**VIII. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО**

УДК 631.3.06:662.767

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОДИЗЕЛЯ В РОБОТІ ДВИГУНА Д – 240 МАШИННО – ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА МТЗ-80/82 ПІД ЧАС ОРАНКИ

Колесник Лідія Григорівна, аспірант
Вінницький національний аграрний університет

L. Kolesnik, Post-Graduate Student
Vinnytsia National Agrarian University

Проведено дослідження взаємодії МТЗ-80/82, оснащеного 4 газовими балонами з ґрунтом при оранці. Доведено, що зростання загальної маси не призвело до збільшення щільності ґрунту. Твердість зросла на 3,9 %, опір оранці – 1,2 %, зниження коефіцієнту кришення пласта – 1,9 %. Ці негативні явища практично не впливають на роботу сільськогосподарської машини.

Досліджено роботу дизельного двигуна на подвійному паливі при різних навантаженнях. Отримані експериментальні дані залежності тиску для дизеля і газодизеля при роботі на частоті 1500 об / хв.

Порівняно великий термін окупності (12 місяців) отримано у трактора МТЗ-82 за рахунок використання дорогих металопластикових балонів, але чистий дохід також підвищується приблизно в 3 рази.

Ключові слова : альтернативне паливо, сільськогосподарська техніка, біогаз, дизельний двигун, машинно – тракторний агрегат, газобалонне обладнання.

Рис. 5. Табл. 4. Літ. 5.

1. Постановка проблеми

На сьогодні ситуація на ринку з енергоносіями досить складна. Ціни на продукти нафтової переробки стрімко ідуть вгору. Тому актуальним питанням залишається виробництво власного альтернативного палива для сільськогосподарських машин.

Враховуючи розміри власних сировинних ресурсів, великі та середні фермерські господарства можуть із відходів сільськогосподарських угідь та продуктів тваринництва повністю забезпечити себе енергоресурсом.

Але з'являються питання із застосуванням біогазу як палива в сільськогосподарській техніці.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасна наука розглядає 2 способи здешевлення палива для дизельного двигуна. Це використання рідкого біопалива на основі ріпакової олії [1] та біогазу [2]. Вчені В. Г. Семенов, С. Н. Дев'янін, В. А. Марков, А. П. Поляков, С. М. Черненко, А. І. Атамась, В. Б. Рябошапка та ін. розглядають перспективу впровадження рідкого біопалива на основі рослинних олій. Інша група вчених розглядає біогаз як перспективу перехідного палива до водневої енергії.

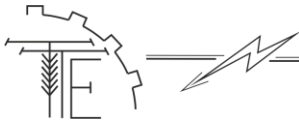
Цими питаннями займалися багато іноземних вчених, зокрема Савельєв Г. С., J Stewart, A Clarke, G A Karim, R Chen та ін.. Вони розглядали роботу різних типів двигунів на паливі «дизель – газ». Але для вітчизняної техніки досліджень проводилось мало. Ці дослідження не дають уявлення про взаємозв'язок виду палива з параметрами роботи МТА, не проведений аналіз взаємозв'язку системи: паливо – двигун – трактор – сільськогосподарська машина.

3. Мета і задачі дослідження

Метою роботи є дослідження ефективності використання газодизеля в роботі двигуна Д – 240 машинно – тракторного агрегата МТЗ-80/82 під час оранки.

4. Основні результати дослідження

Будь-яке середнє та велике фермерське господарство має свій запас альтернативної енергії (див. табл. 1, 2). Це біогаз, а точніше біометан, що є продуктом переробки бактеріями сільськогосподарських відходів. В країнах ЄС перехід на таке паливо майже не обкладається



податками оскільки не містить шкідливих відходів. Біометан є кращим паливом для використання в роботі двигуна на двох видах палива, оскільки має сильну детонаційну стійкість і містить більше енергії на одиницю маси (див. табл. 3). Експериментальна процедура порівняння з іншими традиційними видами палива [4] показує, що вартість палива і економія в цілому компенсує вартість конверсії двигуна.

