулирования.....                                                  | 98         |
| 4.3. Система автоматизированного переключения режимности регулирования тракторного дизеля с универсальным регулятором.....          | 110        |
| 4.4. Фотометрический ограничитель дымности отработавших газов дизеля.....                                                           | 117        |
| Выводы.....                                                                                                                         | 127        |
| <b>5. Математические модели САРЧ дизеля с газотурбинным наддувом.....</b>                                                           | <b>129</b> |
| 5.1. Назначение и особенности математических моделей САРЧ тракторного дизеля.....                                                   | 129        |
| 5.2. Особенности САРЧ дизеля СМД-62, используемой для исследований на математических моделях.....                                   | 132        |
| 5.3. Пневматический отрицательный корректор топливоподачи.....                                                                      | 142        |
| 5.4. Расчет скоростных характеристик ТНВД с универсальным регулятором частоты вращения при всережимном регулировании.....           | 144        |
| 5.5. Расчет скоростных характеристик ТНВД с универсальным регулятором при двухрежимном регулировании.....                           | 155        |
| 5.6. Расчет скоростных характеристик ТНВД с универсальным регулятором и пневматическим отрицательным корректором топливоподачи..... | 159        |
| 5.7. Фотометрический ограничитель дымности ОГ и влияние его на скоростные характеристики ТНВД.....                                  | 171        |
| 5.8. Принципиальная и функциональная схемы САРЧ дизеля СМД-62.....                                                                  | 174        |
| 5.9. Уравнения звеньев и связей между ними математической модели САРЧ дизеля с турбонаддувом.....                                   | 180        |
| 5.10. Алгоритмы и программы для вычислительных экспериментов на ЭВМ.....                                                            | 201        |
| Выводы.....                                                                                                                         | 213        |
| <b>6. Математическая модель системы «Тракторист-МТА-дорога (поле)».....</b>                                                         | <b>215</b> |
| 6.1. Функциональная блок-схема системы «Тракторист-МТА-дорога (поле)».....                                                          | 215        |

|                                                                                                                                                        |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2. Особенности процессов трогания, разгона машинно-тракторного агрегата и исследования в ездовом цикле.....                                          | 224        |
| 6.3. Математическая модель процессов трогания, разгона и установившегося движения машинно-тракторного агрегата.....                                    | 228        |
| Выводы.....                                                                                                                                            | 240        |
| <b>7. Методика экспериментальных исследований. Условия проведения лабораторных и эксплуатационных исследований.....</b>                                | <b>242</b> |
| 7.1. Цель и задачи экспериментальных исследований.....                                                                                                 | 242        |
| 7.2. Программа и объекты исследований.....                                                                                                             | 243        |
| 7.3. Установки, оборудование и приборы для экспериментальных исследований. Измерительная аппаратура.....                                               | 247        |
| 7.4. Методика лабораторных исследований.....                                                                                                           | 257        |
| 7.5. Методика эксплуатационных испытаний.....                                                                                                          | 262        |
| 7.6. Определение топливно-скоростных характеристик и динамических показателей тракторного агрегата.....                                                | 265        |
| 7.7. Определение эксплуатационно-технологических показателей машинно-тракторного агрегата.....                                                         | 268        |
| 7.8. Погрешности измерений. Вычисление ошибок измерений.....                                                                                           | 272        |
| <b>8. Расчетно-теоретические исследования на ЭВМ статических и динамических характеристик дизеля и машинно-тракторного агрегата с опытной САР.....</b> | <b>273</b> |
| 8.1. Цель и задачи исследований на математических моделях.....                                                                                         | 273        |
| 8.2. Исходные данные для расчетно-теоретических исследований на математических моделях.....                                                            | 280        |
| 8.3. Проверка адекватности математических моделей.....                                                                                                 | 282        |
| 8.4. Требования к скоростным характеристикам универсального регулятора частоты вращения.....                                                           | 283        |
| 8.5. Формирование внешней скоростной характеристики дизеля.....                                                                                        | 283        |
| 8.6. Скоростные характеристики дизеля СМД-62 с универсальным регулятором при всережимном регулировании.....                                            | 295        |
| 8.7. Скоростные характеристики дизеля СМД-62 с универсальным регулятором при двухрежимном регулировании.....                                           | 297        |
| 8.8. Влияние сухого трения на скоростные характеристики дизеля.....                                                                                    | 300        |

|                                                                                                                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.9. Требования к динамическим показателям САРЧ тракторных дизелей.....                                                                                                   | 302        |
| 8.10. Переходные процессы в САРЧ дизеля СМД-62 с универсальным регулятором.....                                                                                           | 303        |
| 8.11. Расчет процессов трогания, разгона с переключением передач и установившегося движения машинно-тракторного агрегата.....                                             | 330        |
| 8.12. Расчетная топливная характеристика МТА.....                                                                                                                         | 343        |
| Выводы.....                                                                                                                                                               | 344        |
| <b>9. Экспериментальные исследования статических и динамических показателей дизеля и МТА с опытной САРЧ.....</b>                                                          | <b>347</b> |
| 9.1. Скоростные характеристики ТНВД с универсальным регулятором.....                                                                                                      | 347        |
| 9.2. Скоростные характеристики дизеля с универсальным регулятором.....                                                                                                    | 350        |
| 9.3. Переходные процессы при разгонах дизеля на холостом ходу и под нагрузкой.....                                                                                        | 355        |
| 9.4. Переходные процессы в САРЧ дизеля с опытным регулятором при разгонах транспортного и пахотного МТА.....                                                              | 366        |
| 9.5. Повышение энергетических показателей трактора Т-150К на частичных скоростных режимах работы дизеля.....                                                              | 378        |
| 9.6. Топливно-скоростные характеристики транспортного агрегата с универсальным регулятором.....                                                                           | 385        |
| Выводы.....                                                                                                                                                               | 387        |
| <b>Заключение.....</b>                                                                                                                                                    | <b>392</b> |
| <b>Литература.....</b>                                                                                                                                                    | <b>395</b> |
| Приложение 1. Блок-схема алгоритма расчета скоростных характеристик дизеля с газотурбинным наддувом и двухрежимно-всережимным регулятором частоты вращения.....           | 411        |
| Приложение 2. Детальная блок-схема алгоритма расчета в подпрограмме «Дизель».....                                                                                         | 430        |
| Приложение 3. Блок-схема алгоритма расчета процессов трогания, разгонов и движения МТА.....                                                                               | 451        |
| Приложение 4. Описание исходных данных, коэффициентов и аппроксимирующих уравнений и их идентификаторов для расчетов на ЭВМ статических и динамических характеристик..... | 460        |

## ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

|        |                                                                                                                         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ДВС    | – двигатели внутреннего сгорания;                                                                                       |
| САРЧ   | – система автоматического регулирования частоты вращения;                                                               |
| МТА    | – машинно-тракторный агрегат;                                                                                           |
| САР    | – системы автоматического регулирования;                                                                                |
| ТНВД   | – топливный насос высокого давления;                                                                                    |
| ОГ     | – отработавшие газы;                                                                                                    |
| УР     | – универсальный регулятор;                                                                                              |
| МОК    | – механический отрицательный корректор;                                                                                 |
| ПОК    | – пневматический отрицательный корректор;                                                                               |
| ФОД    | – фотометрический ограничитель дымления;                                                                                |
| ТК     | – турбокомпрессор;                                                                                                      |
| НПО    | – научно-производственное объединение «Централь-                                                                        |
| ЦНИТА  | ный научно-исследовательский и конструкторский институт топливной аппаратуры автотракторных и стационарных двигателей»; |
| ГСКБД  | – Головное специализированное конструкторское бюро по двигателям средней мощности (г. Харьков);                         |
| ЯМЗ    | – Ярославский моторный завод;                                                                                           |
| НТУ    | – Национальный транспортный университет                                                                                 |
| (КАДИ) | (Киевский автомобильно-дорожный институт);                                                                              |
| ДГАУ   | – Днепропетровский государственный аграрный                                                                             |
| (ДСХИ) | университет (Днепропетровский сельскохозяйственный институт);                                                           |
| НТУ    | – Национальный технический университет                                                                                  |
| «ХПИ»  | «Харьковский политехнический институт»;                                                                                 |
| УГАЖТ  | – Украинская государственная академия железнодоро-                                                                      |
| (ХИИТ) | жного транспорта (Харьковский институт инженеров железнодорожного транспорта);                                          |
| ЛГАУ   | – Ленинградский государственный аграрный                                                                                |
| (ЛСХИ) | университет (Ленинградский сельскохозяйственный институт);                                                              |
| НАМИ   | – Научно-исследовательский автомоторный институт;                                                                       |

|                      |                                                                                                                  |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЦНИАП<br>НАМИ        | – Центральный научно-исследовательский автомобильный полигон Научно-исследовательского автомобильного института; |
| СБС                  | – суммирующий блок сигналов;                                                                                     |
| БЭС                  | – блок эталонного сигнала;                                                                                       |
| БС                   | – блок сравнения;                                                                                                |
| УПБ                  | – усилительно-преобразовательный блок;                                                                           |
| УБ                   | – блок управления;                                                                                               |
| ЗБ                   | – задающий блок;                                                                                                 |
| ЯЗТА                 | – Ярославский завод топливной аппаратуры;                                                                        |
| ЧЗТА                 | – Чугуевский завод топливной аппаратуры;                                                                         |
| ХТЗ                  | – Харьковский тракторный завод;                                                                                  |
| ПО ВЗТА              | – Производственное объединение «Вильнюсский завод топливной аппаратуры»;                                         |
| СКФ ВИМ              | – Северо-Кавказский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства;      |
| ЕЭК ООН              | – Европейская экономическая комиссия при Организации Объединенных Наций;                                         |
| ОРФ                  | – органическая растворимая фракция;                                                                              |
| АТС                  | – автотранспортные средства;                                                                                     |
| ТА                   | – топливная аппаратура;                                                                                          |
| САЗ                  | – система автоматической защиты;                                                                                 |
| КПД                  | – коэффициент полезного действия;                                                                                |
| КП                   | – коробка передач;                                                                                               |
| ПНЯ-4-40             | – плуг навесной ярусный;                                                                                         |
| ППТС-9Б              | – полуприцеп-самосвал двухосный;                                                                                 |
| БДТ-7                | – борона дисковая тяжелая;                                                                                       |
| ВОМ                  | – вал отбора мощности;                                                                                           |
| $M_e, M_i$           | – эффективный, индикаторный крутящий моменты дизеля;                                                             |
| $M_m$                | – момент механических потерь дизеля;                                                                             |
| $M_{нг}$             | – момент нагрузки дизеля;                                                                                        |
| $M_{сц}, M_{сц\max}$ | – текущий и максимальный момент трения сцепления;                                                                |
| $G_b$                | – расход воздуха;                                                                                                |
| $n_d$                | – частота вращения коленчатого вала дизеля;                                                                      |

|            |                                                                             |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $n_{тк}$   | – частота вращения вала турбокомпрессора;                                   |
| $n_{п}$    | – частота вращения кулачкового вала ТНВД;                                   |
| $M_k, N_e$ | – крутящий момент и эффективная мощность;                                   |
| $G_t, g_e$ | – часовой и эффективный удельный расход топлива;                            |
| $V_h$      | – рабочий объем цилиндров;                                                  |
| $i_{ц}$    | – число цилиндров;                                                          |
| $\tau$     | – тактность дизеля;                                                         |
| $\ell_o$   | – количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания 1 кг топлива;  |
| $\rho_t$   | – плотность дизельного топлива;                                             |
| $\rho_k$   | – плотность воздуха;                                                        |
| $K_t$      | – показатель адиабаты расширения отработавших газов в турбине;              |
| $p_o$      | – абсолютное давление воздуха на входе в компрессор (атмосферное давление); |
| $R$        | – газовая постоянная воздуха;                                               |
| $R_t$      | – газовая постоянная отработавших газов;                                    |
| $K$        | – показатель адиабаты сжатия воздуха в компрессоре;                         |
| $U_n$      | – передаточное число от коленчатого вала дизеля к кулачковому валу ТНВД;    |
| $U_m$      | – передаточное число от муфты регулятора к поводку дозаторов ТНВД;          |
| $K_{п}$    | – коэффициент подачи ТНВД;                                                  |
| $T_p$      | – сила сухого трения в регуляторе;                                          |
| $p_{вп}$   | – давление во впускном коллекторе;                                          |
| $p_k$      | – давление наддувочного воздуха (после компрессора);                        |
| $p_{вп}$   | – давление воздуха в выпускном коллекторе перед турбиной турбокомпрессора;  |
| $p_r$      | – давление воздуха после турбины турбокомпрессора;                          |
| $p_m$      | – давление масла в главной масляной магистрали;                             |
| $p_m^k$    | – давление масла в системе смазки турбокомпрессора;                         |
| $t_{окр}$  | – температура окружающего воздуха;                                          |
| $t_{вп}$   | – температура воздуха перед компрессором дизеля с наддувом;                 |
| $t_k$      | – температура воздуха после компрессора дизеля с наддувом;                  |

