

Література

1. Альтернативні енергоресурси та енергозберігаючі технології: матеріали Міжнародної конференції ["Альтернативні види енергоресурсів та енергозберігаючі технології в сільському господарстві України"].— Пропозиція. – 2006. - № 6. – С. 20-21.
2. Біопалива (Технології, машини і обладнання) /Дубровін В.О., Корчемний М.О., Масло І.П., Шептицький О., Рожковський А., Пасторек З., Гжибек А., Євич П., Амон Т., Криворучко В.В. Біопалива (технології, машини і обладнання) – К.: ЦТІ „Енергетика і електрифікація”, 2004. -256 с.
3. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности: **ГОСТ 3900-85** – ГОСТ 33 - 2000 (ISO 3104 - 94) – М: Нефтепродукты. Методы анализа: в 3-х частях. Межгосударственный стандарт / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. - (Национальные стандарты). – Ч. 1.– 105-112 с.
4. Жири тваринні та рослинні олії. Визначання йодного числа: ДСТУ ISO 3961:2004 — ДСТУ ISO 3961:1996, IDT– [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 11с. – (Національні стандарти України).
5. Нефтепродукты светлые. Методы определения йодных чисел и содержания непредельных углеводородов: ГОСТ 2070-82.– ГОСТ 2070-82. – [Утвержден Приказом № 2755 от 20.07.1982]. – М: Нефтепродукты. Методы анализа: в 3-х частях. Межгосударственный стандарт / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. - (Национальные стандарты). – Ч. 1.– 59-64 с.
6. Жири тваринні і рослинні та олії. Метод визначання температури спалаху: ДСТУ 4455:2005. – ДСТУ 4455:2005. –[Чинний від 2006-10-01]. — К.: УкрНДІОЖ,2006. – 40с. – (Національні стандарти України).
7. Олії. Методи визначення кислотного числа: ДСТУ 4350:2004 — ДСТУ ISO 660:1996, NEQ. – [Чинний від 2005-10-01]. — К.: УкрНДІОЖ,2005. –11с. – (Національні стандарти України).

УДК 629.113

ПОРІВНЯННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПРИ РОБОТІ НА ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ

*Сахно В.П., доктор технічних наук
Корнач О.А.*

Вступ. Автомобільний транспорт є однією з галузей, що в значній мірі визначає розвиток промисловості і сільського господарства будь-якої країни. Світовий парк автотранспортних засобів безупинно зростає. Не виняток і Україна, де автомобільний транспорт - одна з галузей господарства, що розвивається інтенсивно. Незважаючи на те, що зараз більше ніж 70% вантажу і 85% пасажирів перевозяться автомобільним транспортом, потреби у ньому безперервно збільшуються.

Наслідком такої тенденції стає підвищений попит на палива нафтового походження, що для автомобільних ДВЗ є традиційними. Постійне всезростаюче видобування нафти призводить до виснаження природних запасів та підвищення вартості сировини.

Повне виснаження традиційної енергетичної бази автомобільного транспорту неминуче і є лише питанням часу. Багатьма зарубіжними фахівцями початок ХХІ століття оцінюється як перехідний період в розвитку світової енергетичної системи. Характерними рисами цього періоду є закінчення ери дешевої нафти і різке скорочення її запасів. На думку одного з провідних західних експертів в області енергетики Рея Леонарда, з 2010 р. видобуток нафтового палива почне швидко скорочуватися, що вступить в протиріччя з постійно зростаючим попитом на нафту і приведе до глобальної нафтової кризи.[1]

Неможна поза увагою залишати питання забруднення навколишнього середовища автомобілями, серед джерел викидів яких основними є відпрацьовані гази (ВГ) двигунів, що мають складний хімічний склад. Проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту є складовою частиною екологічної безпеки країни. Значущість і гострота цієї проблеми постійно зростає через щорічне збільшення викидів автотранспортними засобами забруднюючих речовин в атмосферу (в середньому на 3-5%).

Метою роботи є аналіз енергетичних, екологічних показників та паливної економічності

двигунів транспортних засобів, зокрема автомобілів різного призначення, при використанні альтернативних палив.

