

Анотація

ОЦІНКА ЯКОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРА ХТЗ-17021

Наглюк І.

Представлено результати зміни швидкості надходження продуктів зношування в моторну оливу, відносної діелектричної проникності й основних показників якості олів різних виробників при їхній експлуатації у двигуні.

Abstract

EVALUATION OF QUALITY OF ENGINE OIL OPERATING THE TRACTOR KHTZ-17021

I. Naglyuk

Presents the results of changes in arrival rate of wear in the engine oil, the relative permittivity and the main indicators of the quality of oils from different manufacturers at their operation in the engine.

УДК 621.436

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗГОНУ ДИЗЕЛЯ ПРИ КОРЕКТУВАННІ ПАЛИВОПОДАЧЕЮ ЗА ГРАНИЧНИМ ЗНАЧЕННЯМ ДИМНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

**Левчук В.І., к.т.н., в.о. доц., Арендаренко В.М., к.т.н., доц.,
Іванов О.М., викл.**

Полтавська державна аграрна академія

Приведено результати порівняльних досліджень перехідних процесів розгонів тракторного дизеля з турбонаддувом зі штатною САР паливоподачі за частотою обертання колінчастого вала та дослідною двоімпульсною САР паливоподачі за оптичною густиною відпрацьованих газів. Дослідження проводились із залученням методів математичного моделювання роботи системи автоматичного регулювання дизеля. За аналізом результатів теоретично-розрахункових досліджень було зроблено висновок про суттєвий вплив процесу корекції палива за димністю відпрацьованих газів на характер протікання перехідного процесу.

Постановка проблеми. Дизель є найбільш розповсюдженою енергетичною установкою для тракторів, самохідних сільськогосподарських машин і значної частини автомобілів, що обумовлено його кращою економічністю та низьким рівнем токсичності відпрацьованих газів (ВГ). Водночас, дизелю притаманний головний недолік - схильність до підвищеної

димності ВГ, що є ознакою погіршення його паливної економічності.

Для запобігання виникненню даного недоліку здійснюють коректування паливоподачі спеціальними обмежувачами димності (протидимні негативні коректори), які є складовими системи автоматичного регулювання (САР) паливоподачі дизелів за величиною оптичної густини ВГ.

Коректування паливоподачею за димністю ВГ, як і будь-який інший вплив на процес дозування палива, привносить суттєві зміни у характер формування статичних та динамічних властивостей дизелів. Зважаючи на умови експлуатації автотракторних дизелів переважно на неусталених режимах роботи, доцільно провести дослідження впливу даного виду коректування на динаміку дизеля, зокрема під час його розгону с різним ступенем навантаження.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дослідженню закономірностей утворення й зниження токсичних шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизелів присвячені праці К.Є. Долганова, О.Е. Сімсона, Г.Б. Розенбліта, А.З. Філіппова, Ю.Ф. Гутаревича, А.Ф. Головчука, А.А. Грунауера, А.Г. Говоруна, В.П. Матейчика, та ін.

Систематизація та аналіз схем і конструкцій розроблених коректувальних пристосувань для паливної апаратури автотракторних дизелів детально приведено в роботі А.М. Долгова [1].

Досить широко поширенні механічні негативні коректори паливоподачі, розробці та вивченню впливу яких на характеристики автотракторних дизелів висвітлено в працях К.Є. Долганова, А.Г. Говоруна, Г.І. Остапенко, А.Ф. Головчука [2,3,4,5], В.І. Крутова, В.А. Маркова [6] та ін.

Ведення жорстких обмежень на емісію шкідливих сполук у ВГ стимулюють виробників розробляти електронні САР з більшою кількістю інформативних сигналів про роботу на експлуатаційних режимах і, тим самим, шукати оптимальні алгоритми керування дизелем та зменшувати димність його ВГ [7,8]. При цьому програмна реалізація експлуатаційних швидкісних характеристик дизеля дозволяє більш гнучко варіювати статичними та динамічними характеристиками двигуна.