Термін «подвійне паливо» відноситься до запалювання від стиснення незгорілих вуглеводнів. Джерелом запалювання є процес виробництва в три етапи після включення запалення впорскуванням невеликої кількості дизельного палива, а в СІ двигунах непрямого уприскування. Перший етап в цілому процес горіння аналогічний згоранні приблизно половини дизельного палива двигуна. Метою даної методики є дизельне експериментальне паливо і невелика кількість газоподібного палива для зменшення проблемних викидів дизельних двигунів залучених в ньому.

Таблиця 1

Основні характеристики біогазу

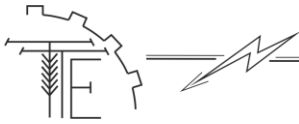
Запас енергії в 1 м ³ біогазу, кВт·год	Теплотворна здатність, ккал/м ³	Густина біогазу, кг/м ³	Температура згорання, °С
6 – 6,5	4500 – 6300	1,16 – 1,27	650 – 750

Таблиця 2

Вихід біогазу

Субстрат	Вихід м ³ /т
Гній ВРХ (природний 85-88% вол.)	54
Гній ВРХ самосплавний (95% вол.)	22
Гній свинний природний (85% вол.)	62
Гній свинний самосплавний (95% вол.)	25
Пташиний послід з клітки (75% вол.)	103
Пташиний послід підстилковий (60% вол.)	90
Силос кукурудзяний	187
Свіжа трава	187
Молочна сироватка, 94% вол.	22
Зерно, борошно, хліб	538
Фруктовий і овочевий жом (80% вол.)	108
Буяковий жом (78-70% вол.)	80-110
Меляса	633
Барда зернова (93% вол.)	40
Барда мелясна (90% вол.)	50
Пивна дробина (82% вол.)	99
Мезга кукурудзяна (80% вол.)	85
Мезга картопляна (91% вол.)	32
Жир (чистий, 0% вол.)	1300
Жир з жироловок (жирова пульпа)	250
Відходи бійні (кров, канига, м'які тканини)	100-300
Коренеплідні овочі	100
Технічний гліцерин	500
Рибні відходи	300
Тверді побутові відходи	100

Дослідження проводилось для дизельного двигуна, що працює на подвійному паливі (див. табл. 3). Основним є газоподібне паливо, яке попередньо змішують з повітрям, коли воно надходить в камеру згорання. Ця однорідна суміш підпалюється невеликою кількістю дизельного палива. Це "експериментальне паливо" вводиться до кінця такту стиснення. Характеристики двигуна при різних



газоподібних концентраціях реєстрували при 1500 об / хв і чверті, половині та трьох чвертях по відношенню до повного навантаження 58,8 кВт. Для вивчення ефективності згорання аналізувалась швидкість тепловиділення, яка була застосована до даних. Отримані дані швидкості виділення тепла, що використовуються для полегшення розуміння робочих характеристик двигуна в режимі подвійного палива.

Таким чином, вважається, що високошвидкісні дані, що складаються з тиску в циліндрі, найбільш підходять до використання біогазу в двигунах з допомогою подвійного тиску паливної магістралі і кривошипно-шатунного кута (СА).

Таблиця 3

Дослідне паливо для дизельного двигуна

Параметри	Значення для наступних видів палива	
	Біогаз (біометан)	Дизель
Хімічна формула	CH ₄	C ₁₂ H ₂₆
Молекулярна вага	16	170
Щільність при стандартній температурі і тиску (кг/м ³)	0,647	840
Температура згорання (МДж/кг)	50,05	42,9
Стехіометричне співвідношення повітря – паливо	17,2	14,5
Метанове число	0	40-55
Пожежонебезпека, % газу в повітрі		
Верхня	15,0	7,5
Нижня	5,0	0,6

При діагностуванні подвійного палива отримувався сигнал, який потрапляв на конвектор і там аналізувався. Під час роботи використовувалась оригінальна тестова програма, яка опрацьовувала електричні сигнали і контролювала викиди газу.