Основна частина. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням традиційного моторного палива в двигунах транспортних засобів, дуже актуальні для України, адже у нас діють застарілі екологічні норми (Євро-2), що не забезпечує достатньої екологічної безпеки країни. У багатьох країнах світу прийняті жорсткі вимоги по екологізації автотранспорту. В результаті з 1993 по 2004 р. кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів за кордоном знизилася приблизно в 2,5 рази. Всього ж за останніх 40 років вміст токсичних компонентів зменшився на 70%. [2]. У даний час багато зарубіжних двигунобудівних компаній узяли курс на вирішення задачі досягнення нульової токсичності відпрацьованих газів. Їх багатолітній досвід показує, що досягти цього можна лише в разі використання альтернативних видів моторного палива.

До альтернативних палив відносяться всі палива, що не є продуктами переробки нафти. Тобто, альтернативні палива – це всі палива, що використовуються для живлення двигунів автомобілів, за винятком бензину та дизельного палива.

Оцінюючи доцільність використання того чи іншого альтернативного палива необхідно враховувати такі параметри:

- витрати на виробництво;
- доступність кінцевому споживачу;
- вплив на оточуюче середовище;
- необхідність пристосування двигуна до процесу живлення нетрадиційними паливами;
- безпеку використання;
- схвалення споживачем.

В залежності від виду альтернативного палива, що використовується, тягово-швидкісні, техніко-економічні і екологічні показники ДВЗ сильно змінюються.

В сучасних умовах серед значної кількості альтернативних палив широкого використання набули газові палива. Це зумовлено достатньо великими їх запасами, низькою вартістю та простотою переведення транспортних засобів на дані види палива.

Серед всіх газових палив найбільш перспективними, для використання в якості моторного палива, є природний газ та зріджений нафтовий газ (ЗНГ).

Природний газ може бути в 2-х станах: стиснутому (СПГ) та зрідженому (ЗПГ). В автомобільних ДВЗ використовується в основному СПГ.

За своїми технічними характеристиками СПГ і ЗНГ є високоякісними самостійними видами моторних палив, що можуть у повній мірі замінити рідкі палива нафтового походження. Відомо, що вони мають вище, ніж у бензину, значення октанового числа (100-110 од.), що дозволяє використовувати їх у двигунах з вищими ступенями стискання. Проте, СПГ і ЗНГ дещо поступаються у теплоті згорання стехіометричної суміші.

При використанні газового палива значно зменшується зношення деталей, агрегатів та вузлів двигуна, адже не змивається масляна плівка з поверхні циліндрів та зменшується нагароутворення. Це, в свою чергу, приводить до збільшення тривалості роботи двигунів до капітального ремонту. Газове паливо також не розріджує оливу, що збільшує періодичність її заміни.

Крім вище згаданих технічних факторів, доцільність використання газового палива для живлення двигунів автомобілів підтверджується ще й з економічної точки зору. Ефективність кубічного метра природного газу майже еквівалентна літру бензину, у той час як його вартість не перевищує 50% від вартості бензину, що суттєво знижує експлуатаційні витрати. ЗНГ також суттєво дешевше ніж рідкі нафтові палива. [3] До того ж в Україні є власні газові родовища та розвинута газотранспортна система, що дозволяє, при необхідності, імпортувати необхідну кількість газу у найближчих сусідніх держав.

У зв'язку з загостренням екологічної ситуації в світі особливо важливою характеристикою альтернативного палива є токсичність ВГ, при спалюванні його в циліндрах двигуна. При застосуванні газового палива концентрація шкідливих викидів значно менша, ніж при використанні палив нафтового походження. Так, при переведенні двигунів з іскровим запалюванням на живлення СПГ вміст оксиду вуглецю (CO) у ВГ знижується в 2-6 разів, при практично однакових концентраціях вуглеводнів (C_mH_n) та оксидів азоту (NO_x). Крім того, вуглеводні, в основному, складаються з метану і не є токсичними.

При роботі дизеля за газодизельним циклом з використанням СПГ відмічається різке зменшення витрати рідкого палива (50% і більше) та менші викиди шкідливих речовин, при практично однаковій потужності. Так, димність ВГ зменшується на 50-70%, викиди сірки – в 70

разів. Викиди CO можуть знаходитися на рівні звичайного дизеля, а вміст C_mH_n зростає в 25-30 разів, проте це переважно нетоксичний метан, що не згорів [4].

Екологічні показники ДВЗ, що працює на ЗНГ також покращуються. Так, в порівнянні з бензиновим двигуном викиди CO зменшуються в 2-4 рази, NO_x – в 1,4-1,8 рази. Викиди C_mH_n незначно зростають особливо в низьких швидкісних режимах і режимах малих навантажень.[4].