Мета роботи і завдання досліджень. За мету роботи була поставлена задача за допомогою методів математичного моделювання провести порівняльні дослідження динамічних властивостей тракторного дизеля 6ЧН13/11,5, який обладнувався САР паливоподачі з наявним та відсутнім протидимним негативним коректором. В якості варіанта САР паливоподачі за димністю ВГ була вибрана САР з гібридним електромеханічним виконуючим засобом дозування палива, приведеної в роботі [9].

Виклад основного матеріалу досліджень. Розроблена система автоматичного регулювання паливоподачі за оптичною густиною відпрацьованих газів дозволяє приводи рівень димності ВГ дизеля до гранично допустимого значення 40%, регламентованого чинними державними стандартами [10,11]. Коректування подачі палива здійснюється на підставі інформаційних сигналів від безконтактного сенсора частоти обертання колінчастого вала двигуна та повнопоточного денситометричного датчика

димності, який забезпечує отримання достовірного значення про димність ВГ на підставі прямого показника – ступеня поглинання світлового потоку джерела випромінювання цього датчика відпрацьованими газами у випускному тракті дизеля. Такий тип коректування відносить дану систему регулювання до двоімпульсних САР.

Зміна циклової подачі палива забезпечується коректуванням положення дозуючих органів паливного насосу шляхом їх контактної взаємодії з поворотним важелем ротора крокового електродвигуна, встановленого у безпосередній близькості до органів дозування. Відповідне кутове переміщення ротора електродвигуна здійснюється за допомогою мікроконтролерної системи керування на підставі сформованого масиву адаптаційних характеристик паливоподачі за границею димності ВГ, які забезпечують пропорційне коректування паливоподачі за відхиленням величини дійсної димності ВГ від гранично допустимого значення.

Об'єктом для проведення розрахункових порівняльних досліджень був вибраний тракторний дизель 6ЧН13/11,5 з розподільним паливним насосом високого тиску НД22/6Б4. Запропонована в роботі [9] динамічна математична модель САР паливоподачі дизеля з газотурбінним наддувом є уточненим варіантом розрахункової моделі, що була розроблена на кафедрі “Двигуни і теплотехніка” НТУ. Уточнення стасувалось у врахованні характеристик всережимного регулятора з позитивним механічним коректором, введенням додаткових рівнянь, які описують роботу фотоелектричного перетворювача денситометричного датчика димності та електромеханічного коректора паливоподачі.

Уточнена математична модель позбавлена врахування інерційності газового потоку відпрацьованих газів при формуванні інформації про миттєве значення димності ВГ, проте це дає змогу змодельовати перехідні режими з найбільш раціональними параметрами дослідної САР, а саме зменшувати димність ВГ та підтримувати всережимне регулювання частоти обертання колінчастого вала дизеля.

Математична модель включає в себе систему із диференціальних рівнянь функціональних ланок САР (дизель, електромеханічний коректор паливоподачі, впускний та випускний трубопровід, турбокомпресор та регулятор паливного насоса), аналітичних та апроксимованих рівнянь робочих параметрів дизеля. При цьому застосування диференціальних рівнянь спрямовано на дослідження динамічних властивостей дизеля на перехідних режимах роботи в залежності від часової координати. Система розв'язується, використовуючи числові методи інтегрування систем диференціальних рівнянь.

Диференціальне рівняння дизеля має наступний вигляд:

$$J_{\text{д}} \frac{d\omega_{\text{д}}}{dt} = M_i(q_u, p_k) - M_{\text{м}}(n_{\text{д}}) - M_{\text{нагр.}}(n_{\text{д}}, H_{\text{нг}}) \quad (1)$$

Електромеханічний коректор паливоподачі:

$$\frac{df}{dt} = k_{\text{КДР}} \cdot (N_{\text{дон}} - N_{\text{д}}) \quad (2)$$

де: f – частота перемикання фаз крокового електродвигуна, с^{-1} ;

$k_{КДР}$ – коефіцієнт, який визначає поле значимості закону регулювання;
 $N_{дон}$ – гранично допустиме, нормоване значення димності ВГ дизеля, %.