Для забезпечення узгоджених експлуатаційних умов, двигун працював протягом приблизно 10 хв при 1500 об/хв і половині навантаження, поки температура охолоджуючої води з головки циліндра досягала 80 ° С, і температура вихлопних газів досягала 250 °С. Двигун потім був доведений до потрібної контрольної точки, перш ніж вибірка даних почалася. Перший і останній набір даних були для стандарту № 2 дизельного палива. Перший набір даних служив базовою лінією, з якою порівнювались наступні результати. Останній набір даних підтвердив, що результати були повторювані і що характеристики двигуна не були порушені використанням газоподібного палива. Вибрані ключові властивості для дизеля і газоподібного палива представлені в таблиці 4.

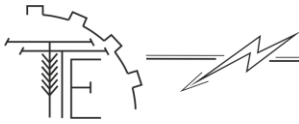
Аналіз даних тиску в циліндрі є інструментом діагностики. Він широко використовується для горіння і допущення, зроблені надалі, показують інформацію про процеси швидкості і характеристики згорання, що відбуваються всередині. Камера згорання складається з дизельного палива двигуна, зони виділення тепла, зона незгорілих залишків, і зони горіння.

Ці зони пов'язані з характеристиками викидів [4]. Кожна зона має рівномірну температуру. Тиск має бути рівномірним по всіх термодинамічних змінних. Зона дизельного палива складається з трьох контрольних обсягів, які після дослідження передбачається випарувати. Це концептуально ближче до горіння на двох видах палива, де дизельне паливо впорскується в незгорілу зону (впорскується дизельне і газоподібне палива) і в решті-решт зона горіння складається з повітря, вихлопних газів і залишків.

При дослідженні були використанні окремі властивості газоподібних палив (властивості дизельного палива з Ессо наднизьким вмістом сірки, дизельне паливо з Ессо маркетингу).

Передбачається, що горіння відбувається при стехіометричному співвідношенні повітря-паливо яке вирішуються за допомогою методу Ньютона-Рапсона [5]. Основні вхідні дані для моделі : маса палива, що спалюється і вирішується як частина кінцевого тиску в циліндрі.

У трактора МТЗ - 82 на даху кабіни монтується 4 металопластикових балони. На рисунках 1, 2 зображена схема підключення двигуна до газового устаткування. За рахунок встановлення



газобалонного обладнання збільшення експлуатаційної маси тракторів становить 7 – 9 % при встановленні сталевих балонів із легованої сталі і 4,6 – 6,2% при встановленні металопластикових балонів [2].

Таблиця 4 надає детальну інформацію про розкол між енергією, що підводиться від газоподібного і дизельного палива. За цими даними побудовані графіки для біогазу і дизельного палива (див. рис. 3, 4, 5).

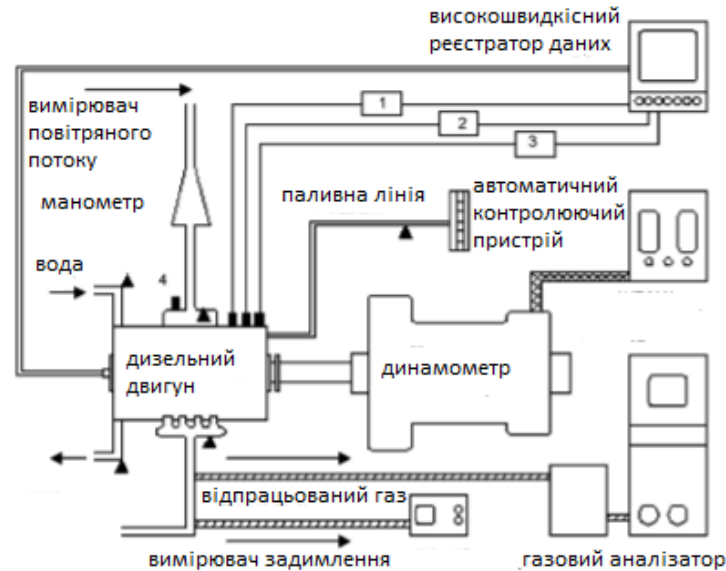
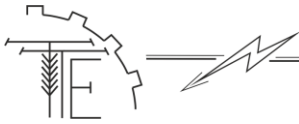