Отже, використання газового палива в автомобільних двигунах в цілому є актуальним і перспективним, проте потребує внесення певних змін у конструкцію автомобіля.

В основному, на автомобілях, переобладнаних на живлення газовим паливом, встановлені серійні бензинові двигуни та дизелі, лише пристосовані для роботи на газі і зберігають здатність працювати на традиційних нафтових паливах. Це обумовлено недостатньо розвинутою мережею заправних станцій, що не дозволяє забезпечити необхідну автономність при використанні суто газових двигунів. В результаті цього енергетичні властивості палива використовуються не повністю, що призводить до погіршення тягово-швидкісних властивостей автомобіля і зростає собівартість перевезення.

Потужність двигуна з іскровим запалюванням, пристосованого для роботи на газі, незначно знижується (в межах похибки вимірювання) при використанні в якості палива ЗНГ і знижується на 15-20% при роботі на СПГ (рис.1). Зменшення енергетичних показників ДВЗ у разі їх переведення на газ пов'язано з заміщенням частини повітря газом, нижчою теплотою і швидкістю згорання, неоптимальним кутом випередження запалювання та меншим значенням коефіцієнта молекулярного змінювання суміші [5-7].

Рационально підвищити енергетичні й економічні показники можна застосуванням двигунів з підвищеним ступенем стиснення відповідно до октанового числа. Для ефективного використання енергетичних властивостей СПГ ступінь стиску в двигуні має бути 16..20. При неможливості досягнення таких значень він повинен бути не нижчим 10..12. Момент запалювання газоповітряної суміші має бути більш раннім, ніж у двигунів, працюючих на рідкому паливі, що пов'язано з меншою швидкістю згорання суміші. Також необхідне внесення конструктивних змін в систему пуску і живлення двигуна, спрямоване на покращення наповнення циліндрів двигуна свіжим зарядом.

У разі дотримання вказаних умов при застосуванні природного газу досягаються найвищі показники ефективності використання палива у двигуні. При цьому літрова потужність двигуна підвищується на 30..40%, економічність зростає на 20..30%. Але такі конструктивні зміни доречно здійснювати лише за наявності достатньої кількості газонаповнювальних станцій, що надасть можливість транспортним засобам житись газом, без переходу на живлення бензином [5-7].

Використання газового палива в двигунах, що спроектовані для живлення рідким нафтовим паливом, погіршує протікання робочого процесу і призводить до зниження потужнісних і економічних показників двигунів і, як наслідок, стають нижчими показники тягових властивостей, динаміки його розганяння та, певною мірою, технічна швидкість. Тому, для забезпечення характеристик автомобіля на рівні бензинового аналога, необхідне внесення конструктивних змін в трансмісію, наприклад, корегування передаточних чисел трансмісії – коробки передач, роздавальної коробки, головної передачі (бортових редукторів).

Отже, газові палива є досить перспективним заміником паливам нафтового походження. Вони володіють хорошими моторними якостями, при згорянні виділяють меншу кількість токсичних речовин у навколишнє середовище. Проте нерозвинена система заправних станцій не дозволяє встановлювати на автомобілі суто газові двигуни. А звичайні двигуни, пристосовані для живлення газом, характеризуються зниженням потужності, що погіршує тягово-швидкісні характеристики автомобіля у порівнянні з автомобілями, що використовують традиційні палива.

У теперішній час для живлення ДВЗ впроваджуються альтернативні палива на основі спиртів: метилового(метанол) та етилового(етанол). Вони можуть бути основними паливами чи використовуватися як добавки до палив нафтового походження.

Велика зацікавленість в використанні метанолу, як палива для ДВЗ, спостерігається в країнах, що мають власні ресурси кам'яного вугілля і недостатні ресурси нафти. Метанол можна виготовляти з природного газу, вугілля, біомаси.

Метанол є дуже перспективним паливом для ДВЗ, має високе значення октанового числа (104-114 од.). У порівнянні з бензином метанол має практично в двічі меншу теплоту згорання (22 МДж/кг), тому для отримання однакової кількості енергії його витрати потрібно значно збільшити. Проте, кількість повітря, необхідна для згорання 1 кг метанолу, менше в 2 рази, ніж для бензину, і становить 6,52 кг/кг. У результаті енергія, що утворюється під час згорання 1 кг паливо-повітряної суміші, для метанолу і бензину наближено однакова [4].