|                                  |                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $t_{tr}$                         | – температура отработавших газов в выпускном коллекторе перед турбиной турбокомпрессора дизеля с турбонаддувом;                                    |
| $t_r$                            | – температура отработавших газов после турбины дизеля с турбонаддувом;                                                                             |
| $N, K$                           | – дымность отработавших газов в % и $m^{-1}$ ;                                                                                                     |
| $t_{ж}$                          | – температура охлаждающей жидкости дизеля;                                                                                                         |
| $t_m$                            | – температура масла в поддоне дизеля;                                                                                                              |
| $t_f$                            | – температура топлива на входе в фильтр грубой очистки топлива;                                                                                    |
| $h_n$                            | – перемещение дозаторов ТНВД;                                                                                                                      |
| $q_u$                            | – цикловая подача ТНВД;                                                                                                                            |
| $P_u$                            | – поддерживающая сила регулятора;                                                                                                                  |
| $C_i$                            | – жесткость пружин регулятора, пневматического и механического корректоров топливоподачи, фотометрического ограничителя дымления;                  |
| $Z_{зв. i}$                      | – предварительная деформация пружин регулятора, пневматического и механического корректоров топливоподачи, фотометрического ограничителя дымления; |
| $Z_{нач}$                        | – начальная координата муфты регулятора;                                                                                                           |
| $E$                              | – восстанавливающая сила регулятора;                                                                                                               |
| $\nu_p, m_p$                     | – приведенные к муфте регулятора: коэффициенты вязкого трения и масса регулятора;                                                                  |
| $V_{вп}$                         | – объем воздушного ресивера и впускных каналов в головках цилиндров;                                                                               |
| $V_{вып}$                        | – объем выпускных коллекторов;                                                                                                                     |
| $J_{мта}, J_{пр}, J_{д}, J_{тк}$ | – приведенные к коленчатому валу дизеля момент инерции: машинно-тракторного агрегата, прицепа, дизеля и момент инерции турбокомпрессора;           |
| $G_c$                            | – массовый выброс углерода (сажи) с отработавшими газами;                                                                                          |
| $g_c$                            | – удельный выброс сажи.                                                                                                                            |

## ВВЕДЕНИЕ

Основным источником энергии на всех тракторах, автомобилях, комбайнах и других самоходных машинах являются поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Они сегодня занимают основное место в балансе потребления топлива из нефтепродуктов. Поэтому повышение топливной экономичности мобильных и стационарных ДВС – важная народнохозяйственная задача экономии топливно-энергетических ресурсов.

Проблема экономии топливно-энергетических ресурсов Украины тесно взаимосвязана с проблемой защиты окружающей среды от вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания. Повышенное дымление и перерасход топлива на переменных режимах и перегрузках свойственно автотракторным и комбайновым дизелям с газотурбинным наддувом.

Жесткие требования к экономному расходованию жидкого топлива и к защите окружающей среды вызывают необходимость конструктивного усовершенствования ДВС, своевременного устранения неисправностей с помощью технической диагностики механизмов и систем двигателя. Повышенная дымность дизелей, например, является первым признаком перерасхода топлива из-за неисправности или их конструктивного несовершенства.

Социально-экономические последствия загрязнения природной среды дают основания специалистам-двигателистам выявлять причины повышенного выделения токсичных компонентов тепловых двигателей и предлагать пути их устранения.

Уменьшить эксплуатационный расход топлива и дымность отработавших газов на всех скоростных и нагрузочных режимах можно путем правильного выбора и совершенствования системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) автотракторных и комбайновых дизелей с турбонаддувом.

В последнее время проявляется особый интерес к исследованию различных способов регулирования скорости транспортных дизелей, к правильному выбору частичных (промежуточных) характеристик регуляторов для автотракторных дизелей. Это объясняется тем, что правильный выбор способа регулирования скорости дизеля

в зависимости от условий работы автомобиля или машинно-тракторного агрегата (МТА) позволяет улучшить топливно-экономические, энергетические и токсические характеристики авто-тракторных и комбайновых дизелей [1].

В сельскохозяйственном производстве получили широкое применение колесные тракторы, которые в течение календарного года применяются для выполнения различных полевых работ и на транспортных перевозках. Условия работы тракторных дизелей при использовании тракторов на полевых и транспортных работах существенно отличаются, что отражается на эксплуатационном расходе топлива. При выполнении энергоемких полевых работ тракторный дизель работает при малоизменяющейся частоте вращения и нагрузках. Нагрузка эта непрерывно стохастически изменяется, что приводит к недоиспользованию его мощности и повышению расхода топлива, причем значительное влияние на эти показатели оказывает качество работы системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля.

Разработано много предложений по усовершенствованию САРЧ с точки зрения лучшего приспособления ее к условиям работы тракторного дизеля при выполнении полевых работ. Наиболее подходящим для тракторных дизелей был признан всережимный регулятор частоты вращения.

При использовании тракторного агрегата на транспортных работах целесообразно применять однорежимные или двухрежимные регуляторы частоты вращения с малым наклоном частичных скоростных характеристик цикловой подачи в сторону возрастания частоты вращения. С такими регуляторами на транспортной работе обеспечивается экономия топлива по сравнению со всережимными регуляторами, которые в настоящее время применяются на всех тракторных дизелях.

Для удовлетворения двух отмеченных противоречивых требований к регуляторам необходим новый метод регулирования дизеля, по которому САРЧ обеспечивала бы возможность всережимного или двухрежимного регулирования частоты вращения по выбору тракториста в зависимости от вида выполняемых трактором работ.

В монографии приведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по топливоподающей аппаратуре энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов с 1977 по 2011 годы с участием автора.

## 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧА ЕЕ РЕШЕНИЯ

Основной энергетической установкой тракторов, автомобилей и самоходных сельскохозяйственных машин есть дизель, основным достоинством которого является хорошая экономичность. Расход топлива машинами с дизелями на 25-30% меньше, чем с бензиновыми двигателями. Особенно перспективны сегодня дизели с газотурбинным наддувом.

Но у дизелей, особенно с газотурбинным наддувом, есть существенный недостаток – склонность к повышенной дымности отработавших газов (ОГ) на переменных режимах работы. Дым содержит мельчайшие частички сажи, которая является не только переносчиком канцерогенных и токсичных веществ, но и сама канцерогенна.

В нашей стране с 1980 года действует закон «Об охране атмосферного воздуха». Согласно этому закону для оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу. Не допускаются производство и эксплуатация транспортных и иных передвижных средств и установок, в выбросах которых содержание загрязняющих веществ превышает установленные нормативы. Соответственно ужесточаются ограничения на токсичность и дымность ОГ дизелей, как в нашей стране, так и за рубежом. В связи с этим дымность дизелей ставит под угрозу дальнейшую перспективность их применения.

