

## **РОЗРАХУНОК ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

***М. В. Семененко, кандидат технічних наук  
e-mail: mary-scorp@yandex.ua***

**Анотація.** В статті запропоновано розрахунковий метод визначення паливної економічності та екологічних показників транспортного процесу в залежності від різних факторів. Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів. Таким чином, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів визначається як сума викидів в залежності від різних експлуатаційних умов.

По перше, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховищі, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном. По друге, час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів. Наданий метод розрахунку дає можливість точніше, ніж звичайні методи, визначити витрати палива та викиди шкідливих речовин від автотранспортних засобів в особливих експлуатаційних умовах, що дасть змогу удосконалити прямі автомобільні перевезення та зробити їх менш витратними і більш ефективними.

**Ключові слова:** метод, паливна економічність, екологічні показники, зерно

**Постановка проблеми.** Українські аграрії в 2015 році намолотили близько 60 млн.тонн зерна. Під час прибиранні врожаю, транспортному процесу відводиться значне місце. У свою чергу

транспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря та завдає істотної шкоди здоров'ю людей, екосистемам, спорудам і будівлям. У всьому світі проводиться активна робота зі зниження кількості шкідливих викидів від автотранспорту. Актуальна ця проблема і для України.

**Мета досліджень** – розробка методики визначення викиду шкідливих речовин від автотранспорту під час зернозбиральних робіт та обґрунтувати можливість зменшення екологічного напруження та зниження витрати палива.

**Результати досліджень.** Ефективність прибирання врожаю значною мірою визначається рівнем його транспортного обслуговування, що характеризується великим обсягом перевезень в короткі терміни, і зокрема ефективною експлуатації автотранспортних засобів. Високий рівень сезонності, короткі строки збирання, незадовільний технічний стан більшості автотранспортних засобів створюють великі проблеми з транспортування зерна від комбайна на зерносховище. Для забезпечення ефективного управління транспортними процесами під час перевезення зерна, необхідно користуватися науковими основами оптимізації транспортних потоків, визначення резервів скорочення витрат в системі «поле – транспорт – зерносховище», які враховують динамічність циклічних процесів та вихідної інформації.

Незважаючи на значну кількість робіт з даної тематики, на даний момент є можливості щодо підвищення ефективності використання автотранспортних засобів, удосконалення організації, планування та управління процесом перевезення.

Зокрема, більшість робіт пропонують різні способи перевезення зерна, вважаючи прямі перевезення автомобільним транспортом застарілими і не перспективними. Але якщо удосконалити організацію збиральної кампанії, застосувати нові методи розрахунку витрати палива та викидів шкідливих речовин, то прямі автомобільні перевезення будуть менш витратними і більш ефективними. Під час збиральної кампанії задіяна велика кількість вантажного автотранспорту, значна частина якого не задовольняє вимогам екологічних норм Євро.

В процесі перевезення зерна з поля на зерносховище, автотранспортні засоби роблять великі пробіги і простої з працюючим двигуном на полі в очікуванні розвантаження комбайна і на зерносховище в очікуванні розвантаження зерна. В сукупності цих двох факторів, застарілих автотранспортних засобів і роботи у важких умовах, автотранспорт викидає велику кількість шкідливих речовин в атмосферу. Враховуючи вищесказане, необхідно враховувати специфіку перевезення зерна для визначення витрати палива та маси викидів забруднень автотранспортом.

Визначати масу викиду шкідливих речовин автотранспортом необхідно, з урахуванням особливостей перевезень зерна, які можна розкласти на дві складові:

- час, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховищі, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном;

- час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Таким чином, масу викидів шкідливих речовин, слід визначати окремо для кожної складової перевезення. Відомо, що рух автомобіля, характеризується постійною зміною режимів роботи двигуна, такими як: робота двигуна в режимі холостого ходу, примусового холостого ходу, розгону, гальмування і усталеного руху. Основну частину часу двигун працює в неусталених режимах, які характеризуються підвищеною витратою палива і значно вищими викидами шкідливих речовин. Основні показниками, які характеризують роботу автомобіля в експлуатації, є: паливна економічність і токсичність відпрацьованих газів. Як відомо, токсичність і витрата палива бензинового двигуна і дизеля значно відрізняється, тому є досить важливим питання впливу типу двигуна на паливну економічність та екологічні показники. Розглянемо визначення шкідливих викидів і витрати палива автомобілем з дизельним двигуном в процесі розгону.