При використанні метанолу ККД двигуна підвищується на 5-15% у порівнянні з бензином. Це пов'язано з високою температурою випаровування метанолу, що сприяє зниженню температури суміші і збільшення маси паливо-повітряного заряду, зменшенню тепловідведення в циліндрах двигуна і температури ВГ, потужність не знижується.

Проте при низьких температурах навколишнього середовища висока температура випаровування є суттєвим недоліком метанолу, адже погіршує пускові якості двигуна, а при 0°C запуск двигуна майже неможливий.

У якості палива використовується, в основному, суміш М85 (85% метанолу і 15% вуглеводнів), а також чистий метанол М100 (100% метанолу) [3].

Етанол використовується в якості моторного палива і має властивості, близькі до властивостей метанолу. Отримують його в основному методом бродіння з рослинної сировини.

Етанол має деякі переваги, як моторне паливо, порівняно з бензином, проте використання етанолу для повної заміни бензину, зокрема в двигунах з іскровим запалюванням, пов'язано з труднощами. До переваг етанолу можна віднести високе октанове число на рівні 100 од. за моторним методом, що дозволяє збільшити ступінь стискання ДВЗ, а отже і його ККД та паливну економічність. Крім того, при використанні етанолу двигун може працювати стабільно на більш збіднених сумішах, завдяки вищій, ніж у бензині, межі розповсюдження полум'я в суміші.

Проте, одним з недоліків етанолу, як моторного палива, є менша (майже в 1,7 рази) нижча теплота згорання. Це потребує суттєвого збільшення витрат етанолу в порівнянні з бензином. Разом з тим, завдяки тому що в молекулі етанолу міститься кисень, теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг етанолу становить 9,0 кг/кг, що значно менше, у порівнянні з бензином (14,8 кг/кг). Тому енергія, що міститься в 1 л бензиноповітряної та етанолоповітряної суміші, майже однакова. Теплота випаровування етанолу в 3,2 рази вища, у порівнянні з бензином, що значно погіршує умови запуску двигуна [8].

В теперішній час етанол, як паливо, в чистому вигляді майже не використовується. Найбільш розповсюджені його суміші з нафтовим паливом Е85 (85% етанолу, 15% бензину) та газохол (10-22% етанолу, решта бензин).

При використанні в якості палива суміші бензину з 20% добавкою біоетанолу потужність двигуна практично не змінюється (рис.2) [9-11]. Витрата палива незначно зростає, що пов'язано з меншою, ніж у бензину, нижчою теплоотою згорання етанолу. Екологічні показники суттєво покращуються на всіх режимах роботи двигуна.

В карбюраторних двигунах використання 20% добавки етанолу не потребує внесення ніяких змін у конструкцію системи паливоподачі. В двигунах з системами впорскування палива можливе використання суміші бензину та етанолу у співвідношенні 1:1 без зміни конструкції та погіршення тягово-швидкісних характеристик [12].

Останнім часом для живлення дизелів все більш широкого розповсюдження отримують біопалива на основі рослинних олій (соняшникової, соєвої, ріпакової та ін.). Найбільш розповсюдженим є біопаливо на основі ріпакової олії.

Отримують його з насіння ріпаку, в основному, методом етерифікації. Кінцевим продуктом є ріпаковий метил ефір, що може вирисовуватись як паливо в дизелях.

Наявність кисню в молекулі ріпакового метилефіру дозволяє інтенсифікувати процес горіння, підвищити температуру в циліндрі двигуна, а отже і підвищити ККД двигуна. Вязкість і густина ріпакового метилефіру вища, ніж у дизельного палива. Це може привести при використанні стандартних форсунок до потрапляння біодизельного палива на стінки камери згорання та гільзи циліндрів, і як наслідок, деякому гіршому сумішоутворенню [13].

Ріпаковий метилефір характеризується підвищеною агресивністю до гумових та полімерних виробів, що може призвести до пошкодження елементів паливної апаратури.

Ріпаковий метилефір може використовуватися як самостійне паливо, так і в якості добавки до дизельного палива. На рис.3 показано навантажувальні характеристики дизеля, що споживає суміш дизельного палива і ріпакової олії з 10, 20 і 30% об'ємним вмістом, а також ріпаковий метилефір [4].

Як видно з характеристик, енергетичні показники дизеля, що живиться дизельним паливом і його сумішшю з ріпаковою олією, практично однакові. Потужність двигуна знаходиться на одному рівні, а витрата палива в зоні середніх і великих навантажень при живленні дизеля сумішшю дизельного палива і ріпакової олії (на 2-5%) більші, ніж при споживанні лише дизельного палива.