Рис. 1. Підключення двигуна і обладнання



Рис. 2. Підключення газового устаткування

Оскільки ставлення еквівалентності первинного палива-повітря є масовим і швидкість горіння згодом збільшується, а тиск зменшується (див. рис. 3).



Ефект подальшого збільшення тиску. Використання фіксованого співвідношення повітря і палива знижується, а швидкість виділення тепла "сплющена". при використанні метану в якості основного палива. Такі ефекти двигуна, як частота обертання двигуна збільшується.

Це може бути корисним для скорочення шуму, але може ускладнити роботу в поточному питомому енергоспоживанні. Двигуни з безпосереднім уприскуванням високошвидкісні і вимагають використання для цього дослідження різних видів палива. При цьому отримуються більш високі швидкості згорання для мінімізації палива і їх комбінаційного згорання. Цей показник дозволяє розуміти загальне використання енергії палива і його перетворення. Слід зазначити, що набагато більше бажаної вихідної енергії (приблизно на 20 відсотків об'ємна кількість біометану, була використана для заміни зниження необхідної вхідної енергії). Максимальні рівні заміщення газу були отримані при використанні біометану.

Таблиця 4

Порівняння умов заправки

Початкове Φ	Енергія, що подається первинною	Енергія, що постачається для експерименту
Метан, чверть навантаження		
0,02	9,76	90,24
0,12	43,98	56,02
0,29	65,42	34,58
Метан, половина навантаження		
0,03	9,68	90,32
0,18	45,86	54,14
0,33	71,06	28,94
Метан, три чверті навантаження		
0,05	10,47	89,53
0,13	26,08	73,92
0,70	82,01	17,99
Метан, повне навантаження		
0,06	9,5	90,5
0,17	25,0	75,0
0,55	80,7	19,3