Поэтому задача уменьшения токсичности и особенно дымности отработавших газов дизелей, которые широко используются во всех отраслях народного хозяйства, становится актуальной.

Исследования, проведенные в научно-исследовательских и учебных заведениях Украины и других стран ближнего и дальнего зарубежья, показали, что основными причинами дымности дизелей являются:

- чрезвычайная трудность обеспечения эффективного протекания процессов смесеобразования и сгорания в дизелях из-за их кратковременности;
- недостаточное согласование характеристик дизеля и системы автоматического регулирования (САР) на всех режимах работы и особенно на переходных режимах;

- высокая чувствительность дизеля к отклонениям регулировочных параметров топливной аппаратуры и сложность контроля и поддержания этих параметров на оптимальном уровне в эксплуатационных условиях.

Решение каждого из этих вопросов в отдельности представляет крупную научно-техническую проблему.

Особо следует выделить проблему оптимального согласования между собой характеристик дизеля и системы автоматического регулирования с учетом особенностей характера нагрузок, действующих на машину. Если нет такого согласования, то даже вполне исправный дизель с хорошо отработанными процессами смесеобразования и сгорания будет работать с выделением дыма. Согласование этих характеристик зависит от способов управления и регулирования подачи топлива и воздуха. Поэтому большое значение имеет совершенствование систем автоматического регулирования топливоподачи и воздухообеспечения. Однако регулирование подачи воздуха турбокомпрессором представляет значительные технические трудности и практического применения на тракторных дизелях пока не получило.

В связи с этим на современном этапе целесообразно уделить особое внимание совершенствованию системы регулирования частоты вращения и топливоподачи дизелем. Одним из направлений является лучшее приспособление статических и динамических характеристик системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) к условиям работы тракторного дизеля и особенностям характеристик внешних нагрузок, передаваемых на него со стороны машинно-тракторного агрегата (МТА). Проведенными, в том числе и автором, исследованиями установлено, что на автомобильных дизелях и дизелях колесных тракторов, которые более 50% времени используются на транспортных перевозках, целесообразно применять двухрежимные регуляторы с пологими частичными характеристиками. С такими регуляторами на транспортной работе обеспечивается экономия топлива до 6-10% по сравнению со всережимными регуляторами, которые в настоящее время применяются на всех тракторных дизелях. Последнее вызвано необходимостью автоматического поддержания с относительно высокой точностью заданной скорости движения машинно-тракторного агрегата при выполнении полевых сельскохозяйственных работ при работе дизеля не только на номинальном, но и на частичных скоростных режимах. Всережимное регу-

лирование выгодно, когда дизель работает в основном при постоянном положении органа управления регулятора, что имеет место при работе трактора в полевых условиях, но становится причиной повышения расхода топлива и дымности ОГ при частом воздействии на орган управления регулятором со стороны тракториста, что характерно для транспортной работы. Объясняется это тем, что при переходных процессах орган дозирования подачи топлива со всережимным регулятором совершает колебания с большими забросами в сторону увеличения подачи топлива, чем при двухрежимном. Для удовлетворения двух отмеченных противоречивых требований необходим новый метод регулирования дизеля, по которому САРЧ обеспечивала бы возможность всережимного или двухрежимного регулирования частоты вращения по выбору тракториста в зависимости от вида выполняемых трактором работ.

Для практической реализации метода управления тракторным дизелем, в зависимости от вида работ, автором монографии разработан двухрежимно-всережимный регулятор частоты вращения с механизмом автоматизированного переключения программ регулирования. Такой регулятор назван универсальным. Для снижения дымности ОГ на него можно устанавливать пневматический или механический отрицательные корректоры топливоподачи. Кроме того, для более точного поддержания допустимого уровня дымности автором разработан автоматический фотометрический ограничитель дымности, который действует на основе непосредственного ее измерения. Проведено комплексное исследование эффективности вышеперечисленных мероприятий по улучшению экологических и топливно-экономических показателей, как по отдельности, так и в различных сочетаниях, и выбрано наилучшее из таких сочетаний с точки зрения снижения дымности отработавших газов и уменьшения удельного эксплуатационного расхода топлива.

Исследования выполнены как экспериментальными, так и расчетно-теоретическими методами. До недавнего времени значительные материальные и трудовые затраты уходили на разработку, изготовление и доводку экспериментальных образцов, а также проведение экспериментальных исследований. Сейчас разработка систем автоматического регулирования ДВС не представляется без применения математических методов расчета. Поэтому в монографии значительное место уделено разработке математических моделей САРЧ тракторных дизелей и исследованию их на ЭВМ.

В связи с изложенным, целью настоящей работы является повышение топливной экономичности и снижение дымности тракторных дизелей с газотурбинным наддувом путем совершенствования систем автоматического регулирования топливоподачи.

Для достижения поставленной цели в монографии решаются следующие задачи:

1. Анализ распределения нагрузки на тракторы по видам сельскохозяйственных работ.

2. Обзор и анализ способов регулирования частоты вращения тракторных дизелей и управления топливоподачей.

3. Разработка для тракторных дизелей универсального двухрежимно-всережимного регулятора частоты вращения с пневматическим и механическим отрицательными корректорами топливоподачи и автоматизированным переключением режимности регулирования.

4. Разработка автоматического ограничителя дымности ОГ с фотозлектрическим чувствительным элементом.

5. Разработка математических моделей для исследования статических характеристик САРЧ тракторного дизеля с опытным регулятором на ЭВМ и проведение таких исследований.

6. Разработка математических моделей для исследования динамики САРЧ тракторного дизеля и машинно-тракторного агрегата с опытным регулятором на ЭВМ и проведение таких исследований.

7. Разработка методик и экспериментальных установок с комплексом измерительной и регистрирующей аппаратуры для проведения сравнительных лабораторных и эксплуатационных исследований новой САРЧ.

8. Проведение экспериментальных исследований топливных насосов распределительного типа НД 22/6Б4, дизелей с газотурбинным наддувом типа 6ЧН13/11,5, тракторов класса 30 кН Т-150К и ДТ-175С для определения исходных данных и характеристик для математического моделирования, отработки конструктивных и регулировочных параметров опытной САРЧ и доводки технико-экономических, динамических и экологических показателей дизеля и тракторного агрегата.

9. На основе теоретических разработок и результатов экспериментальных исследований разработка рекомендаций и предложений по использованию результатов исследований при совершенствовании и разработке новых САРЧ дизелей с газотурбинным наддувом, в том числе с электронными регуляторами.

