## Література

1. Автомобильные двигатели / Архангельский В.М., Вихерт М.М., Воинов А.Н. и др. Под. ред. М.С. Ховаха. — М.: Машиностроение, 1977. — 591 с.

2. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для втузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. — 4-е изд., перераб и доп. — М.: Машиностроение, 1983. — 372 с., ил.

3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. — 640 с.

УДК 621.436

# ВПЛИВ РІЗНИХ ТИПІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ НА РОБОТУ ДИЗЕЛІВ

*Кандидат технічних наук Говорун А.Г.,*
*Сєльский М.П., Куций П.В.*

*В статті розглянуто основні типи автоматичних регуляторів частоти обертання колічастого валу дизеля та наведено тип регулятора, який дозволить знизити експлуатаційну витрату палива при виконані технологічних сільськогосподарських операцій.*

*Herein are considered the basic types of automatic regulation of frequency of a diesel crankshaft rotation and is presented the type of regulation allowing reduction of the exploitation fuel consumption during technological agricultural operations.*

Дизелі найбільш розповсюджені двигуни внутрішнього згорання, які використовуються в усіх галузях народного господарства. Така популярність дизелів пояснюється, перш за все, їх високою ефективністю і пов'язаною з цим економічністю. До найбільш важливих галузей їх використання відносяться [1]:

— стаціонарні силові агрегати (дизель-генератори);

— легкові та легкі вантажні автомобілі;

— великотоннажні вантажні автомобілі;

— будівельна техніка;

— сільськогосподарська техніка;

— тепловози;

— судна.

Дизелі працюють в широких межах змін швидкісних і навантажувальних режимів і залежать від умов в яких вони використовуються. Економічні та токсичні показники роботи дизелів, до яких зараз прикута особлива увага, в значній мірі залежать як від режимів роботи, так і часу роботи на цих режимах.

У процесі експлуатації колісних транспортних засобів (КТЗ) режими роботи двигуна можуть змінюватися в широких межах, як наслідок зміни його характеристик, які залежать як від положення органа керування двигуном, так і від інших факторів, які визначають режим роботи двигуна. До факторів, які впливають на показники відносяться необхідна швидкість руху, опір дороги, який визначається її станом та рельєфом, маса вантажу, погодні умови тощо; для сільськогосподарських машин до таких чинників відносяться вид виконуваної роботи, тип обладнання, що використовується, опір ґрунту, що обробляється, який обумовлений його складом, погодними умовами тощо. Ці чинники визначають відмінності в величинах крутного моменту та швидкості обертання колінчастого валу навіть при виконанні однотипними машинами однакових технологічних операцій, а також зміну навантаження на двигун протягом виконання операції. Окремим випадком неусталених режимів роботи є перехідні процеси при порушенні динамічної рівноваги — зміна режиму роботи в напрямку наближення значень крутного моменту двигуна та моменту опору до встановлення нової динамічної рівноваги.

© Говорун А.Г., Сєльский М.П., Куций П.В., 2011

Численні дослідження режимів роботи двигунів в умовах експлуатації [2],[3] підтверджують широкий спектр зміни режимів в залежності від умов експлуатації. Дизелі КТЗ переважну більшість часу працюють за неусталених режимів, за часткового положення органу керування подачі палива з неповним використанням потужності двигуна та крутного моменту. Під час роботи двигуна за неусталених режимів в системі автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого вала (САРЧ) дизеля виникають безперервні перехідні процеси.

В залежності від причини порушення усталеного режиму серед перехідних процесів виділяють такі найбільш характерні:

— неусталені режими роботи, які викликані зміною положення органу керування подачею палива при відносно незмінному моменті опору — примусовий розгін (збільшення подачі палива) або уповільнення (зменшення подачі палива);

— неусталені режими, викликані зміною моменту опору.

При незмінному положенні органу керування подачею палива двигун працює за регуляторною гілкою.

Робота двигуна за регуляторною гілкою характеризується зміною подачі палива і частоти обертання колінчастого валу в межах нерівномірності регулятора.