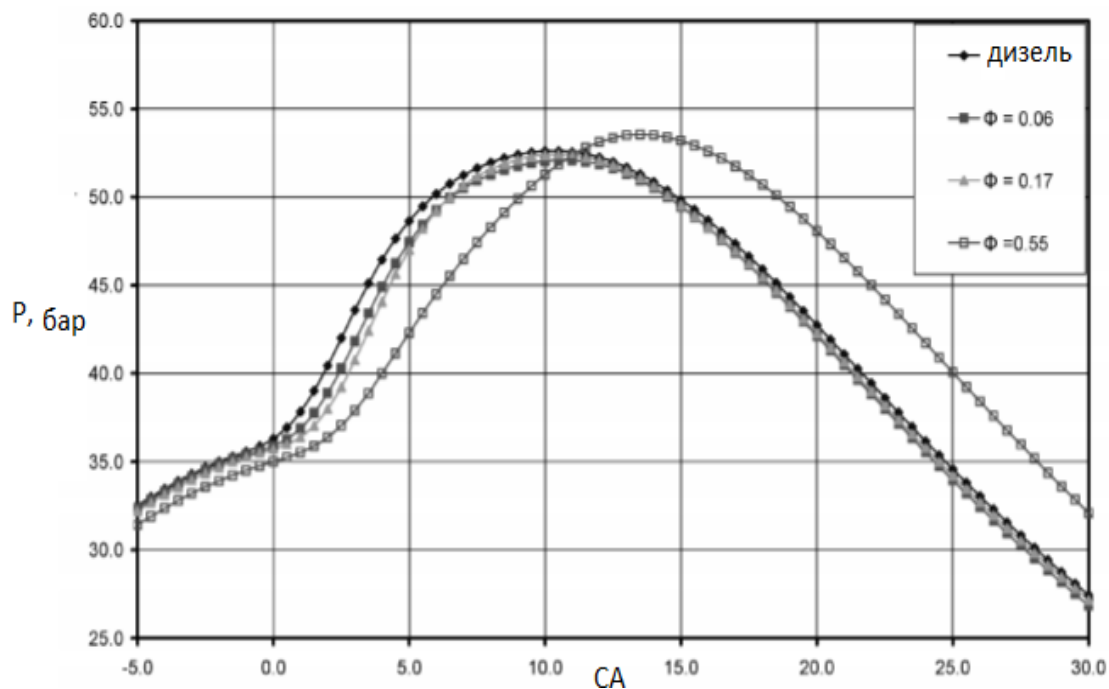


Рис. 3. Графіки експериментального тиску в циліндрах для дизеля і газодизеля на повному навантаженні і частоті 1500 об/хв



З аналізу існуючих досліджень було встановлено, що найбільш точний метод розрахунку регуляторних характеристик – за допомогою теплового розрахунку [1], що видно з графіків (рис. 4, 5). Як видно з графіків (рис. 3) спочатку були повільні темпи горіння. Але потім швидкість горіння збільшилась, а тиск зменшився.

Дослідження трактора МТЗ-80/82, оснащеного 4 балонами, при взаємодії з ґрунтом показало, що зростання загальної маси на 318 кілограмів не призвело до збільшення щільності ґрунту. Твердість зросла на 3,9 %, опір оранці – 1,2 %, зниження коефіцієнту кришення пласта – 1,9 %. Ці негативні явища практично не впливають на роботу сільськогосподарської машини.

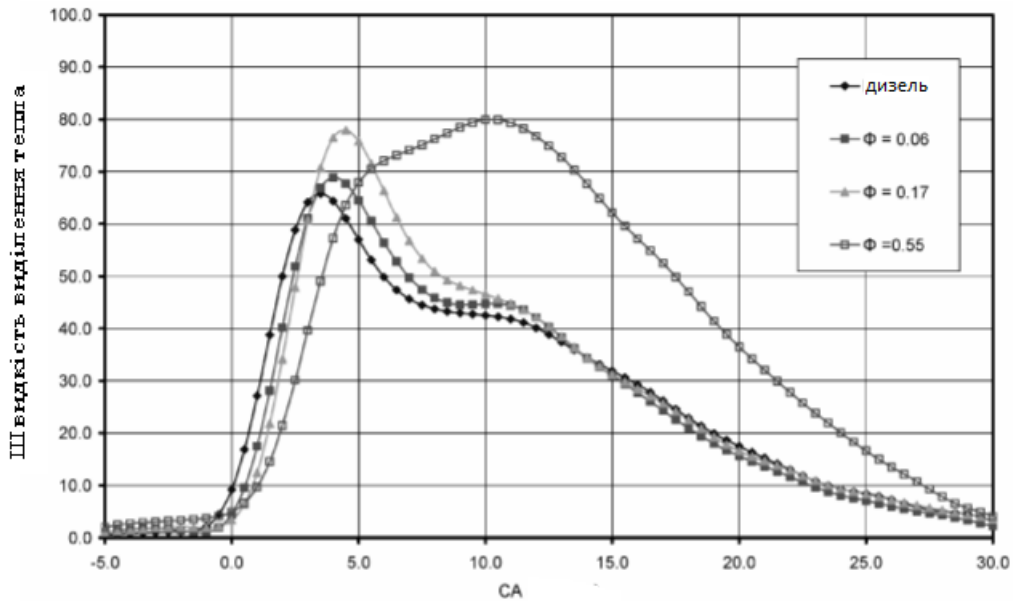


Рис. 4. Розрахункова швидкість виділення тепла у порівнянні з КА для дизельного та газодизельного двигунів при повному навантаженні та 1500 об / хв.