## **2. ВИДЫ И РЕЖИМЫ РАБОТ, НА КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТРАКТОРЫ. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

### ***2.1. Распределение и характер нагрузок на трактор по видам работ***

Необходимость экономного расходования нефтяных топлив с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Учитывая то, что в сельскохозяйственном производстве расходуется 42-45% нефтяных топлив, уменьшение расхода топлива за счет повышения экономичности машинно-тракторных агрегатов имеет весьма важное значение. Накопленный опыт показывает, что эксплуатационный расход топлива существенно зависит от вида работ, на которых используются сельскохозяйственные тракторы. В течение календарного года колесные тракторы применяются для выполнения различных полевых работ и на транспортных перевозках. Условия работы тракторных дизелей в этих двух случаях существенно отличаются, что отражается на эксплуатационном расходе топлива.

В сельском хозяйстве на транспортных работах в основном используются колесные тракторы. Они пока остаются незаменимыми при перевозках грузов с полей и на поля в тяжелых дорожных условиях. Колесные тракторы как транспортно-технологические средства постоянно совмещают функции транспортных и сельскохозяйственных машин.

На внутрихозяйственных перевозках на короткие расстояния по плохим дорогам и бездорожью тракторный транспорт экономичнее автомобильного. Расчеты и опыт эксплуатации показывают, что примерно 60-75% внешнего грузооборота целесообразно выполнять тракторным парком [2]. В настоящее время широко применяют тракторные транспортные поезда на базе скоростных энергонасыщенных тракторов К-700А, К-701, Т-150К, Т-150КМ, ХТЗ-150К-03, ХТЗ-17021, которые в течение года значительное время могут быть использованы на транспортных работах.

Высокого уровня достигло применение тракторных транспортных средств за рубежом, так, в США на долю тракторного транспорта приходится более 35% перевозок, в Германии – более 75%, а во

Франции 90% перевозок сельскохозяйственных грузов осуществляется тракторами [3].

До недавнего времени дизели колесных тракторов не рассматривались как двигатели мобильных транспортных средств. Поэтому из вышеприведенного материала видно, что этот вопрос требует дополнительных исследований. Однако учитывая тот факт, что колесные сельскохозяйственные тракторы используются как на полевых, так и на транспортных работах, когда переход от одного вида работ к другому носит неплановый характер, анализ использования колесных тракторов необходимо вести по основным полевым и транспортным работам. Ниже приводятся некоторые данные по использованию колесных тракторов в условиях рядовой эксплуатации на примере колесных тракторов класса 30 кН Харьковского тракторного завода.

Анализ использования тракторов Т-150К приводится в работе Взорова В.А., Молчанова К.К., Трепененкова И.И. [4]. Из работы следует, что на внесение удобрений тратится 14%, на посев и посадку 4%, на транспортные работы 55% и на почвообработку 27% годового лимита времени. При внесении удобрений затрачивается в среднем 40% от располагаемой мощности (121 кВт), на транспортные работы 45,3%, на посев и посадку 70,3% и на почвообработку 83,5%. Характеристика загрузки двигателей сельскохозяйственных тракторов Т-150К по видам работ приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Характеристика использования и загрузки двигателя СМД-62 трактора Т-150К на основных видах сельскохозяйственных и транспортных работ [10]**

| Виды работ   | Средняя загрузка двигателя, % | Продолжительность работы, % |          |          |          |
|--------------|-------------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|
|              |                               | $\tau$                      | $\tau_p$ | $\tau_x$ | $\tau_o$ |
| Пахота       | 80                            | 21,1                        | 79,0     | 14,0     | 7,0      |
| Культивация  | 70                            | 11,8                        | 68,8     | 28,3     | 3,2      |
| Дискование   | 55                            | 5,5                         | 74,5     | 22,0     | 3,5      |
| Транспортные | 46                            | 43,2                        | 55,0     | 17,5     | 27,5     |

*Примечание:* в табл. 2.1 приняты следующие обозначения:  $\tau$  – удельный вес данного вида работ в эксплуатации трактора;  $\tau_p$  – работа двигателя при рабочем ходе МТА;  $\tau_x$  – работа двигателя при маневрировании МТА, переездах и разворотах;  $\tau_o$  – холостой ход двигателя при остановленном МТА.

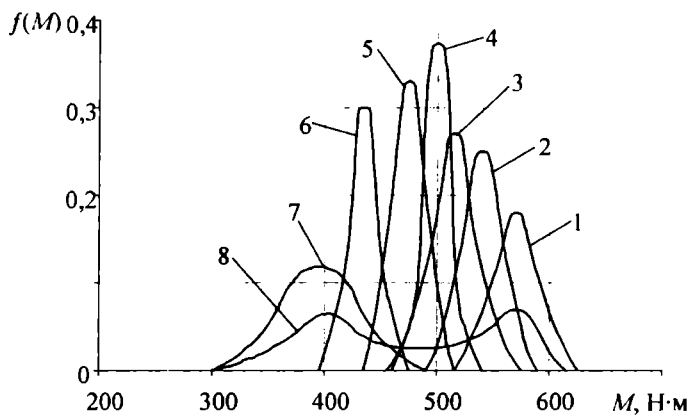
Результаты проведенных исследований [5] позволяют определить степень загрузки дизелей СМД-62 в условиях рядовой эксплуатации и обосновать целесообразность использования энергонасыщенных тракторов Т-150К на различных сельскохозяйственных работах. Авторами этой работы были изучены эксплуатационные режимы работы дизелей колесных тракторов Т-150К, которые изменяются в зависимости от вида сельскохозяйственных работ, почвенно-климатических условий, состава МТА, квалификации и навыков тракториста и других факторов.

Каньковский И.Е. в своей диссертационной работе [6] дал анализ использования колесных сельскохозяйственных тракторов на транспортных работах. Из анализа видно, что тракторные транспортные средства преимущественно используются на внутрихозяйственных и технологических перевозках, на долю которых приходится около 70% по объему и 30% по грузообороту от всего объема перевозок. Для тракторов типа К-700 и Т-150К транспортные работы в различных зонах страны составляют от 25 до 50% [7], а для тракторов класса 14 кН – соответственно от 34 до 70% [8]. На транспортные работы расходуется более 30% топлива.

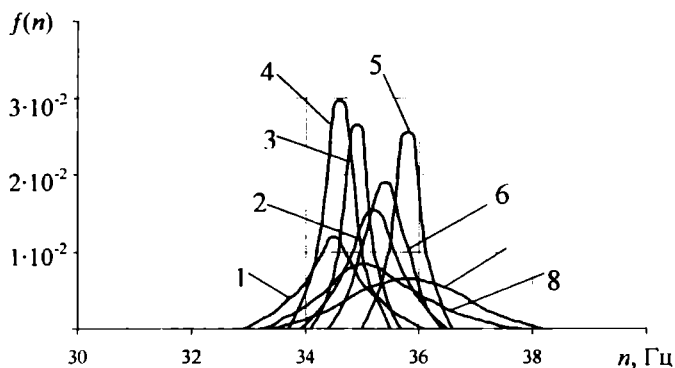
В работе [9] проведены исследования эксплуатационных режимов работы дизелей СМД-62 на тракторах Т-150К, в результате которых установлено, что на пахоте и культивации трактор работает в основном на II и III передачах, при этом коэффициент загрузки дизеля по крутящему моменту на пахоте составлял 0,91-1,12 и на культивации 0,87-1,05 от номинального.

