

## СТВОРЕННЯ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ ТА НАДІЙНІСТЬ МАШИН

УДК 631.371: 620.92

### МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА МТА

*Г. А. Голуб, д.т.н., проф., e-mail: [gagolub@mail.ru](mailto:gagolub@mail.ru), тел.: +38-095-311-50-50*

*В. В. Чуба, к.т.н., e-mail: [slovs@mail.ru](mailto:slovs@mail.ru), тел.: +38-095-277-71-10*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

#### РЕЗЮМЕ

**Метою досліджень** є удосконалення математичної моделі для визначення витрати дизельного біопалива з урахуванням його властивостей, параметрів МТА та агротехнологічного середовища.

**Методи досліджень.** Теоретичні дослідження виконані на основі аналізу властивостей дизельного біопалива, показників роботи двигуна енергозасобу, взаємодії робочого агрегату МТА із агротехнологічним середовищем.

**Результати досліджень.** Отримано вираз для визначення годинної витрати палива МТА, виходячи із потужності, крутного моменту та швидкісного режиму роботи двигуна енергозасобу; виходячи із властивостей агротехнологічного середовища, параметрів робочої машини та вимог до технологічних операцій, а також коефіцієнта зменшення ефективності використання дизельного біопалива. Виконано уточнення математичної

моделі для визначення годинної витрати палива при використанні дизельного біопалива.

Виконано експериментальні дослідження впливу ширини захвату робочого агрегату на витрату палива МТА при виконанні технологічної операції оранки з використанням дизельного палива та дизельного біопалива, а також проведено порівняння отриманих експериментальних даних та теоретичних залежностей.

**Висновки.** Порівняльні дослідження дозволяють стверджувати про адекватність отриманої математичної моделі для визначення годинної витрати палива, виходячи із параметрів агротехнологічного середовища, робочої машини МТА, параметрів двигуна та типу палива, що застосовується.

**Ключові слова:** дизельне біопаливо, машинно-тракторний агрегат, ефективний коефіцієнт корисної дії, ефективна потужність двигуна, крутний момент двигуна, годинна витрата палива.

UDC 631.371: 620.92

### MODEL FOR DETERMINATION OF DIESEL BIOFUEL MTU

*G. A. Golub, Doctor of Technical Sciences, Prof., e-mail: [gagolub@mail.ru](mailto:gagolub@mail.ru),*

*Phone: + 38-095-311-50-50,*

*V. V. Chuba, Candidate of Engineering Sciences, e-mail: [slovs@mail.ru](mailto:slovs@mail.ru),*

*Phone: +38-095-277-71-10*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

#### SUMMARY

**The purpose** of research is to improve the mathematical model to determine of biodiesel consumption on the basis of its features, MTU settings and agrotechnological environment.

**Research Methods.** Theoretical studies performed is based on analyzing the properties of biodiesel, performance of engine power means, interaction implement MTU with the agrotechnological environment.

**The results of research.** An expression to determine the hourly fuel consumption MTU based on power, torque and speed, limits engine power means, based on the properties agrotechnological environment, working machine parameters and requirements for technical operations and the coefficient reduce of efficiency of biodiesel. The mathematical model to determine the hourly fuel consumption with using biodiesel is refined.

Experimental study of the effect the implement width on fuel consumption when performing MTU technological plowing operations using diesel fuel and biodiesel, and shows the comparison of the experimental data and theoretical dependencies.

**Conclusions.** Comparative studies suggest the adequacy of the obtained mathematical model to

determine the hourly fuel consumption based on parameters agrotechnological environment, MTU working machine, engine parameters and the type of fuel used.

**Key words:** *biodiesel, machine-tractor unit, effective coefficient of performance, efficient engine power, torque, hourly fuel consumption.*

УДК 631.371: 620.92

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА МТА

*Г. А. Голуб, д.т.н., проф., e-mail: [gagolub@mail.ru](mailto:gagolub@mail.ru), тел. : + 38-095-311-50-50*

*В. В. Чуба, к.т.н., e-mail: [slovs@mail.ru](mailto:slovs@mail.ru), тел. : + 38-095-277-71-10*

*Національний університет біоресурсів і природопольовання України*

### РЕЗЮМЕ

**Целью исследований** является совершенствование математической модели для определения расхода дизельного биотоплива с учетом его свойств, параметров МТА и агротехнологической среды.

**Методы исследований.** Теоретические исследования выполнены на основе анализа свойств дизельного биотоплива, показателей работы двигателя энергосредства, взаимодействия рабочего агрегата МТА с агротехнологической средой.

**Результаты исследований.** Получено выражение для определения часового расхода топлива МТА, исходя из мощности, крутящего момента и скоростного режима работы двигателя энергосредства, исходя из свойств агротехнологической среды, параметров рабочей машины и требований к технологическим операциям, а также коэффициента уменьшения эффективности использования дизельного биотоплива. Выполнено уточнения математической модели для опре-

деления часового расхода топлива при использовании дизельного биотоплива.