Визначити час розгону  $\Delta t$ , а також середні значення параметрів, які визначають режим роботи дизеля можливо шляхом розв'язання системи диференціальних рівнянь, які описують розгін автомобіля в різних періодах. В якості параметрів, які описують роботу дизеля обрані частота обертання  $n_d$  і ефективний крутний момент  $M_k$ . Поліноміальні залежності другого степеня, які описують показники роботи дизеля (витрату повітря  $G_{пов}$  (кг/год), концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю  $CO$  (%), вуглеводневих сполук  $C_mH_n$  (млн<sup>-1</sup>), оксидів азоту  $NO_x$  (млн<sup>-1</sup>), димність  $N$  (%)), мають наступний вигляд:

$$G_{пов} = e_0 + e_1 \cdot n_d + e_2 \cdot M_k + e_{11} \cdot n_d^2 + e_{22} \cdot M_k^2 + e_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (1)$$

$$CO = f_0 + f_1 \cdot n_d + f_2 \cdot M_k + f_{11} \cdot n_d^2 + f_{22} \cdot M_k^2 + f_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (2)$$

$$C_mH_n = g_0 + g_1 \cdot n_d + g_2 \cdot M_k + g_{11} \cdot n_d^2 + g_{22} \cdot M_k^2 + g_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (3)$$

$$NO_x = h_0 + h_1 \cdot n_d + h_2 \cdot M_k + h_{11} \cdot n_d^2 + h_{22} \cdot M_k^2 + h_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (4)$$

$$N = i_0 + i_1 \cdot n_d + i_2 \cdot M_k + i_{11} \cdot n_d^2 + i_{22} \cdot M_k^2 + i_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (5)$$

де:  $e_0, e_1, e_2, e_{11}, e_{22}, e_{12}; f_0, f_1, f_2, f_{11}, f_{22}, f_{12}; g_0, g_1, g_2, g_{11}, g_{22}, g_{12}; h_0, h_1, h_2, h_{11}, h_{22}, h_{12}; i_0, i_1, i_2, i_{11}, i_{22}, i_{12}$  – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

В характерних точках по значенням димності відпрацьованих газів  $N$  можна розрахувати викиди твердих частинок  $C$  (в  $\text{г/м}^3$ ) за виразом, який наведений в роботі [1], і має вигляд:

$$C = 0,0001 \cdot N^2, \quad (6)$$

де:  $N$  – димність відпрацьованих газів, %.

З використанням значень циклової подачі палива і частоти обертання колінчастого вала дизеля можна визначити годинну витрату палива  $G_{\text{пал}}$  (кг/год) в даному режимі роботи двигуна:

$$G_{\text{пал}} = 30 \cdot i \cdot q_{\text{ц}} \cdot n_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{пал}} \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

де:  $i$  – кількість циліндрів дизеля;  $c$  – густина дизельного палива.

Масові викиди шкідливих речовин  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$  і  $\text{NO}_x$  за час  $\Delta t$  визначаються по залежностям, які мають вигляд:

$$\Delta G_{\text{CO}} = \text{CO} \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{CO}} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-2}, \quad (8)$$

$$\Delta G_{\text{C}_m\text{H}_n} = \text{C}_m\text{H}_n \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{C}_m\text{H}_n} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-6}, \quad (9)$$

$$\Delta G_{\text{NO}_x} = \text{NO}_x \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{NO}_x} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-6}, \quad (10)$$

де  $\rho_{\text{пов}}$  – густина повітря, яке надходить в дизель при  $t_0$  і  $\rho_0$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_{\text{CO}}$ ,  $\rho_{\text{C}_m\text{H}_n}$ ,  $\rho_{\text{NO}_x}$  – густини відповідних шкідливих речовин при  $t_0$  і  $\rho_0$ ,  $\text{г/м}^3$ .

Викиди твердих частинок  $C$  (в г) за час  $\Delta t$  визначаються аналогічно по залежності, яка має вигляд:

$$\Delta G_C = C \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Масова витрата палива  $\Delta G_{\text{пал}}$  за час  $\Delta t$  визначається по залежності, яка має вигляд:

$$\Delta G_{\text{пал}} = \frac{G_{\text{пал}}}{3,6} \cdot \Delta t. \quad (12)$$

Витрата повітря  $G_{\text{пов}}$  та викиди ШР, після вмикання підвищеної передачі, при розгоні дизеля в режимі активного холостого ходу, визначаються по швидкісній характеристиці активного холостого ходу і описуються поліноміальними залежностями:

$$G_{\text{пов.хх}} = l_0 + l_1 \cdot n_{\text{д}} + l_{11} \cdot 10^{-5} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (13)$$

$$\text{CO}_{\text{хх}} = k_0 + k_1 \cdot n_{\text{д}} + k_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (14)$$

$$\text{C}_m\text{H}_{n\text{хх}} = m_0 + m_1 \cdot n_{\text{д}} + m_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (15)$$

$$\text{NO}_{\text{ххх}} = n_0 + n_1 \cdot n_{\text{д}} + n_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (16)$$

$$N_{\text{хх}} = p_0 + p_1 \cdot n_{\text{д}} + p_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (17)$$

$$C_{\text{хх}} = q_0 + q_1 \cdot n_{\text{д}}^2 + q_{11} \cdot n_{\text{д}}^2 \quad (18)$$