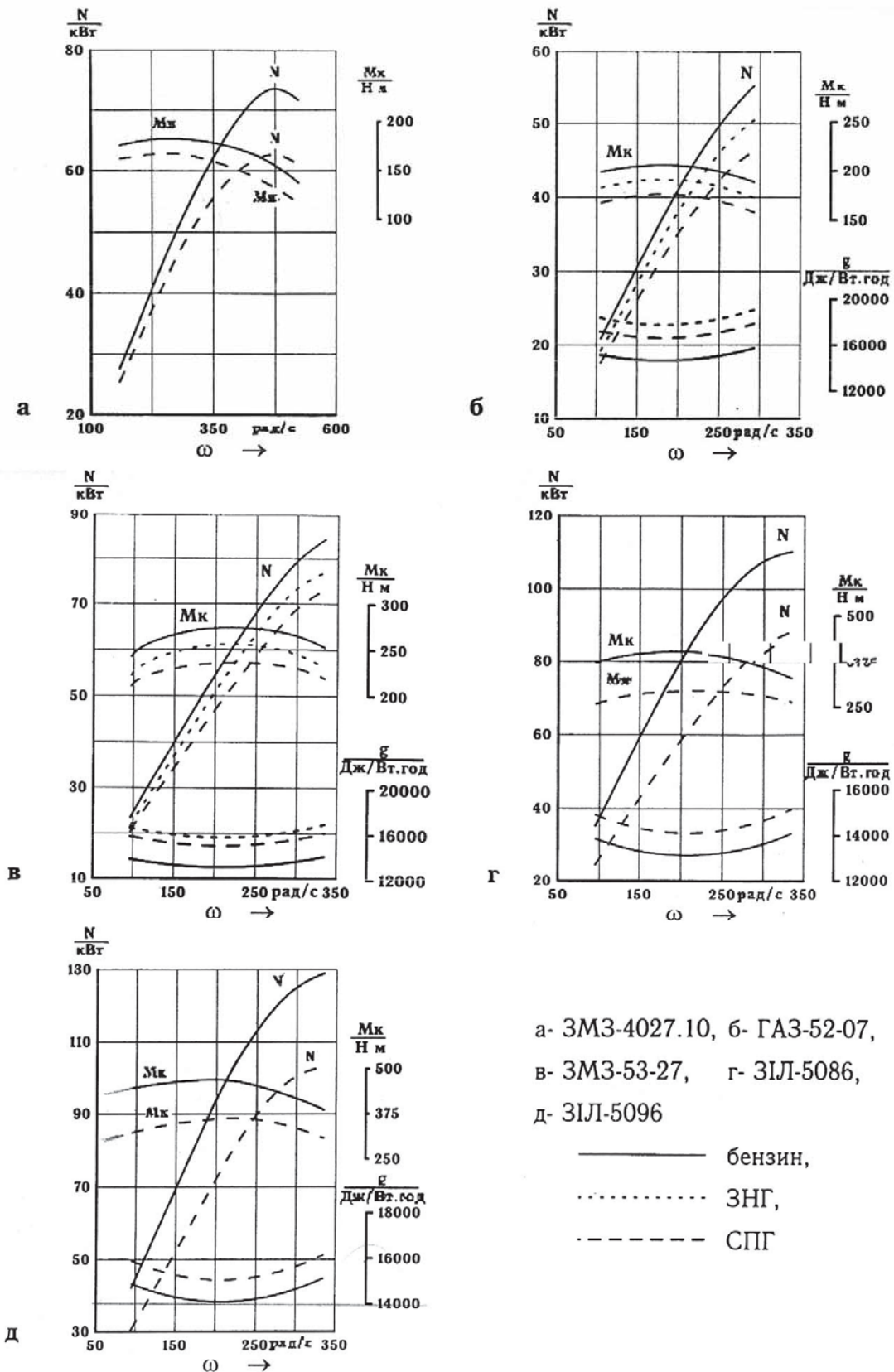


Рис.1 Швидкісні зовнішні характеристики двигунів

Живлення двигуна ріпаківим метил ефіром суттєво збільшує годинну і питому витрату палива. Динамічні властивості автомобіля практично не змінюються, проте токсичність та димність ВГ двигуна значно знижується.