Выполнены экспериментальные исследования влияния ширины захвата рабочего агрегата на расход топлива МТА при выполнении технологической операции вспашки с использованием дизельного топлива и дизельного биотоплива, а также приведены сравнения полученных экспериментальных данных и теоретических зависимостей.

**Выводы.** Сравнительные исследования позволяют утверждать об адекватности полученной математической модели для определения часового расхода топлива, исходя из параметров агротехнологической среды, рабочей машины МТА, параметров двигателя и типа используемого топлива.

**Ключевые слова:** *дизельное биотопливо, машинно-тракторный агрегат, эффективный коэффициент полезного действия, эффективная мощность двигателя, крутящий момент двигателя, часовой расход топлива.*

### ПРОБЛЕМА

Уведення в енергетичний баланс агропромислового виробництва біологічних видів палива, які за своєю природою є поновлюваними ресурсами акумульованої сонячної енергії – одне з актуальних завдань сьогодення. Це дає змогу зменшити використання викопних не поновлюваних джерел енергії, забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами та зменшить енергозалежність від імпорту нафтопродуктів [1, 2]. Під вирішення основних проблем з виробництва дизельного біопалива, досить актуально постає питання

правильної експлуатації МТА використанні, адже відмінності даного типу палива суттєво впливають на експлуатаційні параметри МТА. Експлуатаційні параметри машинно-тракторного агрегату (МТА) складаються із суми параметрів робочих машин та енергетичних засобів і досить жорстко пов'язані між собою. Експлуатаційні властивості МТА впливають із виконуваних ними задач, розділяються на енергетичні, техніко-економічні та агротехнологічні. При виконанні технологічних операцій МТА повинен насамперед забезпечувати агротехнологічні вимоги до якості виконаної операції, здебільшого це стосується

сільськогосподарського знаряддя, проте енергетичний засіб також повинен забезпечити виконання відповідних умов. Енергетичні властивості із самого початку закладені конструкцією робочої машини, проте при її взаємодії з робочим середовищем, при виконанні технологічної операції, змінюються в досить широких межах, що своєю чергою відображається на техніко-економічних параметрах енергетичного засобу, насамперед потужності, витраті палива, металоємності. Всі перераховані властивості відіграють важливу роль при оцінюванні роботи МТА та взаємопов'язані між собою, проте на сьогодні відсутня математична модель, яка б пов'язувала властивості агротехнологічного середовища, параметри робочої машини та енергозасобу, тип палива, що застосовується, та давала б змогу виконати розрахунки витрати палива МТА при виконанні тієї чи іншої технологічної операції сільськогосподарського виробництва.

#### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У працях Б. С. Свірщевського [3] та Ю. К. Киртбая [4] розглянуто МТА як систему твердих тіл, що пов'язані між собою як жорсткими, так і пружними елементами. При виконанні роботи вся система тіл здійснює поступальний рух, при цьому деякі елементи системи здійснюють також і обертотний рух. Учені розглядали рівняння руху МТА як баланси сил та затраченої потужності. Даний підхід дає змогу визначити миттєвий розподіл потужності, проаналізувати дію сил в системі, визначити об'єкти, за рахунок яких можна зменшити енергозатрати, але не вирішує задачу визначення ефективних режимів роботи МТА.

У дослідженнях Л. В. Погорілого [5], І. Й. Натанзона [6], Е. А. Фінна [7], І. І. Мельника [8] та інших приділено значну увагу комплектуванню складу МТА та обґрунтуванню оптимальних комплексів машин і машинного парку. Дані дослідження при врахуванні наявного на сьогодні різноманіття ринку сільськогосподарських машин та енергозасобів потребують проведення великих об'ємів експериментальних досліджень

для визначення експлуатаційних параметрів та виявлення їх оптимальних режимів роботи та характеристик.

При дослідженні тягово-енергетичних параметрів МТА також розглядався як багатовимірний система із змінними параметрами стану, проте даний підхід досить складний для практичного застосування та обмежений відсутністю чіткого взаємозв'язку між властивостями агротехнологічного середовища, параметрами МТА та властивостями типу палива, що використовується [9, 10].

При застосуванні дизельного біопалива на основі метилових ефірів жирних кислот у порівнянні з дизельним паливом при однаковому навантаженні спостерігається збільшення годинної витрати палива, що пов'язано із відмінностями фізико-хімічних властивостей даного палива та повноти згорання даного типу палива [11, 12].

Проведений аналіз показав, що наявні математичні моделі МТА дають можливість визначати їх параметри при роботі на дизельному паливі, водночас існує потреба встановити параметри МТА при роботі на дизельному біопаливі при виконанні відповідних технологічних операцій сільськогосподарського виробництва.

**Мета дослідження.** Удосконалити математичну модель для визначення витрати дизельного біопалива з урахуванням його властивостей, параметрів МТА та агротехнологічного середовища.