де:  $l_0, l_1, l_{11}, k_0, k_1, k_{11}, m_0, m_1, m_{11}, n_0, n_1, n_{11}, p_0, p_1, p_{11}, q_0, q_1, q_{11}$  – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

При розгоні дизеля в режимі холостого ходу, після вмикання підвищеної передачі, масові викиди ШР і витрата палива на ділянці часу  $\Delta t$  визначаються за залежностями (8)–(12).

На кожній ділянці розгону часу  $\Delta t$  визначаються шлях і швидкість автомобіля. Питомі викиди і витрата палива (г/км і г/ткм) визначаються за сумою шляху автомобіля при розгоні і значенні загальних шкідливих викидів і витрати палива.

При частоті обертання колінчастого вала дизеля, яка визначається по залежності. Частота обертання колінчастого вала дизеля визначається за залежністю, яка має наступний вигляд:

$$n_D = \frac{30 \cdot v \cdot U_i \cdot U_p}{\pi \cdot r_K} \quad (19)$$

Викиди шкідливих речовин і витрати палива на ділянці часу  $\Delta t$  можна визначити по характеристиці ПХХ, визначеній в усталених режимах. Витрати палива і повітря, вміст шкідливих речовин у ВГ в режимі ПХХ можна описати поліноміальними залежностями другого степеня, які мають вигляд:

$$G_{\text{пал.пхх}} = s_0 + s_1 \cdot n_D + s_{11} \cdot n_D^2, \quad (20)$$

$$G_{\text{пов.пхх}} = t_0 + t_1 \cdot n_D + t_{11} \cdot n_D^2, \quad (21)$$

$$CO_{\text{пхх}} = u_0 + u_1 \cdot n_D + u_{11} \cdot n_D^2, \quad (22)$$

$$C_m H_{\text{п.пхх}} = v_0 + v_1 \cdot n_D + v_{11} \cdot n_D^2, \quad (23)$$

$$NO_{\text{х.пхх}} = w_0 + w_1 \cdot n_D + w_{11} \cdot n_D^2, \quad (24)$$

$$N_{\text{пхх}} = x_0 + x_1 \cdot n_D + x_{11} \cdot n_D^2. \quad (25)$$

де:  $s_0, s_1, s_{11}, t_0, t_1, t_{11}, u_0, u_1, u_{11}, v_0, v_1, v_{11}, w_0, w_1, w_{11}, x_0, x_1, x_{11}, y_0, y_1, y_{11}$  – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

### Висновки

Таким чином, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів визначається як сума викидів в залежності від різних експлуатаційних умов.

По перше, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховище, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном.

По друге, час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів [2]. Наданий метод розрахунку дає можливість точніше, ніж звісні методи, визначити витрати палива та викиди шкідливих речовин від

автотранспортних засобів в особливих експлуатаційних умовах, що дасть змогу удосконалити прямі автомобільні перевезення та зробити їх менш витратними і більш ефективними.

### Список літератури

1. Гутаревич Ю. Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов : дис. ... доктора техн. наук : 05.22.10, 05.04.02 / Гутаревич Юрій Федосійович. – К., 1985. – 538 с.
2. Міхно М. В. Зниження витрати палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Міхно Марина Василівна. – К., 1998. – 193 с.
3. Семененко М. В. Математична постановка оптимізаційної задачі моделювання виробничої системи з урахуванням екологічних чинників та наявності мережі автодоріг / М. В. Семененко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту / АДІ ДонНТУ. – 2008. – №6. – С. 27–31.
4. European Topic Centre on Air and Climate Change [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.adms-conf.org>.
5. US EPA: United States Environmental Protection Agency // Эл. ресурс. URL:<http://www.epa.gov>.