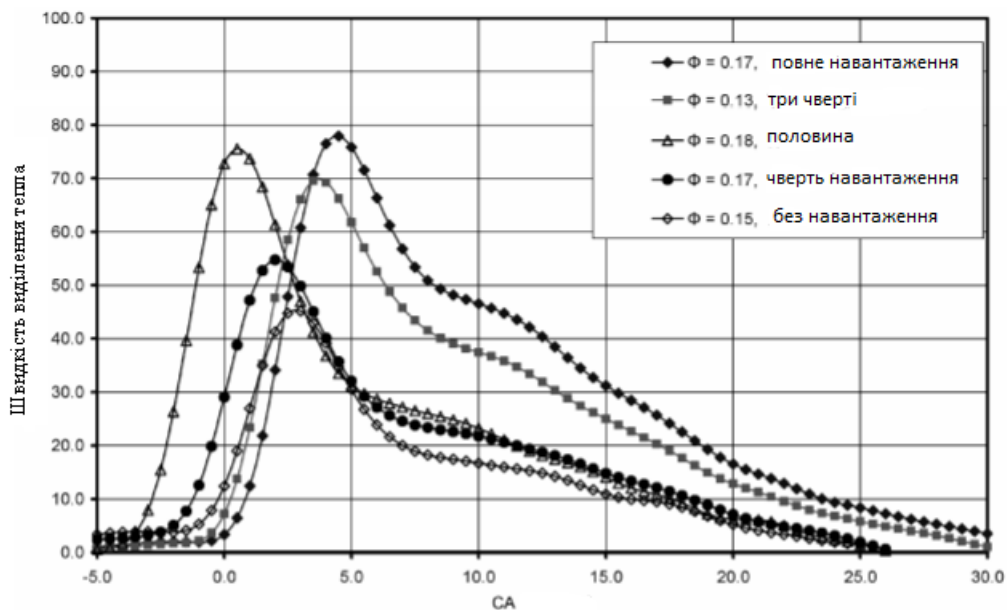
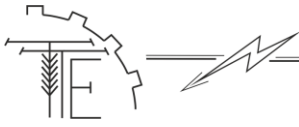


Рис. 5. Розрахункова швидкість виділення тепла у порівнянні з КА для дизельних та газодизельних двигунів для різних навантажень при 1500 об / хв

По газовому паливу газодизель має зовнішнє сумішоутворення і можливість отримання гомогенної суміші у всмоктуючому тракці. Це дозволяє працювати на більш низьких, порівняно з



дизелем, коефіцієнтах надлишку повітря і забезпечує можливість отримання у газодизеля потужності на 20-30% більше базового дизеля. Перефорсування газодизеля по потужності призводить до збільшення теплонапруги, можливості підплавлення поршнів і виходу з ладу інших деталей. Тому при переобладнанні дизелів в газодизель доцільно застосовувати блокувальні системи по витраті палива. Використання електронних систем регулювання дозволяє реалізувати обмеження як за окремими параметрами (температура відпрацьованих газів, тиск надуву і витрата газу), так і по їх комплексу. Найбільш простим керуючим параметром є температура відпрацьованих газів.

При переобладнанні дизелів на біогазове паливо комерційна ефективність в значній мірі залежить від коефіцієнта завантаження двигуна K_z . У газодизеля зі збільшенням K_z від 0,5 до 0,75 чистий дохід ЧД зростає на 44% (при підвищенні K_z на 1% ЧД збільшується на 1,76%). При збільшенні K_z газодизеля зростає економія витрат по паливу і ЧД за рахунок зниження частки запальної дози ДП в сумарній витраті палива. У газоіскрового двигуна через відсутність запальної дози ДП при збільшенні K_z в меншій мірі в порівнянні з газодизелем зростає ЧД (при збільшенні K_z на 1% ЧД зростає на 0,8%). В цілому конвертація дизеля в газоіскровий двигун більш ефективна [2].