**Результати досліджень.** Загальновідомо, що ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна  $\eta_E$  визначається, як кількість теплоти, яка перетворена в роботу на колінчастому валу двигуна, до кількості теплоти, яка підведена за цикл:

$$\eta_E = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{G_{\text{ГОД}} Q_H} = \frac{1}{g_E Q_H}, \quad (1)$$

де  $\eta_E$  – ефективний коефіцієнт корисної дії, від. од.;  $N_E$  – ефективна потужність двигуна, Вт;  $G_{\text{ГОД}}$  – годинна витрата палива, кг/год;  $g_E$  – питома витрата палива при ефективній потужності двигуна, кг/(Вт с),  $Q_H$  – нижча теплота згорання палива, Дж/кг.

Ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна змінюється в залежності від

швидкісного режиму роботи двигуна в досить широких межах. Для отримання достовірних даних коефіцієнт корисної дії двигуна слід розглядати, як залежність від кутової швидкості обертання колінчастого вала. З достатнім рівнем адекватності було встановлено, що для двигуна Д-245.7Е2, експериментальної зовнішньої швидкісної характеристики, коефіцієнт корисної дії змінюється за квадратичним законом:

$$\eta_{ЕДП} = \alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma, \quad (2)$$

де  $\alpha = -0,00000617$ ,  $\beta = 0,001781$ ,  $\gamma = 0,271482$  – коефіцієнти апроксимації.

Згідно проведених досліджень [13, 14], співвідношення витрат дизельного палива та дизельного біопалива, перебуває у обернено пропорційній залежності від їх нижчих теплотворних здатностей та ефективних коефіцієнтів корисної дії двигуна на відповідному виді палива. При повному згоранні палива у циліндрі двигуна, максимальне значення ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна буде визначатися фактичним співвідношенням нижчих теплотворних здатностей дизельного біопалива та дизельного палива. З урахуванням цього, коефіцієнт зменшення ефективності використання дизельного біопалива порівняно з дизельним паливом можна визначити за таким виразом:

$$k_{ЗМДБП} = \frac{\eta_{ЕДБП}}{\eta_{ЕДП}} = \frac{Q_{НДП}G_{ДП}}{Q_{НДБП}G_{ДПБ}}, \quad (3)$$

де  $k_{ЗМДБП}$  – коефіцієнт зменшення ефективності використання дизельного біопалива у порівнянні з дизельним паливом, відн. од.;  $\eta_{ЕДП}$  – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на дизельному паливі, відн. од.;  $\eta_{ЕДБП}$  – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на дизельному біопаливі, відн. од.;  $Q_{НДП}$  – нижча теплотворна здатність дизельного палива, Дж/кг;  $G_{ДП}$  – годинна витрата дизельного палива, кг/год;  $G_{ДПБ}$  – годинна витрата дизельного біопалива, кг/год.

Враховуючи значення ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна та коефіцієнта зменшення ефективності використання дизельного біопалива, витрату дизельного

біопалива МТА можна записати наступним чином:

$$G_{ДБП} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{(\alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma)k_{ЗМДБП}Q_H} = \frac{3,6 \cdot 10^3 \omega M_K}{(\alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma)k_{ЗМДБП}Q_H}, \quad (4)$$

де  $M_K$  – крутний момент на валу двигуна, Н м.

Згідно проведених раніше досліджень [15, 16, 17], вираз для визначення крутного моменту двигуна, виходячи з параметрів агротехнологічного середовища, робочої машини та типу палива:

$$M_K = \frac{(C\omega^2 + H + I)}{(1 - \delta_B)\eta_{ТРВК}i_{ТРВК}}, \quad (5)$$

де  $\delta_B$  – коефіцієнт буксування ведучих коліс, відн. од.;  $\eta_{ТРВК}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії енергозасобу, відн. од.;  $i_{ТРВК}$  – передаточне число трансмісії від двигуна до ведучих коліс, од.;

$$C = \frac{(k_{ОП}S_{ЛОБ} + \theta ab)r_{ВК}^3(1 - \delta_B)^2}{i_{ТРВК}^2}$$

вплив лобового опору повітря та кінетичної енергії при переміщенні пласта ґрунту, Н с<sup>2</sup> м;  $k_{ОП}$  – коефіцієнт опору повітря, Н с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $S_{ЛОБ}$  – площа лобового опору МТА, м<sup>2</sup>;  $\theta$  – коефіцієнт, який враховує співвідношення швидкості відкидання пласта та швидкості плуга, Н с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $a$  – ширина оброблюваного пласта, м;  $b$  – глибина оброблювального пласта, м;  $r_{ВК}$  – діаметр ведучого колеса, м;

$$H = \frac{M_{ВВП}}{i_{ТРВВП}\eta_{ТРВВП}}(1 - \delta_B)\eta_{ТРВК}i_{ТРВК} -$$

момент опору на валу відбору потужності, Н м;  $M_{ВВП}$  – крутний момент робочої машини на валу відбору потужності, Н м;  $\eta_{ТРВВП}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії вала відбору потужності, відн. од.;  $i_{ТРВВП}$  – передаточне число трансмісії від двигуна до вала відбору потужності, од.;