В реальних умовах експлуатації для двигунів найбільш поширеними є складні неусталені режими, що характеризуються одночасними змінами кутових швидкостей та прискорень колінчастого валу, моменту зовнішнього навантаження та теплового режиму двигуна.

Специфіка протікання робочих процесів дизелів та вимоги до систем автоматичного регулювання частоти (САРЧ) в умовах експлуатації обумовлюють потребу в постійному вдосконаленні САРЧ, з метою оптимізації робочих процесів, які відбуваються під час роботи дизелів.

Основними функціями САРЧ є:

— полегшення пуску дизеля збільшенням подачі палива;

— позитивне чи негативне корегування подачі палива за зовнішньою швидкісною характеристикою;

— автоматичне регулювання подачі палива в залежності від тиску наддуву;

— корегування паливоподачі в залежності від теплового стану двигуна, атмосферних умов, густини палива тощо.

Паливні насоси високого тиску (ПНВТ) дизелів сільськогосподарського призначення при різних навантаженнях і швидкісних режимах в потрібний момент завжди повинен забезпечувати необхідну подачу палива в циліндри двигуна. Крім того, при фіксованому положенні органа керування подачею палива при виконанні технологічних сільськогосподарських операцій САРЧ дизеля повинна підтримувати постійну частоту обертання колінчастого вала при зміні зовнішнього навантаження. Для забезпечення цих умов дизель комплектують автоматичним всережимним регулятором частоти обертання колінчастого вала.

Автоматичні всережимні регулятори частоти обертання колінчастого валу різноманітні за конструктивним виконанням, але однотипні за принципом своєї роботи. Основним елементом механічного регулятора є відцентровий чутливий елемент, який призначений створювати дію, що сприймається зусиллям попередньо стиснутої пружини. В момент, коли відцентрова сила вантажів чутливого елемента регулятора виявиться більша, ніж сила попереднього натягу пружини регулятора, вона почне деформуватись, переміщуючи рейку паливного насоса в сторону зменшення подачі палива.

Механічні регулятори частоти обертання колінчастого вала двигуна завдяки своїй простоті та надійності є одними з найрозповсюдженіших на двигунах автомобілів, тракторів, сільськосподарської та будівельної техніки.

Основна функція регулятора — обмеження максимальної подачі палива та частоти обертання колінчастого валу та підтримання постійної частоти при виконанні технологічних операцій. При всережимному регулюванні можливі неконтрольовані коливання рейки паливного насосу та частоти обертання колінчастого вала двигуна і різке підвищення рівня шкідливих речовин в відпрацьованих газах, а також збільшення витрати палива через збільшення втрат енергії на демпфування [4].

У відповідності з функціональними задачами для КТЗ використовуються регулятори різних типів:

— двохрежимний регулятор. Що обмежує максимальну частоту обертання та підтримує мінімальну частоту обертання холостого ходу. У діапазоні від мінімальної до максимальної частот обертання колінчас-

того валу зміна циклової подачі проходить безпосередньо з допомогою зміни положення органа керування подачею палива;

— всережимний регулятор. Цей тип регулятора окрім мінімальної та максимальної частот обертання колінчастого валу здійснює регулювання частоти обертання у всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу;

— комбінований регулятор. Являється комбінацією дворежимного та всережимного регуляторів і має ступінчаті регуляторні характеристики;

На рис. 1 показані швидкісні характеристики зміни координати рейки паливного насосу з дворежимним регулятором КТЗ. На рис.2 — з всережимним регулятором.

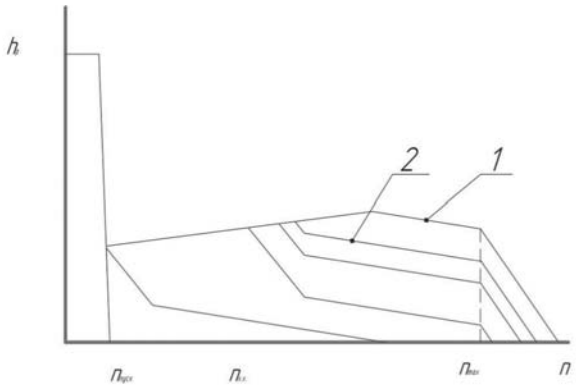


*Рис. 1. Швидкісна характеристика зміни координати рейки паливного насосу з дворежимним регулятором:*
*1 — зовнішня коректорна гілка;*
*2 — часткова регуляторна гілка;*
*3 — зовнішня регуляторна гілка*