Впускний трубопровід:

$$\frac{dp_k}{dt} = \frac{n_{ВП} \cdot p_k}{V_{ВП} \cdot \rho_k} \cdot (G_K(p_k, n_{TK}) - G_B(p_k, n_D)) \quad (3)$$

Випускний трубопровід:

$$\frac{dp_{TP}}{dt} = \frac{n_{ВП} \cdot p_{mz}}{V_{ВП} \cdot \rho_{TP}} \cdot (G_T(G_B, q_u, n_D) - G_{TP}(\mu_T F_m, p_{mz}, T_{mz}, \pi_{mz})) \quad (4)$$

Турбокомпресор:

$$J_{TK} \frac{d\omega_{mk}}{dt} = M_m(G_{TP}, L_{Ta}, n_{TK}, k_e) - M_k(G_K, L_{Ka}, n_{TK}, \eta_{Ka}) \quad (5)$$

Відцентровий регулятор частоти обертання:

$$\frac{dz}{dt} = c_z; \quad (6)$$

$$m_p \frac{dc_z}{dt} = P_y(n_H, z) - E - v_p \cdot c_z \pm T_p \quad (7)$$

До правої частини диференціальних рівнянь, які записані у формі Коші, входять алгебраїчні рівняння. Ці рівняння отримані в результаті апроксимації відомими методами дослідних статичних характеристик відповідних ланок САР за умови квазістатичної залежності між вхідними та вихідними параметрами цих ланок [5,9].

Для перевірки динамічних властивостей дизеля з розробленою САР паливоподачі за димністю ВГ було здійснено ряд математичних моделювань розгонів дизеля з різним ступенем навантаження. При цьому навантаження змінювалось від 0 до 100% і враховувалось в розрахунковій моделі характерним параметром – задатчиком навантаження N_{HT} .

Методика порівняльного аналізу перехідних процесів розгонів дизеля зводилась до співставлення у часі робочих параметрів дизеля з новоствореною САР паливоподачі до відповідних показників роботи двигуна з серійною САР.

Розрахунок перехідних процесів дизеля відбувався шляхом вирішенням типової задачі Коші для системи диференціальних рівнянь першого порядку із застосуванням числового методу інтегрування метода Ейлера. Обчислення проводились з використанням об'єктно-орієнтовної мови програмування Visual Basic 6.0.

На рис.1-3 приведені суміщені результати розрахункових перехідних процесів розгону дизеля з різним ступенем навантаження для обох варіантів САР паливоподачі.

Аналізуючи зміну робочих параметрів дизеля на режимі вільних прискорень (рис.1, $N_{HT}=0$), слід відмітити ідентичність зростання частоти

обертання ротора турбокомпресора n_m та колінчастого вала дизеля n_d до моменту досягнення рівня димності граничного значення 40% на 0,19 с процесу розгону. Після незначного перерегулювання миттєвої димності ВГ до 43,3% в дослідній САР відбувається коректування паливоподачі і вже на 1,05 с рівень оптичної густини ВГ виходить на регламентоване значення 40%. В той же час для серійної САР рівень димності сягає 100% вже на 0,26 с перехідного процесу і тримається на цьому рівні до моменту виходу частоти обертання ротора турбокомпресора n_m на своє пікове значення 28500 хв^{-1} із зростанням тиску наддуву до 115,2 кПа на 1,4 с перехідного процесу. Це сприяє по мірі стабілізації цих показників поступовому зниженню димності ВГ до рівня 8% на новому швидкісному режимі роботи.

Часова тривалість переходу з одного швидкісного режиму на інший для дослідної САР склало 2,27 с, що на 0,52 с більше від перехідного процесу серійної САР. На тлі значного погіршення динаміки розгону дизеля дослідна САР сприяє зменшенню забросу частоти обертання ротора турбокомпресора n_m на 3500 хв^{-1} та зниження максимального тиску наддуву до 108,3 кПа. При цьому тривалість стабілізації параметрів системи повітроподачі є однаковою для обох варіантів САР і становить для n_m та p_k однаковий час - 7,4 с.