$I = r_{ВК}(fm_Tg + f'm_{PM}g + kab)$  – суму моментів опору перекочування трактора, опору тертя при переміщенні агрегату та опору деформації пласта ґрунту, Н м;  $f$  – коефіцієнт опору кочення коліс, відн. од.;  $m_T$  –

маса трактора, кг;  $f'$  – сумарний коефіцієнт тертя, який складається з тертя зняття об ґрунт та тертя кочення опорного колеса плуга, відн. од.;  $m_{PM}$  – маса робочої машини, кг;  $k$  – питомий опір деформації ґрунту, Н/м<sup>2</sup>.

Враховуючи вище вказане, годинна витрата палива МТА, при використанні дизельного біопалива та відомих параметрах агротехнологічного середовища, робочої машини, може бути визначена наступним чином:

$$G_{ДБП} = \frac{3600\alpha(C\alpha^2 + H + I)}{Q_{НДБП} k_{ЗМДБП} (\alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma)(1 - \delta_B) \eta_{ПРВК} \eta_{ТРВК}} \quad (6)$$

Для перевірки даної залежності, виконано експериментальні дослідження впливу ширини захвату робочого агрегату на витрату палива МТА при виконанні технологічної операції оранки з використанням дизельного палива та дизельного біопалива. При

виконанні експериментальних досліджень використовували МТА у складі трактора Кий-14102 та оборотного плуга Pro-3, паливну систему трактора, було попередньо модернізовано згідно схеми, приведеної на рис. 1. Для підвищення ефективності згорання дизельного біопалива [18, 19] було встановлено систему двоступеневого підігріву, а для підвищення точності вимірювання витрати палива [20] порційний витратомір.

Під час проведення експериментальних досліджень, зміну ширини захвату робочого агрегату здійснювали за рахунок зміни кількості корпусів плуга, задіяних у роботі. В результаті досліджень отримано експериментальні значення годинної витрати палива для відповідної ширини захвату агрегату. Порівняння експериментальних та теоретичних залежностей зміни годинної витрати палива при зміні ширини захвату робочого агрегату приведені на рис. 2.

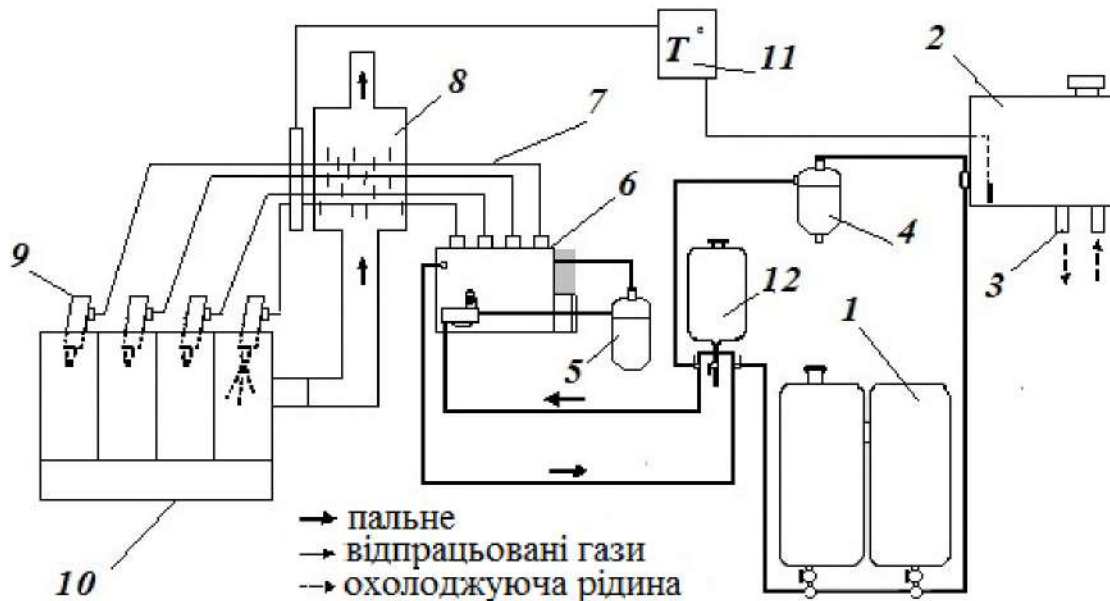


Рис. 1. Схема модернізованої паливної системи КИЙ-14102

Fig. 1. The scheme upgraded fuel system of KYJ-14102

1 – бак дизельного палива; 2 – бак дизельного біопалива; 3 – теплообмінник; 4 – фільтр грубого очищення; 5 – фільтр тонкого очищення; 6 – паливний насос високого тиску; 7 – паливопроводи високого тиску; 8 – нагрівальна камера; 9 – форсунки двигуна; 10 – двигун; 11 – блок контролю температури; 12 – порційний витратомір палива