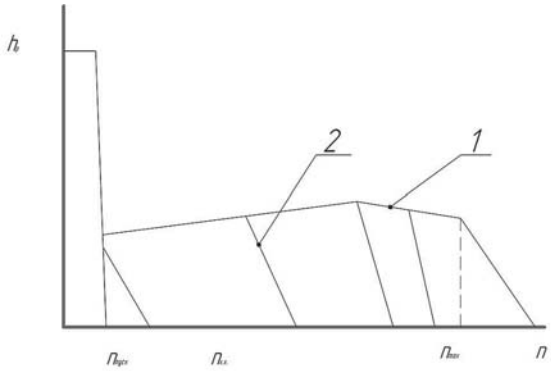


*Рис. 2. Швидкісна характеристика зміни координати рейки паливного насосу з всережимним регулятором:*
*1 — зовнішня коректорна гілка;*
*2 — часткова регуляторна гілка;*
*3 — зовнішня регуляторна гілка*

Відомо [4], що підвищенні коливання рейки ПНВТ і відповідно крутного моменту

з всережимним регулятором за умов неусталених режимів руху викликає збільшення експлуатаційної витрати палива. Всережимний регулятор підсилює коливання рейки ПНВТ і відповідно крутного моменту, це обумовлено невеликою жорсткістю основної пружини регулятора, величина якої визначається з технічних і технологічних умов призначення конкретного КТЗ.

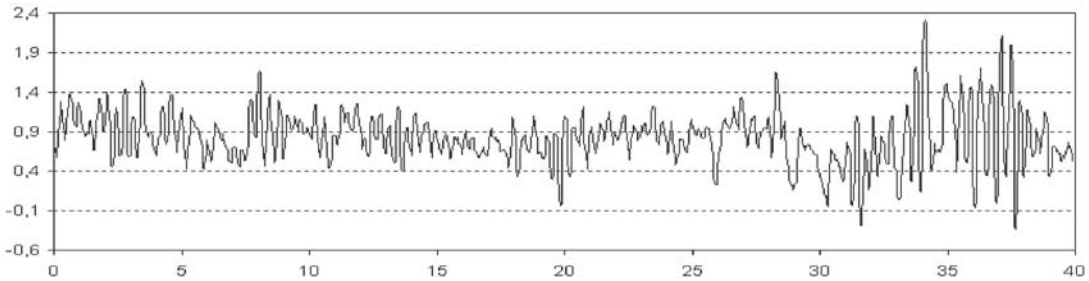


*Рис. 3. Осцилограма коливань рейки паливного насосу з всережимним регулятором*

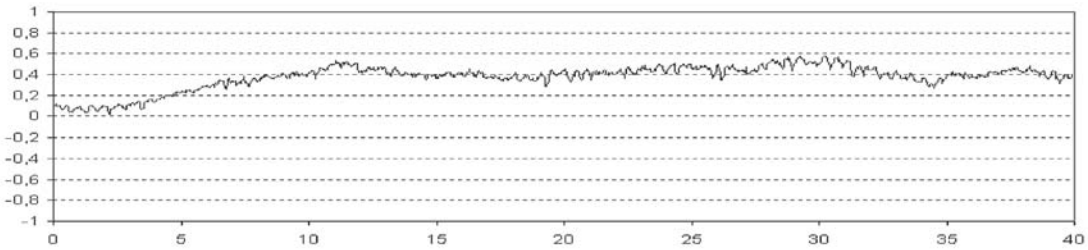


*Рис. 4. Осцилограма коливань рейки паливного насосу з дворежимним регулятором*

На рис 3. та рис. 4 зображені приклади осцилограм коливань рейки паливного насосу при русі трактора МТЗ-80 з причепом мірною ділянкою поля з всережимним і дворежимним регуляторами.