Перехідний процес дизеля при рівні навантаження $N_{нг}=0$ (рис.2) має спільні риси з попередньо розглянутим динамічним режимом розгону (рис.1). Тривалість зростання частоти обертання колінчастого вала дизеля n_d для дослідної САР становило 4,15 с, а для її серійного варіанту лише 2,6 с, що майже на 60% менше.

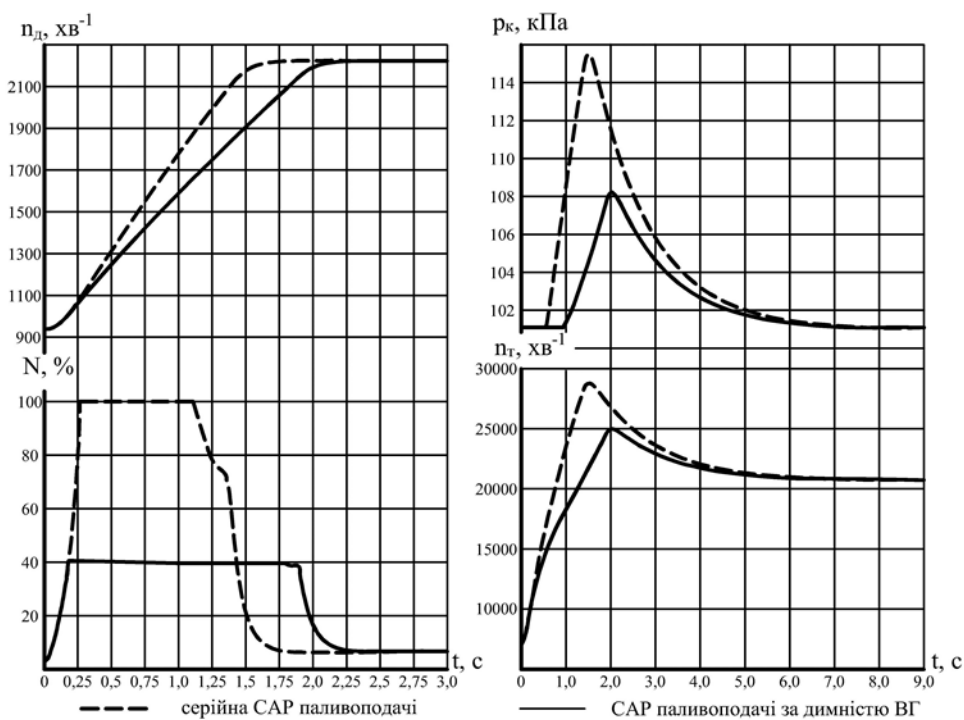


Рис.1 – Розрахункові перехідні процеси в серійній та дослідній САР дизеля при $N_{доп}=40\%$, $N_{нг}=0$.