При коефіцієнті завантаження двигуна 75 і 50% ЧД у газоіскрового двигуна вище відповідно на 37 і 65% в порівнянні з газодизельним варіантом, тобто у машин з низьким завантаженням двигуна по потужності переваги конвертації дизеля в газоіскровий варіант зростають. Терміни окупності витрат на переобладнання тракторів знаходяться в межах від 6 до 20 місяців при нормі 72 місяці [2].

Порівняно великий термін окупності (12 місяців) отримано у трактора МТЗ-82 за рахунок використання дорогих металопластикових балонів, але ЧД також підвищується приблизно в 3 рази.

5. Висновки

В роботі досліджувався двигун Д-240 на подвійному паливі дизель-біометан МТА при оранці. Дані представлені за швидкістю виділення тепла, впливом навантаження на двигун.

Незважаючи на те, що номінальною швидкістю для цього двигуна є 2200 об / хв, досліджувана швидкість становила 1500 об / хв, і була спочатку як тестова програма. Це не номінальне число обертів двигуна, але тенденції на номінальній швидкості повторили отримані по всьому діапазону навантаження.

Біометан допускає максимальне заміщення енергії, щодо дизельного палива, а також дає найбільш значні скорочення CO_2 .

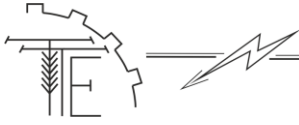
При переобладнанні дизелів в газодизель доцільно застосовувати блокувальні системи по витраті палива. Використання електронних систем регулювання дозволяє реалізувати обмеження як за окремими параметрами (температура відпрацьованих газів, тиск надуву і витрата газу), так і по їх комплексу.

При збільшенні K_z газодизеля зростає економія витрат по паливу і ЧД за рахунок зниження частки запальної дози ДП в сумарній витраті палива.

Термін окупності 12 місяців отримано у трактора МТЗ-82 за рахунок використання дорогих металопластикових балонів, але чистий дохід також підвищується приблизно в 3 рази.

Список літератури

1. Рябошапка В. Б. Обґрунтування експлуатаційно-технологічних параметрів роботи орних машинно-тракторних агрегатів при використанні біодизельного палива [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Рябошапка Вадим Борисович ; Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, 2016. – 24 с.
2. Савельев Г. С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.20.01 / Савельев Геннадий Степанович ; Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии). – Москва, 2011. – 42 с.
3. Биогaz [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zorgbiogas.ru/biogas-plants/biogas?lang=ru>.
4. Bradley, D. Lawes, M., Shepherd, C. (1996) *Methane as an engine*. Simulation of combustion ceedings of the IMechE Seminar on Using natural processes in gas-fuelled diesel engines. Proc. Instn gas in engines (Mechanical Engineering Publications, London), 9 – 15. London.
5. Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Atkinson, C. (1992) Operation of a compression and Flannery, B. P. Numerical recipes in Fortran 77: ignition engine with a HEUI injection system on the



art of scientific computing. 2nd edition, natural gas with diesel pilot injection. SAE paper. Cambridge University Press.