З рис. 3 та рис. 4 видно, що амплітуда коливань рейки ПНВТ зі всережимним регулятором в 2,5 рази більша ніж з дворежимним, тобто, якщо прийняти, що крутний момент на колінчастому валу двигуна змінюється пропорційно переміщенню рейки ПНВТ, то можна констатувати, що зміна крутного моменту двигуна зі всережимним регулятором в 2,5 рази більша, ніж з дворежимним. Дворежимні регулятори частоти обертання знайшли широке розповсюдження на дизелях транспортного призначення.

При цьому витрата палива з дворежимним регулятором на 15,7 ± 4% менше ніж з всережимним регулятором [4].

Але, треба зауважити що, для виконання технологічних сільськогосподарських операцій, коли необхідне підтримування постійної швидкості КТЗ, є можливим лише за застосування всережимного регулятора, тобто застосування всережимного регулятора для КТЗ сільськогосподарського призначення є поки що найдоцільнішим.

В останній час широкого розповсюдження набули комбіновані регулятори частоти обертання [1]. На рис. 5 показано швидкісні характеристики координати рейки ПНВТ з комбінованим регулятором зі зростаючою приведеною жорсткістю пружин при зниженні частоти обертання. У випадках, коли з технологічних міркувань потрібне підтримання стабільної частоти обертання колінчастого валу двигуна в діапазоні підвищених чи понижених частот обертання, а для інших частот статичний нахил швидкісної характеристики надто великий для конкретних умов роботи, на дизелі КТЗ встановлюють ступінчаті регулятори двохрежимно-всережимні чи всережимно-дворежимні. В результаті, в одному діапазоні частот обертання вала ПНВТ регулятор працює як двохрежимний, в іншому – як всережимний, але повністю виключити проблему коливань рейки ПНВТ в комбінованих регуляторах неможливо.

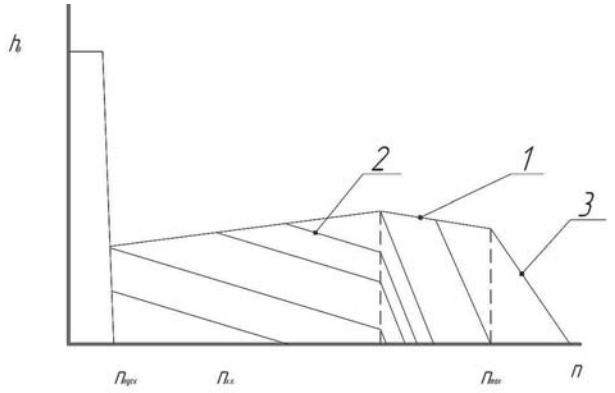


*Рис. 5. Швидкісні характеристики зміни координати рейки ПНВТ з комбінованим регулюванням: 1 — зовнішня коректорна характеристика; 2 — зовнішня регуляторна характеристика; 3 — часткова характеристика 2-х режимного регулювання*

Суттєво зменшити амплітуду коливань рейки паливного насосу можливо шляхом застосування універсального регулятора в якого передбачено два налаштування.

Одне налаштування (ручна фіксована) на необхідний швидкісний режим. Друга (змінна), яка забезпечує зміну необхідної величини циклової подачі (навантаження), яка здійснюється переміщенням рухомого обмежувача номінальної подачі палива на необхідну величину в сторону її зменшення. В цьому випадку в регуляторі змінюється налаштування зовнішньої коректорної характеристики на кожному новому навантажувальному режимі. Обмежувач номінальної подачі палива в цьому випадку виконує роль обмежувача коливань рейки паливного насосу.

На рис. 6 показано два варіанти налаштувань універсального регулятора з обмежувачем коливань рейки паливного насосу:

а — налаштування регулятора виконана на номінальний режим (точка 1 — відповідає положенню рейки паливного насосу високого тиску подачі палива на зовнішній швидкісній характеристиці, точки 2 та 3 отримані переміщенням рухомого обмежувача номінального положення рейки паливного насосу на часткові режими при збереженні частоти обертання колінчастого валу.)