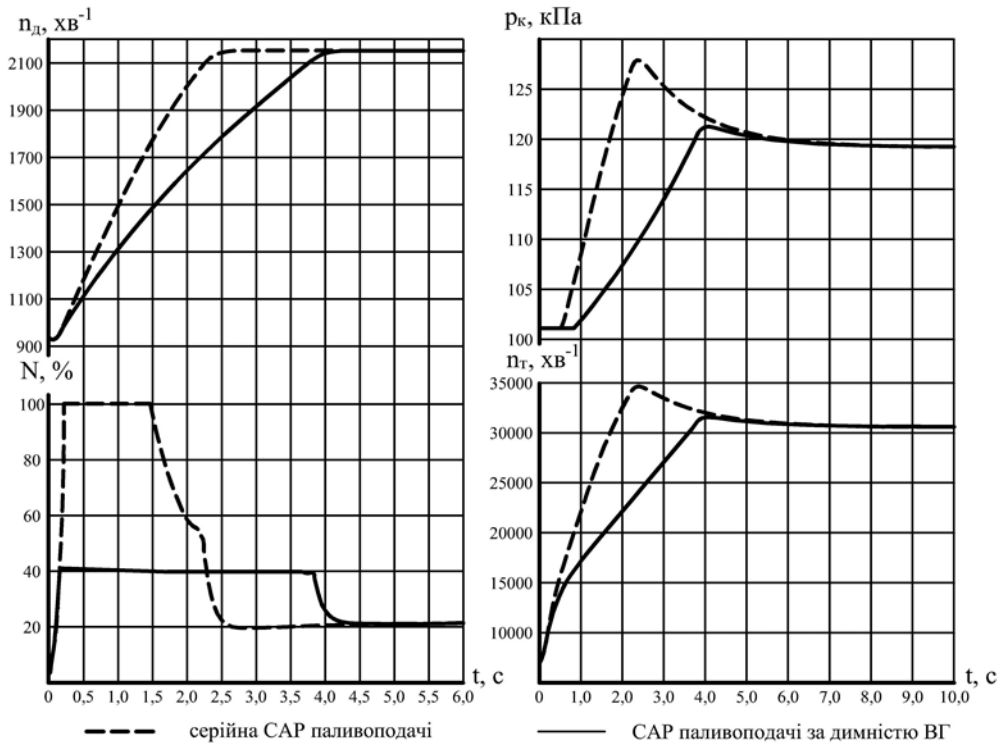


Рис.2 – Розрахункові перехідні процеси в серійній та дослідній САР дизеля при $N_{\text{доп}}=40\%$, $H_{\text{нГ}}=0,5$.

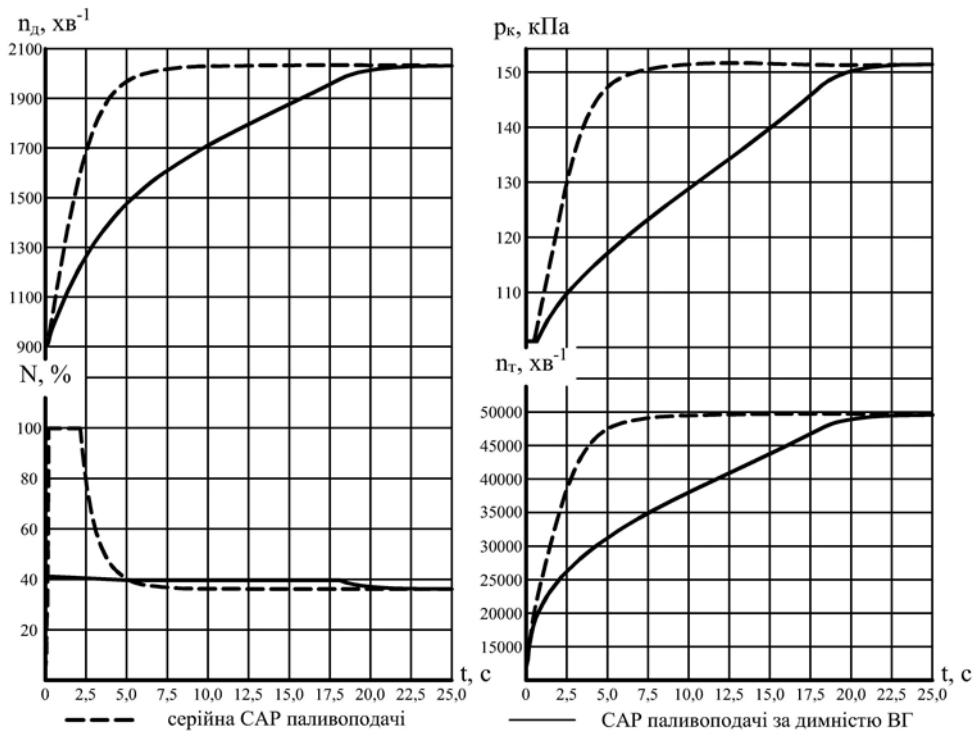


Рис.3 – Розрахункові перехідні процеси в серійній та дослідній САР дизеля при $N_{\text{доп}}=40\%$, $H_{\text{нГ}}=1,0$.