Сельскохозяйственные тракторы при выполнении сезонных полевых и транспортных работ работают в тяжелых эксплуатационных условиях. Величины крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала имеют нормальные законы распределения [5]. Плотность распределения крутящего момента и частоты вращения тракторного дизеля с газотурбинным наддувом СМД-62 показана на рис. 2.1.

Исследования [11] и других авторов показали, что дизели колесных тракторов на транспортных и малоэнергоемких работах в основном работают на частичных скоростных и нагрузочных режимах и относительная доля этих режимов зависит от условий эксплуатации, т.е. от вида выполняемых работ и величины их энергоемкости.



а)



б)

Рис. 2.1. Плотность распределения крутящего момента (а) и частоты вращения (б) тракторных дизелей СМД-62:  
1 – пахота; 2 – культивация; 3 – дискование; 4 – посевные работы; 5 – уборка технических культур; 6 – боронование; 7 – транспортные работы; 8 – обобщенная за весь ресурс

При выполнении транспортных работ тракторный дизель работает в таких же условиях, как двигатель автомобиля. Опыт эксплуатации двигателей грузовых автомобилей показал, что на разгоны автомобиля приходится 54-59%, торможение 31-35% и на установившиеся режимы только 15-20% от общего времени эксплуатации [12]. При движении по грунтовым дорогам автомобильные двигатели до 92-

97% времени работают на неустановившихся режимах [13]. Неустановившиеся режимы работы характерны также для тракторных дизелей, причем, как показали исследования [5], на любых операциях, даже при установившемся движении трактора. Однако при этом надо учитывать, что перевозки сельскохозяйственных грузов в основном выполняются по проселочным дорогам и по бездорожью. Тракторные дизели при этом работают на неустановившихся режимах, которые сопровождаются частым и резким изменением нагрузки, частоты вращения, параметров рабочего цикла, теплового состояния и других показателей. В условиях рядовой эксплуатации эти параметры могут изменяться в любых их сочетаниях, которые допустимы для конкретного дизеля. Вышеприведенный анализ показывает, что тракторы значительную часть времени используются на транспортной работе, поэтому в этих условиях на них полезно применить, как и на автомобилях, двухрежимное регулирование.

## ***2.2. Особенности внешних возмущений, действующих на САРЧ тракторного дизеля со стороны машинно-тракторного агрегата и тракториста***

Режимы работы сельскохозяйственных тракторов зависят от множества условий, которые определяются почвенно-климатическими особенностями, видами работ, периодами года, технологическими процессами, особенностями машинно-тракторных агрегатов и их энергетической установки, требованиями охраны труда и окружающей среды, профессиональными особенностями тракториста и другими условиями труда.

Известно, что на дизель тракторного агрегата действует переменный, непрерывно изменяющийся момент нагрузки, который имеет стохастический характер. Случайный процесс изменения момента нагрузки рассматривается как стационарный и подчиняющийся нормальному закону распределения, рис. 2.2. Этот процесс обладает эргодическим свойством [14].

Неравномерность тягового усилия на крюке трактора при выполнении различных сельскохозяйственных работ подчиняется нормальному закону распределения Гауса-Лапласа. При этом тяговое усилие на крюке трактора изменяется непрерывно в сравнительно больших пределах.

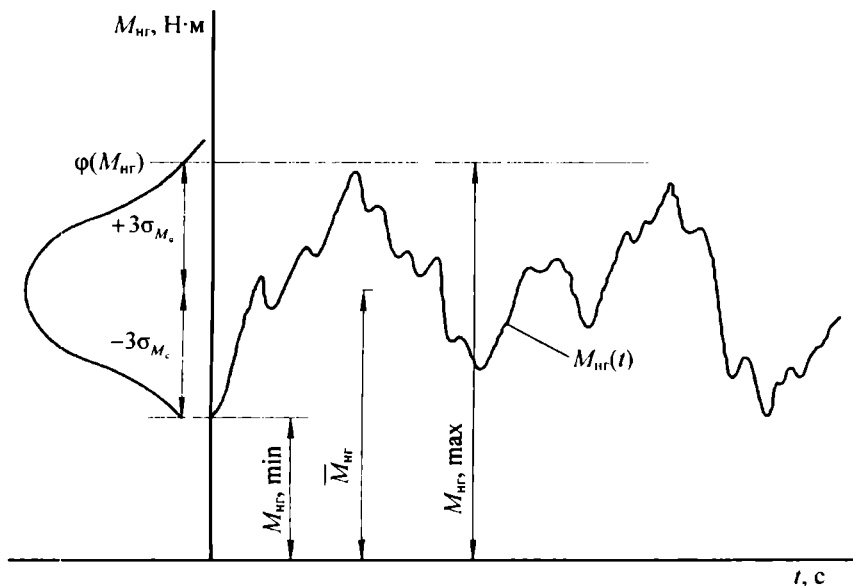


Рис. 2.2. Вероятностные изменения момента нагрузки на валу тракторного двигателя

В зависимости от характера выполняемой работы степень неравномерности нагрузки изменяется от 0,1 до 0,85, коэффициент загрузки в пределах 0,85-0,90, частота изменений сопротивления колеблется от 0 до 10 Гц, при этом нагрузка меняется по амплитуде и частоте [15], с выраженными максимумами дисперсии в пределах частот 0-0,75 и 2,5-4,0 Гц. При частотах 0,75-2,5 Гц дисперсии примерно постоянные, а при частотах больше 4 Гц они уменьшаются [16].