### References

1. Hutarevych, Yu. F. (1985). Snyzhenye vrednykh vybrosov y raskhoda toplyva dvyhatelyamy avtomobyley putem optymizatsyy ekspluatatsyonnykh faktorov [The reduction of harmful emissions and fuel consumption in car engines by optimizing operational factors] : dys. ... doktora tekhn. nauk : 05.22.10, 05.04.02. K., 538.
2. Mikhno, M. V. (1998). Znyzhennya vytraty palyva ta shkidlyvykh vykydiv rukhomym skladom avtomobil'noho transportu ratsional'nym vyboroy ekspluatatsiynykh faktoriv [Reducing fuel consumption and harmful emissions of the rolling stock of automobile transport rational vibro operational factors] : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.10. K., 193.
3. Semenenko, M. V. (2008). Matematychna postanovka optymizatsiynoyi zadachi modelyuvannya vyrobnychoyi systemy z urakhuvannyam ekolohichnykh chynnykiv ta nayavnosti merezhi avtodorih [The mathematical formulation of the optimization problem of modeling a production system based on environmental factors and availability of road network]. To Automobile-road Institute / ADI DonNTU, 6, 27–31.
4. European Topic Centre on Air and Climate Change [Elektronny resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.adms-conf.org>.
5. US EPA: United States Environmental Protection Agency // El. resurs. URL:<http://www.epa.gov>.

## РАСЧЕТ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЯ УБОРКИ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**М. В. Семененко**

**Аннотация.** В статье предложен расчетный метод определения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса в зависимости от

различных факторов. Установлена возможность улучшения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса во время уборки урожая зерновых культур и транспортировки зернохранилищ, за счет выбора оптимальных параметров эксплуатации автомобилей. Таким образом, масса выбросов отдельных компонентов выхлопных газов определяется как сумма выбросов в зависимости от различных эксплуатационных условий.

Во первых, когда автотранспорт находится на поле, дожидаясь пока разгрузится комбайн и передвижения по полю на малой скорости, к тому же сюда можно отнести пребывание автотранспорта на зернохранилище, ожидая взвешивания и в процессе взвешивания, а так же разгрузка кузова с включенным двигателем. Во-вторых, время, автотранспорт расходует на движение от поля до зернохранилища, настоящее время обусловлено большими пробегами автотранспорта и допустимо высокой скоростью.

Установлена возможность улучшения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса во время уборки урожая зерновых культур и транспортировки зернохранилищ, за счет выбора оптимальных параметров эксплуатации автомобилей. Предоставленный метод расчета дает возможность точнее, чем известные методы, определить расходы топлива и выбросы вредных веществ от автотранспортных средств в особых эксплуатационных условиях, что позволит усовершенствовать прямые автомобильные перевозки и сделать их менее затратными и более эффективными.

**Ключевые слова: метод, топливная экономичность, экологические показатели, зерно**

## **CALCULATION OF FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF TRANSPORT PROCESS DURING HARVESTING OF CROPS**

**M. V. Semenenko**

**Abstract.** *In paper the current method for determining fuel efficiency and environmental performance of the transport process, depending on various factors. The possibility to improve fuel efficiency and environmental performance of the transport process during the harvesting of crops and transportation of silos, due to the choice of optimal parameters of the operation. Thus, the mass emissions of individual exhaust gas components is determined as the sum of emissions depending on different operating conditions.*

*First, when the vehicle is on the field, waiting until discharged by the combine and move across the field at low speed, moreover this can*

be attributed to the presence of vehicles in the granary, waiting for the weighing and process weighing and unloading of the body with the engine running. Second, the time the vehicle spends on the movement from field to granary, now caused by the large runs of vehicles and permissible speeds.

The possibility to improve fuel efficiency and environmental performance of the transport process during the harvesting of crops and transportation of silos, due to the choice of optimal parameters of the operation. Provided the calculation method gives the possibility of more accurately than known methods, to determine the fuel consumption and emissions of harmful substances from motor vehicles in particular operating conditions that will improve direct road transport and make them less costly and more effective.

**Key words:** *method, fuel efficiency, environmental performance, grain*

УДК 631.147:632.937.3

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ**

**О. А. Марус, кандидат технічних наук  
Г. А. Голуб, доктор технічних наук  
e-mail: gagolub@mail.ru**

**Анотація.** В роботі наведена актуальність і важливість виробництва із тваринницьких відходів альтернативних видів біопалива. Виконаний патентний пошук дозволив провести аналіз існуючих конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для переробки рідких та твердих органічних відходів в біогаз та біодобриво. Проведені дослідження по аналізу горизонтальних циліндричних реакторів дозволили виділити два типи ферментерів: обертові реактори і реактори з обертовою мішалкою. Аналіз конструкційних особливостей горизонтальних реакторів дозволив визначити переваги та недоліки наведених ферментерів і виділити основні вимоги до їх конструкційних параметрів та режимів, а саме: завантаження біомаси, якісне видалення біомаси, підтримання заданих температурних режимів, рівень продуктивності та ефективне перемішування, що дозволило в залежності від конкретних об'ємів, умов і завдань зробити вибір оптимального типу реактора для виробництва біогазу та біодобрив. До основних недоліків обертових реакторів

© О. А. Марус, Г. А. Голуб, 2016