Водночас, переважна більшість часу перехідного процесу серійної САР проходить в умовах підвищеної димності, а саме, з 2,6 с тривалості даного процесу 2,05 с рівень оптичної густини ВГ є більшим від 40%. Для дослідної САР величина димності ВГ залишається постійною на рівні 40%, виключаючи

період часу перебування його вище регламентованого значення впродовж 1,2 с після забросу до 43,2% на 0,15 с процесу розгону. На новому швидкісному режимі роботи рівень димності ВГ для обох САР паливоподачі становить 21,3%.

Як і для режиму вільного прискорення час стабілізації частоти обертання ротора турбокомпресора n_m та тиску наддуву p_k в незалежності від виду САР є однаковим і складає 7,95 с. При цьому рівні забросів параметрів системи повітроподачі для обох САР суттєво різняться. Так для САР з електромеханічним коректором димності ВГ максимальний тиск наддуву p_k складає 121,7 кПа, що на 6,2 кПа менше від аналогічного параметра для серійної САР. Величина забросу частоти обертання ротора турбокомпресора n_m для дослідної САР становить 970 хв^{-1} проти 4250 хв^{-1} для серійної САР.

При розгоні дизеля з повним завантаженням (рис.3) спостерігається майже двократне збільшення часу переходу з одного швидкісного режиму на інший для дослідної САР паливоподачі. Характерною особливістю порівнювальних перехідних процесів, при даному рівні завантаження дизеля, є відсутність помітних забросів параметрів повітроподачі n_m та p_k . На новому усталеному режимі роботи дизеля частота ротора турбокомпресора n_m стабілізується на рині 49875 хв^{-1} , а тиск наддуву p_k сягає 152,5 кПа.

Висновки. На основі проведеного порівняльного аналізу перехідних процесів в САР дизеля з серійним всережимним регулятором та в дослідній САР із електромеханічним коректором і денситометричним датчиком встановлено, що проведення корекції палива, з метою приведення до стандарту рівня димності ВГ, призводить до збільшення часу перехідного процесу від 22%, при вільному прискоренні дизеля, до перевищення майже в двічі часу переходу на новий швидкісний режим при розгоні дизеля з повним завантаженням. В свою чергу, застосування дослідної САР дозволяє знизити рівень димності ВГ, тим самим сприяти поліпшенню екологічності роботи дизеля. Це дає змогу використовувати даний тип енергетичних установок в місцях з підвищеними екологічними вимогам до викидів токсичних речовин, зокрема, в теплицях, тваринницьких фермах, садах, парках та інше.

Список використаних джерел

1. Долгов А.М. Исследование корректирующих устройств тракторных, автомобильных и комбайновых двигателей: дис. ...канд. тех. наук: 05.04.02. – К., 1964. – 192 с.
2. Головчук А.Ф., Долганов К.Е., Остапенко Г.И. Влияние расширения интервала корректирования топливоподачи на экономичность и дымность отработавших газов дизеля // Двигателестроение. – 1982. – №8. – С. 3–5.
3. Долганов К.Е., Остапенко Г.И. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности отработавших газов тракторного дизеля с турбонаддувом применением отрицательного корректирования топливоподачи // Двигателестроение. – 1983. – №2. – С. 7–9.
4. Говорун А.Г., Самусь Н.И., Головчук А.Ф. Статический расчёт ограничителя дымления для топливных насосов НД 22/6Б4 // Двигатели