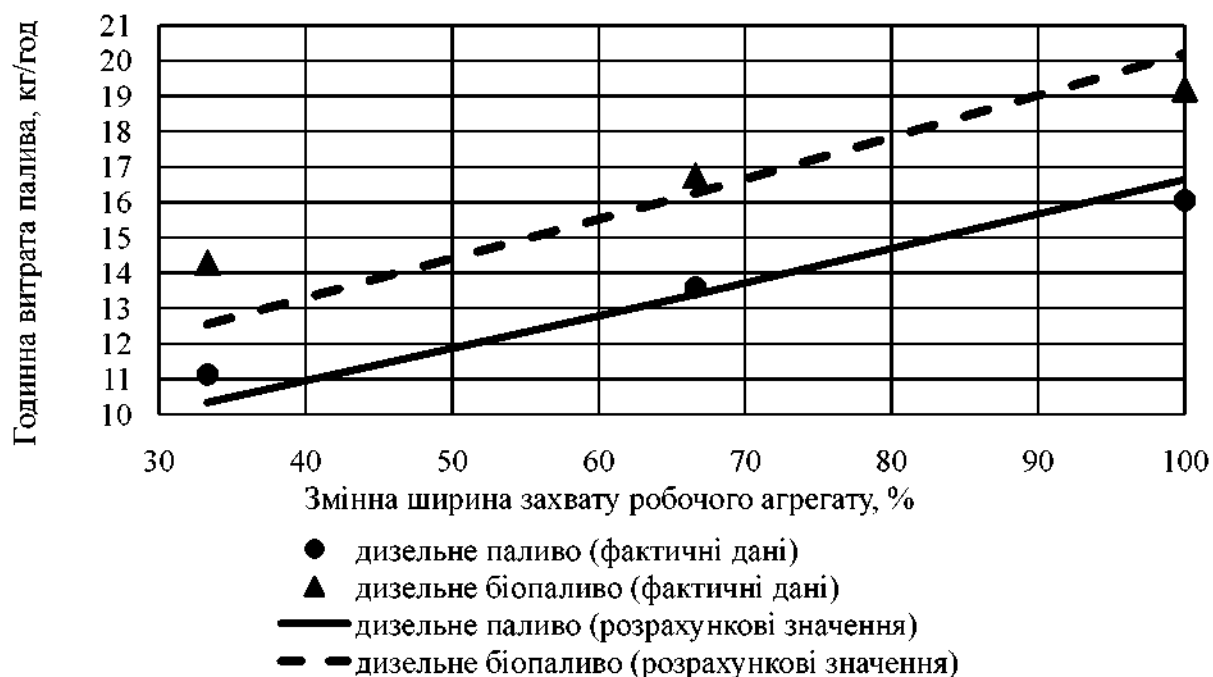


Рис. 2. Залежність годинної витрати палива від ширини захвату робочого агрегату при роботі МТА на дизельному паливі та дизельному біопаливі

Fig. 2. Dependence hourly fuel consumption and the implement width when MTU works on diesel fuel and biodiesel

Індекс детермінації, який характеризує рівень наближення теоретичних та експериментальних даних [21], при роботі МТА на дизельному паливі, становить  $\eta^2 = 0,95$ , а на дизельному біопаливі –  $\eta^2 = 0,92$ . Отримані результати дозволяють стверджувати про можливість застосування отриманої залежності (6) для виконання теоретичного моделювання витрат палива МТА при виконанні ним технологічних операцій сільськогосподарського виробництва.

**Висновок.** Порівняльні дослідження дозволяють стверджувати, що отримана математична модель для визначення годинної витрати, палива виходячи із параметрів агротехнологічного середовища, робочої машини МТА, параметрів двигуна та типу палива, що застосовується.

#### Бібліографія

1. Голуб Г. А. Проблеми техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності агроecosystem / Г. А. Голуб // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2011. – Вип. 7. – С. 59-66.

2. Голуб Г. А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроecosystem / Г. А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК / Редколегія: Д. О. Мельничук (відповідальний редактор) та інші – К., 2010. – Вип. 144. Ч. 4. – С. 303-312.

3. Свирщевский Б. С. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебн. [для ин-тов и фак. Механизации и электрификации с.-х.] / Б. С. Свирщевский ; – М.: Сельхозгиз, 1958. – 660 с.

4. Киртбая Ю. К. Основы теории использования машин в сельском хозяйстве / Ю. К. Киртбая. – М.: Машгиз, 1959. – 232 с.

5. Погорельый Л. В. Применение методов системного анализа при испытаниях сельскохозяйственной техники / Л. В. Погорельый, В. В. Брей // Обзорная информация ЦНИИТЭИ В/О "Сельхозтехника". – М.: ЦНИИТЭИ В/О "Сельхозтехника", 1976. – 68 с.