б — налаштування регулятора виконано на проміжний швидкісний режим зовнішньої швидкісної характеристики (точки 2 та 3 отримані аналогічним методом).

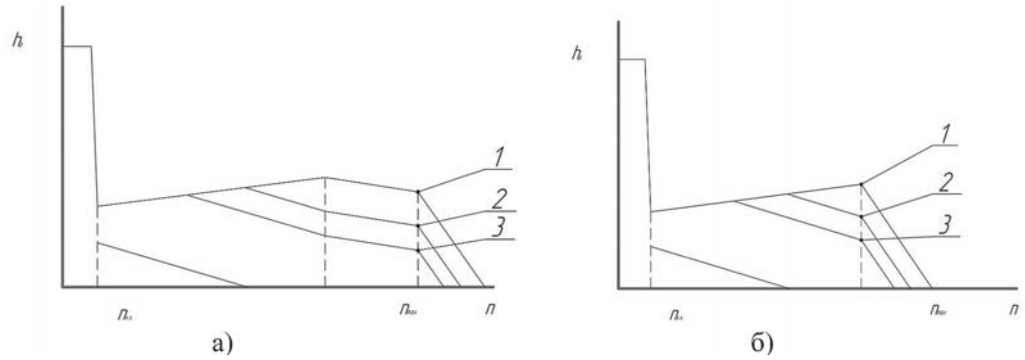


*Рис. 6. Швидкісні характеристики зміни координати рейки паливного насосу:*
*а) налаштування регулятора на номінальну частоту обертів;*
*б) налаштування регулятора на частковий швидкісний режим;*

Зменшення амплітуди коливань рейки паливного насоса в регуляторі з допомогою спеціальних пристроїв, які обмежують амплітуду коливань рейки ПНВТ (крутного моменту). В цьому випадку забезпечується компроміс між технологічною необхідністю (підтримання приблизно постійної швидкості руху КТЗ) і економічною доцільністю застосування всережимного регулятора.

Обмеження вимушених коливань рейки ПНВТ може забезпечити зниження експлуатаційної витрати палива при виконанні КТЗ технологічних сільськогосподарських операцій [5].

Такий спосіб регулювання двигуна забезпечує дворежимне регулювання двигуна при виконанні транспортних робіт. Всережимне регулювання з обмеженням коливань рейки паливного насосу при виконанні технологічних сільськогосподарських операцій.

## Література

1. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. С40 Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004;

2. Болтинський В.Н. Мощность тракторного двигателя при работе с неустановившейся нагрузкой и ее определение. – Механизация и электрификация сельского хазяйства, 1959, №4, 13-16;

3. Великанов Д., Бернацкий В. Изучение эксплуатационных режимов работы автомобильного двигателя. – Автомобильный транспорт, 1960, №4, с. 40-44;

4. Говорун А.Г., Копач А.О., Сєльський М.П., Куций П.В. Результати польових випробувань трактора МТЗ-80 з різними способами регулювання дизеля. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – Горлівка. 2010. Випуск 1. – с. 110-115;

5. Говорун А.Г., Сєльский М.П., Куций П.В. Вплив обмежувача коливань рейки ПНВТ на її амплітуду за неусталених режимів руху колісного транспортного засобу. Автошляховик України. – Київ. 2011. Випуск 3. – с.14-18.

УДК 629.113

# ВПЛИВ ТИПУ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

*Доктор технічних наук Гутаревич Ю.Ф.,*
*Карев С.В., Манько І.В., Славін В.В.*

*В статті представлено результати експериментальних досліджень впливу типу системи живлення на екологічні показники бензинового двигуна. Охарактеризовано концентрації шкідливих речовин бензинового двигуна обладнаного трикомпонентним каталітичним нейтралізатором, розраховано ефективність його роботи з карбюраторною системою живлення та електронною системою впорскування бензину.*

*In the article the results of experimental researches of influence are presented as a system of feed on the ecological indexes of petrol engine. Characterizes the concentrations of harmful substances of petrol engine equipped with*

© Гутаревич Ю.Ф., Карев С.В., Манько І.В., Славін В.В., 2011