- внутреннего сгорания. Вып 33. – Харьков: ХПИ, 1981. – С. 125–130.
5. Головчук А.Ф. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторных дизелей путём совершенствования системы автоматического регулирования. – Дис. ... д-ра техн. наук. – К. – 1992. – 654 с.
 6. Крутов В.И., Горшков В.А., Марков В.А., Парфенов Б.П. Корректирование цикловой подачи многотопливного дизеля. // Двигателестроение, – 1989. – №8. – С. 24–27.
 7. Системы впрыскивания топлива фирмы Бош для экологически совместимых дизельных двигателей, Роберт Бош ГмбХ, – Штутгарт: Производственный отдел К5. – 1994. – 46 с.
 8. Dieselmotor-Managment. 3 vollstanding überarbeitete und erweiterte Auflage. // Robert Bosch GmbH. – 2002. – 478 p.
 9. Левчук В.І. Зменшення димності відпрацьованих газів автотракторних дизелів. – Дис. ... канд. тех. наук: 05.05.03. – К., 2008. – 274 с.
 10. Атмосфера. Норми і методи вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями: ДСТУ 4276:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 14 с.
 11. Єдині технічні приписи щодо: I. Офіційного затвердження двигунів із запалюванням від стискання стосовно димності відпрацьованих газів; II. Офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно встановлення на них двигунів із запалюванням від стискання, офіційно затверджених за типом конструкції; III. Офіційного затвердження колісних транспортних засобів з двигуном із запалюванням від стискання стосовно димності відпрацьованих газів; IV. Вимірювання потужності двигунів із запалюванням від стискання (UN/ECE R 24-03:1986. IDT): ДСТУ UN/ECE R 24-03:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 50 с. – (Національний стандарт України).

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗГОНА ДИЗЕЛЯ ПРИ КОРРЕКТИРОВКЕ ТОПЛИВОПОДАЧИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ

Левчук В., Арендаренко В., Иванов О.

Приведены результаты сравнительных исследований переходных процессов разгонов тракторного дизеля с турбонаддувом со штатной САР топливоподачи по частоте вращения коленчатого вала и опытной двоимпульсной САР топливоподачи по оптической плотности отработавших газов. Исследования проводились с привлечением методов математического моделирования работы системы автоматического регулирования дизеля. На основе анализа результатов теоретически-расчетных исследований был сделан вывод о существенном влиянии процесса коррекции топлива по дымности отработавших газов на характер протекания переходного процесса.

Abstract

ACCELERATION RESEARCH ENGINE FOR CORRECTING FOR BOUNDARY VALUE FUEL EXHAUST GAS SMOKING

V. Levchuk, V. Arendarenko, O. Ivanov

The results of comparative studies of transients accelerations of tractor turbocharged diesel fuel from in-state SAR frequency of rotation of the crankshaft and experimental dvoimpulsnoyu SAR fuel for optical density of exhaust gases. Research conducted with the involvement of mathematical modeling of the system of automatic control of diesel. By analyzing the results of theoretical calculation studies concluded a significant impact on the process of correcting the fuel smoke exhaust gas flow to the character of the transition process.

УДК 631.3:631.17

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ У МОСТОВОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Улексін В.О., к.т.н., доц.

Дніпропетровський державний аграрний університет

Для вирішення задачі автоматизації водіння у межах координатно-транспортної системи поля запропонована схема спеціалізованого транспортного засобу, який забезпечує два режими руху: прямолінійний рух у межах транспортної доріжки з можливістю коригування зміщень і кутових відхилень, та розвороти навколо центра машини при її зупинці.

Постановка проблеми. Значну частку у вартості продукції рослинництва складають витрати на транспортні роботи. Згідно вимог автоматизації, роботу машин, в тому числі і транспортних засобів, доцільно підпорядковувати принципам функціонування координатно-транспортної системи, в якій машини можуть рухатися лише прямолінійно у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Крім того, для мінімізації втрат продуктивної площі поля у мостовому землеробстві необхідно застосовувати спеціальні транспортні засоби, які можуть змінювати напрямок руху розворотами „на місці” [1].

Аналіз останніх досліджень. У разі автоматизації водіння транспортних засобів зі „звичайною” схемою рульового керування – поворотом направляючих коліс одного з мостів, – виникають серйозні проблеми. Так, при збуренні усталеного прямолінійного руху машини у вигляді паралельного зміщення Δy осі машини відносно заданої траєкторії (рис. 1а) необхідно за допомогою рульового керування повернути машину в сторону, протилежну зміщенню (вхід у поворот) і через деякий час, який визначається швидкостями руху та крутизною повороту, повернути машину у зворотному напрямку (вийти з повороту). Тобто, для повернення на задану траєкторію паралельно зміщеної