6. Натанзон І. Й. Комплектування машинно-тракторного парку колгоспів і радгоспів різних

зон УРСР. / І. Й. Натанзон – К.: Вид-во Укр. акад. с.-г. наук, 1961. – 104с.

7. Губко В. Р. Питання методики і результати розрахунків машинно-тракторного парку на ЕОМ / В. Р. Губко, Е. А. Фінн, Л. М. Козакова // Застосування математичних методів у дослідженнях складних процесів сільськогосподарського виробництва / голов. ред. В. С. Крамаров. – К.: Урожай, 1972. – С. 10–17.

8. Мельник І. І. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу: навчальний посібник / І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, В. В. Марченко – К.: ВВЦ НАУ, 2004. – 151с.

9. В. Л. Вейц. Динамические расчёты приводов машин / В. Л. Вейц, А. Е. Качура, А. Н. Мартыненко. – Л.: Машиностроение, 1971. – 352с.

10. Лебедев А. Т. Энергозберігаючий режим руху тракторного агрегату на гоні / А. Т. Лебедев, С. А. Лебедев, В. В. Погорілий // Механізація сільського виробництва. Вісник ХНТУСГ – 2011. – Вип. 107. – Т. 2. – С. 5–11.

11. Голуб Г. А. Експлуатаційні параметри МТА при роботі на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України. – 2012. – Вип. 2 (10). – С. 23–31.

12. Черненко С. М. Економічні та енергетичні показники роботи дизельного двигуна при використанні біопалива з ріпаку / С. М. Черненко, А. Г. Атамась // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – 2007. – Вип. 2. Ч. 2. – С. 85–89.

13. Голуб Г. А. Оцінка витрати пального при застосуванні дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / НААНУ, ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – Вип. 99. – Т. 2. – С. 76–83.

14. Голуб Г. А. Експлуатаційні параметри роботи двигуна при застосуванні дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 196. Ч. 1. – С. 23–31.

15. Голуб Г. А. Визначення тягової сили енергозасобів при роботі на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / НААНУ, ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 135–145.

16. Голуб Г. А. Рівняння динаміки машинно-тракторного агрегату / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185(3). – С. 280–287.

17. Golub G. Моделирование эксплуатационных показателей работы МТА на дизельном биотопливе / Gennadii Golub, Vyacheslav Chuba // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 3. – С. 66–73.

18. Голуб Г. А. Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба, М. Ю. Павленко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 10. – Т. 1 (58). – С. 20–23.

19. Scientific bases of production and use of biofuel in agroecosystems / G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets, O. Marus, M. Pavlenko, V. Chuba [Електронний ресурс] // Міжнародний електронний журнал. Біоресурси планети і якість життя. – 2013. – Вип. 4. – Режим доступу: <http://gcheraejournal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/146/112>

20. Голуб Г. А. Визначення витрати палива машинно-тракторним агрегатом при польових випробуваннях / Г. А. Голуб, В. В. Чуба, О. М. Марус // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2015. – Вип. 224. Ч. 2. – С. 303–309.

21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## References

1. Golub G. A. Problemy tehniko-technologichnogo zabezpechennja energetychnoi avtonomnosti agroekosystem/ G. A. Golub // Zbirnyk naukovykh prac Vinnyckogo nacionalnogo agrarnogo universytetu. Serija: Tehnichni nauky. – Vinnycja, 2011. – Vyp. 7. – S. 59-66.

2. Golub G.A. Tehniko-technologichne zabezpechennja energetychnoi avtonomnosti agroekosystem / G.A. Golub // Naukovyj visnyk Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy. Serija: Tehnika ta energetyka APK / Redkolegija: D.O. Melnychuk (vidpovidalnyj redaktor) ta inshi – K., 2010. – Vyp. 144, ch. 4. – S. 303-312.

3. Svirshhevskij B.S. Jekspluatacija mashinno-traktornogo parka: uchebn. [dlja in-tov i fak. Mehanizacii i jelektifikacii s.h.] / B.S. Svirshhevskij .; – M., Selhozgiz, 1958. – 660 s.

4. Kirtbaja Ju. K. Osnovy teorii ispolzovanija mashin v selskom hozjajstve / Ju. K. Kirtbaja. – M.: Mashgiz, 1959. – 232 s.

5. Pogorelyj L. V. Primenenie metodov sistemnogo analiza pri ispytanjah selskohochozjajstvennoj tehniki / L. V. Pogorelyj, V. V. Brej // Obzornaja informacija CNITJel V/O “Selhoztehnika”. – M.: CNITJel V/O “Selhoztehnika”, 1976. – 68 s.