References

- [1] Ryaboshapka, V. (2016) *Obhruntuvannia ekspluatatsiino-tekhnologichnykh parametriv roboty ornykh mashynno-tractornykh ahrehativ pry vykorystanni biodyzelnoho palyva [Justification of the operational and technological parameters of the work of abrasive machine-tractor aggregates when using biodiesel fuel]*. Vinnytsia : Vinnytskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet [in Ukrainian].
- [2] Saveliev, G. (2011) *Tekhnolohyy y tekhnicheskyye sredstva adaptatsyy avtotraktornoj tekhniky k rabote na alternatyvnykh vyдах toplyva [Technologies and technical means of adaptation of autotractor technology to work on alternative types of fuel]*. Moscow : Vserossyiskiy nauchno-ysledovatel'skiy ynstytut mekhanizatsyyi selskoho khoziaistva Rossyiskoi akademyyi selskokhoziaistvennykh nauk (HNU VYM Rosselkhozakademyyi) [in Russian].
- [3] *Biogas [Biogas]*. Retrieved from: <http://zorgbiogas.ru/biogas-plants/biogas?lang=en>.
- [4] Bradley, D. Lawes, M., Shepherd, C. (1996) *Methane as an engine*. Simulation of combustion ceedings of the IMechE Seminar on Using natural processes in gas-fuelled diesel engines. Proc. Instn gas in engines (Mechanical Engineering Publications, London), 9 – 15. London.
- [5] Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Atkinson, C. (1992) Operation of a compression and Flannery, B. P. Numerical recipes in Fortran 77: ignition engine with a HEUI injection system on the art of scientific computing. 2nd edition, natural gas with diesel pilot injection. SAE paper. Cambridge University Press.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЯ В РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ Д - 240 МАШИННО – ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ МТЗ-80/82 ВО ВРЕМЯ ПАХОТЫ

Проведено исследование взаимодействия МТЗ-80/82, оснащенного 4 газовыми баллонами с почвой при вспашке. Доказано, что рост общей массы не привело к увеличению плотности почвы. Твердость выросла на 3,9%, сопротивление вспашке - 1,2%, снижение коэффициенты измельчения пласта - 1,9%. Эти явления практически не влияют на работу сельскохозяйственной машины.

Исследована работа дизельного двигателя на двойном топливе при различных нагрузках. Полученные экспериментальные данные зависимости давления для дизеля и газодизеля при работе на частоте 1500 об / мин.

Сравнительно большой срок окупаемости (12 месяцев) получено у трактора МТЗ-82 за счет использования дорогих металлопластиковых баллонов, но чистый доход также повышается примерно в 3 раза.

Ключевые слова : альтернативное топливо, сельскохозяйственная техника, биогаз, дизельный двигатель, машинно - тракторный агрегат, газобаллонное оборудование.

Рис. 5. Табл. 4. Лит. 5.

STATEMENT OF THE EFFICIENCY OF USE OF GAZODESIGN IN THE WORK OF THE MOTOR D - 240 MACHINE - TRACTOR MECHANISM MTZ - 80/82 AT THE TIME OF ORANGES

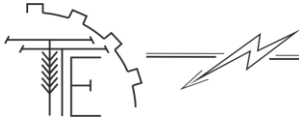
The study of interaction of MTZ-80/82 equipped with 4 gas cylinders with soil at plowing was carried out. It is proved that the growth of the total mass did not lead to an increase in the density of the soil. Hardness increased by 3.9%, resistance to plowing - 1.2%, decrease in the coefficient of impact of the formation - 1.9%. These negative effects practically do not affect the work of the agricultural machine.

The work of diesel engine on double fuel with different loads is investigated. Experimental data of dependence of pressure for a diesel engine and diesel engine during operation at 1500 rpm are obtained.

The relatively long payback period (12 months) was received at the tractor MTZ-82 due to the use of expensive metal-plastic cylinders, but net income also increases by about 3 times.

Key words : alternative fuel, agricultural machinery, biogas, diesel engine, machine - tractor aggregate, gas cylinder equipment.

Fig. 5. Tab. 4. Lit. 5.



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Колесник Лідія Григорівна – аспірант Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: linak099@gmail.com)

Колесник Лидия Григорьевна – аспірант Винницького національного аграрного університету (ул. Солнечная, 3, г. Вінниця, Вінницькая область, 21008, Україна, e-mail: linak099@gmail.com)).

Kolesnik Lydia Grigorievna - Post-Graduate Student of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: linak099@gmail.com).