В реальных условиях эксплуатации режимы работы дизеля бывают установившимися и неустойчивыми. Тракторные дизели в основном работают в условиях неустойчивых режимов, что хорошо видно из вышеприведенного анализа и общего уравнения тягового баланса тракторного агрегата [17]:

$$\frac{M_d}{r_k} i_t \eta_t = \frac{J_d}{r_k} i_t \frac{d\omega_d}{dt} \eta_t + \frac{J_k Z_k}{r_k} \frac{d\omega_k}{dt} + m \frac{dV}{dt} + k F V^2 + m g \psi, \quad (2.1)$$

где  $M_d$  – крутящий момент дизеля,  $r_k$  – радиус качения колеса,  $i_t$  – общее передаточное число трансмиссии,  $\eta_t$  – механический КПД

трансмиссии,  $J_d$  – приведенный к валу дизеля момент инерции всех его движущихся масс,  $\omega_d$ ,  $\omega_k$  – угловая скорость вала двигателя и колеса,  $J_k$  – момент инерции колеса,  $Z_k$  – число колес,  $m$  – масса машины,  $V$  – скорость машины,  $\frac{dV}{dt}$  – ускорение машины,  $kF$  – фактор обтекаемости,  $g$  – ускорение свободного падения,  $\psi$  – приведенный коэффициент сопротивления движению.

Из уравнения (2.1) видно, что работа при установившихся режимах возможна только при равномерном движении и постоянных внешних сопротивлениях, т.е. при  $\omega_d = \text{const}$ ,  $\omega_k = \text{const}$ ,  $kFV^2 = \text{const}$ ,  $\psi = \text{const}$ , а следовательно,  $\frac{d\omega_d}{dt} = \frac{dV}{dt} = \frac{d\omega_k}{dt} = 0$ . Однако эти условия при эксплуатации сельскохозяйственных тракторов практически невозможны, а поэтому их двигатели работают на неустановившихся режимах.

Режимам работы тракторных дизелей, видам и характеру внешних нагрузок, действующих на машинно-тракторный агрегат, посвящены исследования В.Н. Болтинского, Л.Е. Агеева, А.А. Болотина, Е.А. Козмодемьянова, В.Н. Эминбейли, Б.Б. Чагара, Ю.К. Киртбая, Н.С. Ждановского, А.В. Николаенко, В.С. Шкрабака, А.А. Грунауэра, А.Б. Свирщевского, А.А. Юшина, Л.И. Гром-Мазничевского, К.Е. Долганова, Ю.Ф. Гутаревича, А.Ф. Головчука, В.И. Мельниченко, В.Т. Надикта, И.Е. Каньковского и других исследователей. В работах С.А. Иофинова, А.Б. Лурье, Л.Е. Агеева, Г.М. Кутькова, В.К. Хорошенкова, В.И. Журбенко и др. использованы вероятностно-статистические методы исследования нагрузочных режимов машинно-тракторного агрегата.

Характер нагрузок оказывает большое влияние на фактически используемую мощность тракторного дизеля. Исследования В.Н. Болтинского и его учеников показали, что несоответствие динамических качеств существующих тракторов и их двигателей переменным нагрузкам, которые обычно приходится преодолевать трактору и которые являются основными режимами работы трактора, приводит к снижению используемой средней мощности двигателя [18].

Исследования влияния переменной нагрузки на мощностные показатели тракторного дизеля приводятся в работах Чагара Б.Б. [19]. Анализ этих исследований показывает, что снижение мощности дизе-

ля в этих условиях вызывается уменьшением часового расхода топлива в результате изменения формы характеристики дизеля в зоне перехода ее регуляторного участка в корректорный.

Исследования, проведенные Г.М. Кутковым [20] показали, что при вероятностном характере нагрузки происходит снижение средних значений мощности, частоты вращения и расхода топлива и проявляется это на участке перехода регуляторной ветви характеристики дизеля в корректорную. На рис. 2.3 показаны регуляторные характеристики тракторного дизеля, из которых видно, что при вероятностном изменении нагрузки переход от регуляторной ветви к корректорной происходит плавно, т.е. все показатели, эффективная мощность, цикловая подача топлива и частота вращения уменьшаются. Чем больше амплитуда колебаний нагрузки, тем больше уменьшение мощности, частоты вращения и расхода топлива. Уменьшение мощности дизеля под действием динамических процессов приводит к недоиспользованию на 15% и больше энергетических возможностей гусеничных тракторов.

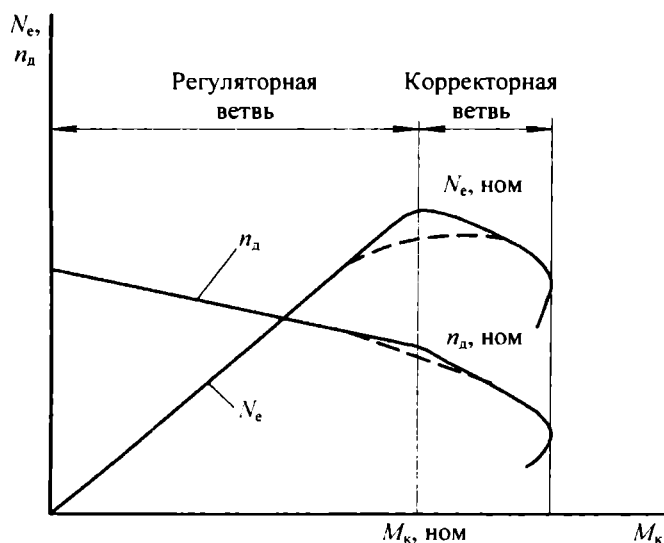


Рис. 2.3. Влияние вероятностной нагрузки на регуляторную характеристику тракторного дизеля:

- — при установившейся нагрузке;
- — при вероятностном характере нагрузки

Агеев Л.Е. разработал методику расчета оптимальных режимов работы МТА [21], по которой получены оптимальные зависимости частоты вращения, мощности и расхода топлива от степени нагрузки и коэффициента ее вариации. Степень нагрузки  $\lambda_{M_{нг}}$  и коэффициент ее вариации  $v_{M_{нг}}$  определяются

$$\lambda_{M_{нг}} = \frac{\overline{M_{нг}}}{M_{к.ном}}; v_{M_{нг}} = \frac{\sigma_{M_{нг}}}{\overline{M_{нг}}},$$

где  $M_{нг}$  – математическое ожидание момента нагрузки,  $M_{к.ном}$  – крутящий момент дизеля на номинальном скоростном режиме,  $\sigma_{M_{нг}}$  – среднеквадратичное отклонение момента нагрузки.

На рис. 2.4 показаны зависимости частоты вращения и расхода топлива от степени нагрузки  $\lambda_{M_{нг}}$  при разных значениях коэффициента вариации нагрузки  $\sigma_{M_{нг}}$  тракторного дизеля Д-21.