6. Natanzon I. J. Komplektuvannya mashynno-traktornogo parku kolgospiv i radgospiv riznyh zon URSS. / I. J. Natanzon – K.: Vyd-vo Ukr. akad. s.g. nauk, 1961. – 104s.
7. Gubko V. R. Pytannya metodyky i rezultaty rozrahunkiv mashynno-traktornogo parku na EOM / V. R. Gubko, E. A. Finn, L. M. Kozakova // Zastosuvannya matematychnykh metodiv u doslidzhennjah skladnyh procesiv silskogospodarskogo vyrobnytva / golov. red. V. S. Kramarov. – K.: Urozhaj, 1972. – S. 10–17.
8. Melnyk I. I. Optyimizacija kompleksiv mashyn i struktury mashynno parku ta planuvannya tehničnogo servisu : navchalnyj posibnyk / I. I. Melnyk, V. D. Grechkosij, V. V. Marchenko – K.: VVC NAU, 2004.– 151s.
9. V. L. Vejc Dinamicheskie raschjoty privodov mashin / V. L. Vejc, A. E. Kachura, A. N. Martynenko. – L.: Mashinostroenie. 1971. – 352s.
10. Lebedev A. T. Energozberigajuchij rezhim ruhu traktornogo agregatu na goni / A. T. Lebedev, S. A. Lebedev, V. V. Pogorilij // Mehanizacija sil'skogo virobnytva. Visnik HNTUSG – 2011. – Vip. 107. – T. 2. – S. 5–11.
11. Golub G. A. Ekspluatacijni parametry MTA pry roboti na dyzelnomu biopalyvi / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mehanizacija, ekologizacija ta konvertacija biosyrovyny u tvarynnyctvi // Zbirnyk naukovykh prac Instytutu mehanizacii tvarynnyctva Nacionalnoi akademii agrarnykh nauk Ukrainy. – 2012.– Vyp.2 (10). – S. 23–31.
12. Chernenko S. M. Ekonomichni ga energetychni pokaznyky roboty dyzelnoho dvyguna pry vykorystanni biopalyva z ripaku / S. M. Chernenko, A. G. Atamas // Visnyk Kremenčuckogo derzhavnogo politehničnogo universytetu im. M. Ostrogradskogo. – 2007. – Vyp. 2. Ch. 2. – S.85–89.
13. Golub G. A. Ocinka vytraty palnogo pry zastosuvanni dyzelnoho biopalyva / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mehanizacija ta elektryfikacija silskogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk / NAANU. NNC «IMESG». – 2014. – Vyp. 99.– T. 2. – S. 76–83.
14. Golub G. A. Ekspluatacijni parametry roboty dvyguna pry zastosuvanni dyzelnoho biopalyva / G. A. Golub, V. V. Chuba // Naukovyj visnyk Nacionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Serija «Tehnika ta energetyka APK». – 2014. – Vyp. 196, Ch. 1. – S. 23–31.
15. Golub G. A. Vyznachennja tjavovoi syly energozasobiv pry roboti na dyzelnomu biopalyvi / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mehanizacija ta elektryfikacija silskogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk / NAANU. NNC «IMESG». – 2013. – Vyp. 98.– T. 2. – S. 135–145.
16. Rivnjannja dynamiky mashyno-traktornogo agregatu / G. A. Golub, V. V. Chuba // Naukovyj visnyk Nacionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Serija : Tehnika ta energetyka APK. - 2013. - Vyp. 185(3). - S. 280-287.
17. Golub G. Modelirovanie jekspluatacionnyh pokazatelej raboty MTA na dizelnom biotoplive / Gennadii Golub, Vyacheslav Chuba // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. - Lublin, 2014. - Vol. 16, № 3. - S. 66–73.
18. Golub G. A. Naprjamky udoskonalennja vyrobnytva i vykorystannja dyzelnoho biopalyva / G. A. Golub, V. V. Chuba, M. Ju. Pavlenko // Zbirnyk naukovykh prac Vinnyckogo nacionalnoho agrarnogo universytetu. – 2012. – Vyp. 10.– T. 1 (58). – S. 20–23.
19. Scientific bases of production and use of biofuel in agroecosystems / G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets, O. Marus, M. Pavlenko, V. Chuba [Elektronnyj resurs] // Mizhnarodnyj elektronnyj zhurnal Bioresursy planety i jakist zhyttja. – 2013. – Vyp. 4. – Rezhym dostupu: <http://gcheraejournal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/146/112>
20. Golub G.A. Vyznachennja vytraty palyva mashynno-traktornym agregatom pry polovyh vyprobuvannjah / G. A. Golub, V. V. Chuba, O. M. Marus // Naukovyj visnyk Nacionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Serija «Tehnika ta energetyka APK». – 2015. – Vyp. 224, Ch. 2. – S. 303–309.
21. Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezultatov issledovanij) / Dosphehov B.A. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