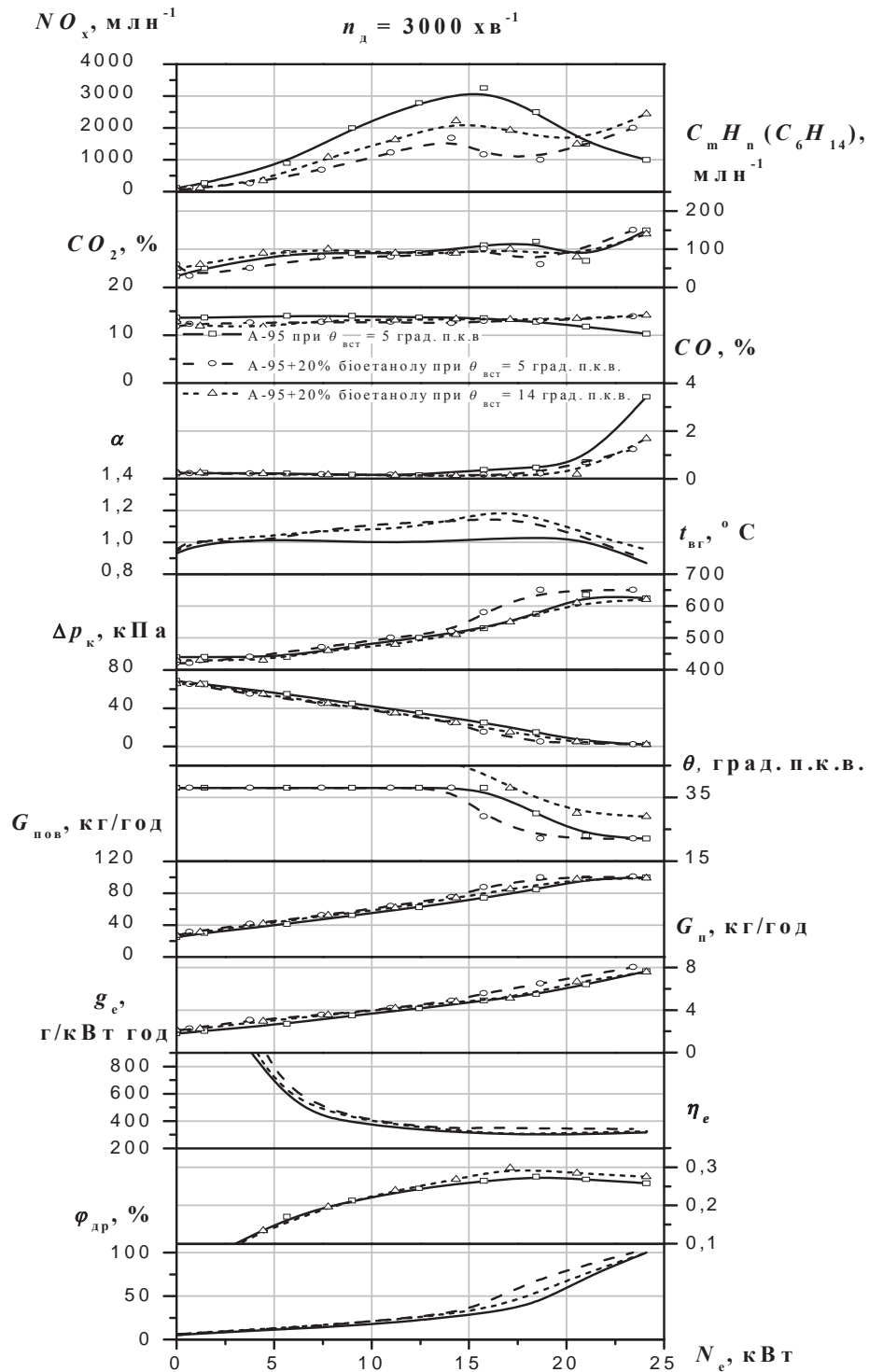


Рис. 2. Навантажувальні характеристики двигуна MeM3–245 при живленні штатним бензином та бензином з 20% добавкою біоетанола

Висновки. При використанні альтернативних палив в автомобільних двигунах їх енергетичні, екологічні показники та показники паливної економічності змінюються. Так, при використанні спиртів в бензинових двигунах та ріпакового метил ефіру в дизелях потужність двигунів практично не відрізняється від потужності при живленні традиційними нафтовими паливами. Проте зростає витрата палива. При живленні двигунів газовим паливом потужність може знижуватись на 10-20% відсотків, що впливає на тягово-швидкісні властивості автомобіля і потребує внесення змін в конструкцію трансмісії для забезпечення тягових та розгінних властивостей на рівні бензинового аналога.