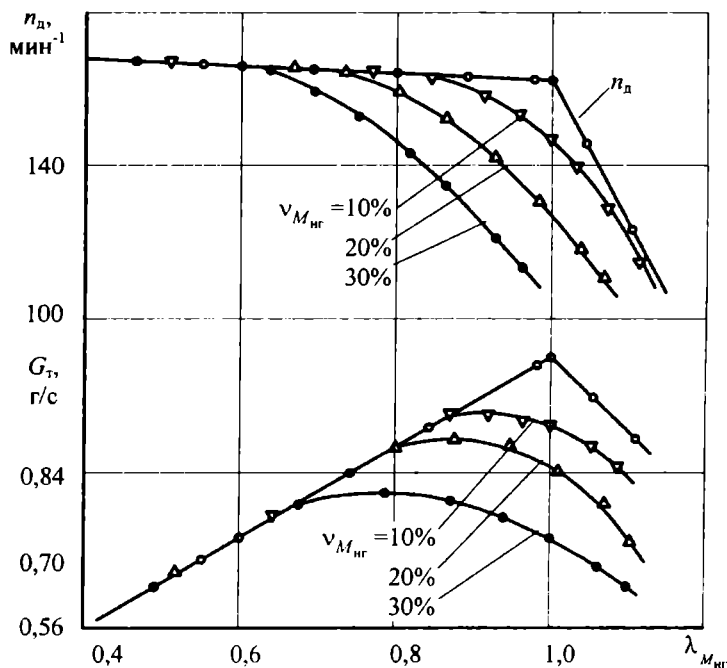


Рис. 2.4. Регуляторная характеристика дизеля Д-21 самоходного шасси Т-16М

Из рис. 2.4 видно, что под влиянием вероятностного изменения нагрузки фактические зависимости  $n_d(\lambda_{M_{нг}})$ ,  $G_T(\lambda_{M_{нг}})$  и  $N_e(\lambda_{M_{нг}})$  отклоняются от кривых, полученных при статическом характере нагрузок. Это отклонение зависит от величины нагрузки и от коэффициента ее вариации. Это отклонение имеет место в зоне перехода регуляторной ветви в корректорную.

Работа Журбенко В.И. направлена на повышение производительности и топливной экономичности МТА при действии на него случайных нагрузок вероятностного характера [14].

В этой работе отмечено, что недоиспользование мощности тракторного дизеля при действии на его вал случайного момента нагрузки стохастического характера и снижение в связи с этим производительности МТА вызвано случайными колебаниями угловой скорости дизеля и дозаторов ТНВД. Повысить использование мощности дизеля и производительности МТА можно путем уменьшения этих колебаний рациональным выбором параметров регулятора. Этими исследованиями рекомендовано уменьшить степень неравномерности регулятора тракторного дизеля СМД-62 с 8 до 5%, чем обеспечивается уменьшение среднеквадратичного отклонения угловой скорости дизеля в 1,56 раза, что соответствует повышению производительности МТА на 1,5-4,0% и снижению погектарного расхода топлива на 0,5-1,0%.

Из вышеприведенного анализа распределения нагрузок на трактор по видам работ, режимов работы и характера внешней нагрузки, действующей на машинно-тракторный агрегат видно, что одним из направлений улучшения эксплуатационной топливной экономичности МТА, снижения дымности отработавших газов тракторного дизеля является правильный выбор способа регулирования в зависимости от условий эксплуатации.

Из характеристик внешней нагрузки, которая действует на МТА, видно, что главной особенностью нагрузки на трактор со стороны сельскохозяйственной машины является ее непрерывный колебательный случайный характер. Однако такие же изменения нагрузки возможны и со стороны тракториста при выполнении полевых или транспортных работ.

При первом и втором виде передачи нагрузок на ТНВД вызывают постоянные переходные процессы в САРЧ дизеля. Характер

протекания этих переходных процессов зависит от способа регулирования частоты вращения дизеля. Исследованиям влияния типа регулятора на характер протекания переходных процессов в САРЧ автотракторных дизелей посвящено много исследований. Эти исследования показали, что переходные процессы в системе автоматического регулирования с двухрежимным и всережимным регуляторами существенно различны, что сказывается на динамических показателях МТА, на его топливно-экономических и экологических показателях. Например, исследования В.И. Шестухина показали, что при двухрежимном регулировании эксплуатационный расход топлива автомобиля уменьшается на 8-11% по сравнению со всережимным регулированием [22]. Это объясняется тем, что во время переходных процессов рейка ТНВД со всережимным регулятором совершает частые забросы в сторону увеличения подачи топлива. Аналогичное происходит и на тракторном дизеле транспортного агрегата. Поэтому во время разгона тракторного агрегата в дизель поступает избыток топлива, что приводит к повышению его расхода, ухудшению процессов смесеобразования и сгорания, появление дымного выхлопа.

### ***2.3. Загрязнение окружающей среды выбросами тракторных дизелей***

Загрязнению воздушного бассейна не существует границ и пределов, поэтому проблема загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами ОГ всеми видами тепловых двигателей, в том числе и тракторных, с каждым годом становится все более актуальной.

Однако основные вопросы снижения дымности и токсичности дизелей автотракторного типа должны решаться в настоящее время не только с учетом городских условий эксплуатации, но и с учетом сельскохозяйственного производства.

Последнее очень важно для двигателей мобильной сельскохозяйственной техники и стационарных установок, для которых вредность должна оцениваться не только влиянием на окружающую атмосферу, но и по воздействию на почву, растения и животных. Существенное снижение или устранение дымности и токсичности ОГ должно предотвратить процесс перехода канцерогенных и токсичных элементов в сельскохозяйственную продукцию садоводства, растениеводства и животноводства.

ГОЛОВЧУК Андрій Федорович

**ПОКРАЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ  
ТА ЗНИЖЕННЯ ДИМНОСТІ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ  
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ**

Монографія

(російською мовою)

Відповідальний за випуск *О.О. Назаренко*

**ВИДАВНИЦТВО**

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету  
Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.  
Тел./факс: (057) 700-38-64; 707-37-03, e-mail: [rio@khadi.kharkov.ua](mailto:rio@khadi.kharkov.ua)

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення  
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції, серія № ДК №897 вид 17.04.2002 р

---

Підписано до друку 23.03.2012 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman Cyr. Віддруковано на ризографі.  
Умови друку: арк. 29,5. Обл.-вид. арк. 27,4.  
Замовлення № 46/03/12. Тираж 300 прим. Ціна договірна.

---

Віддруковано ФОП Павлов М.Ю.  
Свідоцтво В03 № 676149 видане Вовчанською районною державною  
адміністрацією Харківської області 22.09.2009 р.



Головчук Андрей Федорович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор Уманского национального университета садоводства, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, академик Международной академии технического образования и Академии наук высшего образования Украины, член-корреспондент Украинской экологической академии наук, отличник образования, отличник технической службы Украины.

Награжден орденом "Знак Пошани", серебряной и бронзовой медалями ВДНХ СССР, Почетной Грамотой Верховного Совета Украины "За особливі заслуги перед українським народом".