#### References

12. Golub G. A. Technical and technological problems of ensuring energy autonomy of agricultural ecosystems / G. A. Golub // Scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Engineering. – Vinnytsia, 2011. – Vol. 7. – P. 59–66.
13. Golub G.A. Technical and technological ensure energy autonomy of agricultural ecosystems / G.A. Golub // Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Engineering and Energy APC / Editors: D.O. Melnychuk (editor) and others – K., 2010. - Vol. 144, Part 4. - P. 303-312.
14. Svirshhevskij B .S. Operation of the machine and tractor: Textbook. [for the institutes and departments of mechanization and electrification of agricultural] / BS Svirshevsky;. - M.: Selkhozgiz, 1958. - 660 p.
15. Kirtbaya J.K. Fundamentals of the theory of using machines in agriculture / Y. K. Kirtbaya. - M.: Mashgiz, 1959. - 232 p.
16. Pogorelyi L.V. Application of system analysis in tests of agricultural machinery / L. V. Pogorelyi, V. V. Brey // Overview TSNIITEI V/O "Sel'hoztehnika". - M.: TSNIITEI V/O "Sel'hoztehnika", 1976. - 68 p.
17. Natanzon I. J. Manning tractor fleet collective and state farms of different zones of the



USSR. / I. J. Natanzon - K. : Publishing Ukr. Acad. Agricultural Science, 1961. – 104 p.

18. Gubko V. R. Question the methodology and results of calculations tractor fleet in computer / V. R. Gubko, E. A. Finn, L. M Kozakova // Application of mathematical methods in the study of complex processes agriculture / heads. Ed. V.S. Kramarov. - K: Urozhaj, 1972. - P. 10-17.

19. Melnyk I. I. Complexes optimization of machines and machine structures and park planning technical service: Tutorial / I. I. Melnyk V. D. Grechkosij, V. V. Marchenko, - K. : VVC NAU, 2004.- 151p.

20. V. L. Vejc Dynamic computing machinery drives. / V. L. Vejc, A. E. Kachura, A. N. Martynenko. – L.: Mashinostroenie, 1971. – 352 p.

21. T. Lebedev Power saving mode movement of the tractor unit in the detachment / A. T. Lebedev, S. A. Lebedev, V. V. Pogorilij // Mechanization of agricultural production. Bulletin HNTUSG - 2011 - Vol. 107 - T. 2. - P. 5-11.

22. Golub G. A. Operational parameters MTA when operating on biodiesel / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mechanization, greening and convert in animal // Proceedings of the Institute of animal husbandry of mechanization of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. - 2012.- Vyp.2 (10). - P. 23-31.

23. Chernenko S. M. Economic ha energy performance of the diesel engine using biofuel from rapeseed / S. M. Chernenko, A. G Atamas // Bulletin of the Kremenchug state polytechnic university. M. Ostrogradskii. - 2007. - Vol. 2. Section 2. - P.85-89.

24. Golub G. A. Evaluation of fuel consumption when using biodiesel / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mechanization and electrification of agriculture, interdepartmental thematic scientific collection / NAANU. NSC "IAEE." - 2014 - Vol. 99.- T. 2. - P. 76-83.

25. Golub G. A. Operating parameters of the engine when using biodiesel / G. A. Golub, V. V. Chuba // Scientific bulletin of National university of life and environmental sciences of Ukraine. Series

«Technology agribusiness and energy." - 2014 - Vol. 196. Part 1. - P. 23-31.

26. Golub G. A. Definition traction force power means when working on biodiesel / G. A. Golub, V. V. Chuba // Mechanization and electrification of agriculture, interdepartmental thematic scientific collection / NAANU. NNC "IMESH." - 2013 - Vol. 98.- T. 2. - P. 135-145.

27. Golub G. A. Equation of dynamics of machine-tractor unit / G. A. Golub, V. V. Chuba // Scientific bulletin of national university of life and environmental sciences of Ukraine. Series: «Engineering and Energy APC». - 2013 - Vol. 185 (3). - P. 280-287.

28. Golub G. Simulation of operational performance of the machine and tractor units on diesel biofuel/ Gennadii Golub, Vyacheslav Chuba // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 3. – P. 66–73.

29. Golub G. A. Directions improving production and use of biodiesel / G. Golub, V. Chuba, M. Pavlenko // Scientific works of Vinnytsia national agrarian university. - 2012. - Vol. 10.- T. 1 (58). - P. 20-23.

30. Scientific bases of production and use of biofuel in agroecosystems / G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets, O. Marus, M. Pavlenko, V. Chuba [Electronic resource] // International e-magazine. Bioresources planet and quality of life. - 2013 - Vol. 4. - Access mode: <http://gchera-ejournal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/146/112>

31. Golub G. A. Determining fuel consumption tractor unit in field trials / G. A. Golub, V. V. Chuba, O. A. Marus // Scientific bulletin of National university of life and environmental sciences of Ukraine. Series "Technology and Energy APC" .- 2015. - Vol. 224, Part 2. - P. 303-309.

Dosphehov B. A. Methods of field experience (with the fundamentals of statistical processing of the results of research) / B. A. Dosphehov - M. : Agropromizdat, 1985. - 351 p.