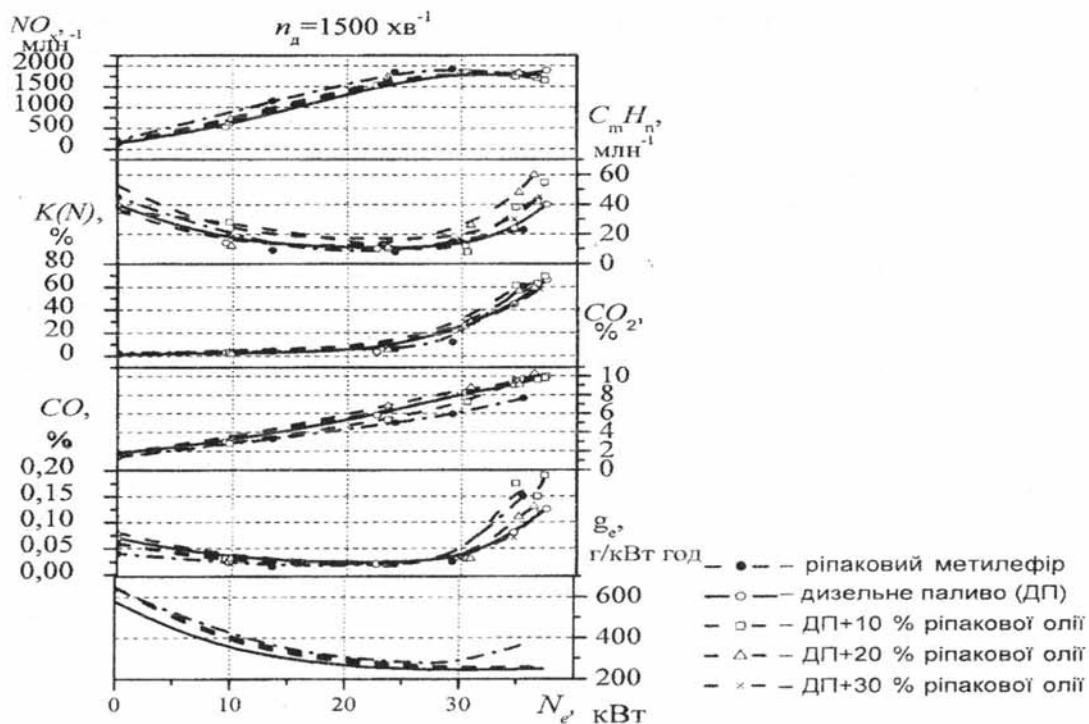


Рис. 3 Навантажувальні характеристики двигуна Д-243

Література

1. Леонард Р. Истощение нефтяных запасов и грядущая эпоха природного газа // Нефтегазовая вертикаль, № 9, 2001. С. 50-59.
2. Кириллов Н.Г. Что Россия может предложить «Большой восьмерке» // Энергетика и промышленность России, № 11, 2005. С. 6-7.
3. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С., Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ(ТУ), 2000. – 311 с.
4. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В. та ін. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. – К.: Арістей, 2008. – 296 с.
5. Сахно В.П., Філіпова Г.А. Развитие конструкций газобаллонных автомобилей та їх сучасний стан // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів / Транспортна академія України. Праці західного наукового центру. – Львів – Трускавець, 1997.- Том IV. – С. 149-151
6. Філіпова Г.А. Експериментальні дослідження тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності газобаллонних автомобілів // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів / УТУ.- Київ, 1997. –Вип.3. – С.64-66.
7. Філіпова Г.А. До питання переобладнання спеціальних машин у газобалонні // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів / УТУ.- Київ, 1997.- Вип.3. –С.67-69.
8. Говорун А.Г., Корпач А.О., О.М.Захарченко. До використання спиртових сполук як палива для двигунів внутрішнього згорання дорожніх транспортних засобів // Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. “Автошляховик України”, окремих випуск № 8, травень 2005, с.31-33.
9. Корпач А.О., Захарченко О.М. Визначення оптимального кута випередження запалювання двигуна з іскровим запалюванням за роботи на сумішевих паливах // Автошляховик України: Окремих випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ. – К. – 2006. – Вип. 9. – С. 47–49.
10. Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Говорун А.Г., Захарченко О.М. Вплив кута випередження запалювання на показники двигуна за роботи на сумішевих паливах з різним вмістом спиртових сполук // Автошляховик України. – 2006. – №1. – С. 19–21.
11. Корпач А.О., Захарченко О.М. Вплив кута випередження запалювання на показники двигуна за роботи на сумішевих паливах // Проблеми транспорту: Зб. наук. пр. – К.: НТУ. – 2007. – Вип. 4. – С. 99–102.

12. Говорун А.Г., Корпач А.О., Лядченко В.Л. Ефективність використання високооктанової кисневмісної добавки до моторних палив // Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. “Автошляховик України”, окремий випуск, 2004, с.141-144.

13. Корпач А.О., Левкіський О.О., Можливості та перспективи використання біопалива в дизелях // Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. “Автошляховик України”, окремий випуск № 12, 2009. – С. 156-158.

УДК 658.51:631.3

УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНИМ РИЗИКОМ НА ПІДСТАВІ УЗГОДЖЕННЯ РОБІТ ІЗ ПОДІЯМИ ПРОЕКТНОГО СЕРЕДОВИЩА

Сидорчук О.В., доктор технічних наук

Демедюк М.А., кандидат технічних наук

Спічак В.С.,

Шарибура А.О.,

Українець В.А.,

Івасюк І.П.

Вступ

Для управління виробничо-технологічним ризиком (ВТР) та об'єктивного оцінення показників ефективності проектів, що реалізують у рільництві, необхідно враховувати специфіку проектного середовища, характеристики якого, внаслідок дії агрометеорологічних умов, є стохастичними, некерованими та значною мірою зумовлюють ВТР. З цією метою необхідно розробити відповідні методи та моделі, котрі б уможливили відображення стохастичності проектного середовища та його впливу на показники ефективності виконуваних робіт.

Аналіз публікацій та постановка завдання

Загальні наукові засади управління ВТР та роботами у проектах відомі [2]. Зокрема, для управління змістом та часом виконання робіт слід використовувати такі управлінські складові як визначення ієрархічної структури робіт, послідовності їх виконання, оцінення тривалості, розроблення календарного плану та контроль. Також відомо, що чинні методи та моделі дослідження ефективності робіт у проектах виробничих систем враховують економічні та виробничо-технологічні ризики [1,5]. Управління ними передбачає ідентифікацію та кількісне оцінення ризику [2,3]. Результати аналізу цих публікацій переконують, що ВТР зумовлений багатьма причинами, які виникають за певних технологічно-організаційних особливостей проектів. Однак, дослідження ВТР у проектах зі стохастичним проектним середовищем неможливе без ідентифікації подій, що стосуються виконання проекту, їх формалізації та розроблення відповідних методів і моделей, що уможливають відображення особливостей впливу проектного середовища на ризик показників ефективності виконуваних робіт.

Мета статті – розкрити системно-подієві підстави формування ВТР у проектах рільничих систем та розробити науково-методичні положення щодо їх моделювання та обґрунтування реакцій на ризик.

Основна частина. Аналіз проектів рільництва переконує в тому, що роботи виконуються в них послідовно, за декілька етапів. На кожному з них здійснюються процеси управління – ініціалізації, планування, виконання, здійснення контролю та закриття [2,4]. Терміни реалізації цих етапів, а також робіт у проектах, зумовлені виникнення певних специфічних подій. Під подією розуміємо момент настання якісної або кількісної зміни певної елементарної складової проекту, що впливає на показники ефективності виконання відповідних робіт. Аналіз проектів рільничих систем дав змогу з'ясувати, що ВТР зумовлюється як об'єктивними, так і суб'єктивними причинами. Об'єктивні причини, зумовлені мінливістю агрометеорологічних умов та їх впливом на стан агрофону і розвиток сільськогосподарських культур. Суб'єктивні причини зумовлені участю людини в управлінні виконанням робіт (часом початку, темпами робіт тощо) у проектах, адаптованістю їх змісту і часу до стану та динаміки зміни проектного середовища.

Для врахування об'єктивних причин ВТР у проектах рільництва розроблено системно-подієвий підхід, який передбачає виокремлення складових проектного середовища і агрометеорологічних та предметних умов. Під предметними умовами розуміємо певний стан ґрунту поля та культурних рослин в конкретний момент часу. Внаслідок впливу агрометеорологічних