

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

В статті розглядається наукова задача аналітичного обґрунтування моделі енергетичної оцінки транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва. Результатом проведених досліджень є віднайдення залежностей, які гарантують раціональність енерговитрат транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва.

ВСТУП

Транспортно-технологічний процес перевезення зернової продукції рослинництва є багатоетапним і багатоопераційним. При об'єднанні транспортних операцій перевезення зернової продукції рослинництва, які перебувають у визначеній залежності одна від одної, створюються етапи транспортно-виробничого процесу, кожен з яких виконує свої завдання. Необхідно відзначити, що цей процес має циклічний характер, що послідовно йде один за одним. Ритмічність транспортно-виробничого процесу, в основному, залежить від узгодженості транспортних операцій, які відрізняються своєю тривалістю і неоднорідністю.

Тривалість циклу транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва за схемою «поле–елеватор» складається з тривалості базового і транспортного циклів з урахуванням часу поєднання елементарних або групових циклів. Під базовим циклом передбачається тривалість основної операції, виконуваної сільськогосподарською машиною. Транспортним циклом, відповідно, визначається тривалість перевізної і перевантажувальної операцій, виконуваних транспортним засобом [1].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Тривалість елементарного циклу транспортно-технологічного процесу, віднесеного до роботи однієї машини на кожній операції, визначається виразом [2]:

$$T_e = t_{\text{баз}} + t_{\text{трансп}} - t_{\text{сум}}, \quad (1)$$

де T_e – тривалість елементарного циклу транспортно-технологічного процесу, віднесеного до роботи однієї машини на кожній операції, годин; $t_{\text{баз}}$ – тривалість базового циклу, годин; $t_{\text{трансп}}$ – тривалість транспортного циклу, годин; $t_{\text{сум}}$ – тривалість суміщення елементарних циклів, годин.

При роботі декількох машин на кожній операції тривалість циклу транспортно-технологічного процесу визначають групові цикли [3]:

$$T_{e_гр} = t_{\text{баз_гр}} + t_{\text{трансп_гр}} - t_{\text{сум_гр}}, \quad (2)$$

де $T_{e_гр}$ – тривалість групового циклу транспортно-технологічного процесу, віднесеного до роботи груп машини на кожній операції, годин; $t_{\text{баз_гр}}$ – тривалість базового групового циклу, годин; $t_{\text{трансп_гр}}$ – тривалість транспортного групового циклу, годин; $t_{\text{сум_гр}}$ – тривалість суміщення групових циклів, годин.

Транспортно-технологічний процес перевезення збіжжя продукції рослинництва буде функціонувати при інших рівних умовах з найменшими енерговитратами в разі найбільшого зменшення тривалості процесу за рахунок максимального поєднання базового і транспортного циклів.

Таким чином,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{nij} \rightarrow \min,$$

де $W_{пij}$ – повні питомі енергозатрати i -го транспортного засобу на j -й транспортній операції рослинництва, МДж/т.

За умови, що

$$T_{e_гр} = \sum_{k=1}^K t_{баз_гр} + \sum_{i=1}^n t_{трансп_гр} - t_{сум_гр} \rightarrow \min, \leftrightarrow t_{сум_гр} \rightarrow \max, \quad (3)$$

де K – чисельність базових машин, одиниць.

Визначимо повні і складові енерговитрати транспортного засобу, що обслуговує збиральні агрегати при різних схемах організації транспортно-технологічного процесу і намітимо шляхи оптимізації транспортних послуг.

Прямі питомі енерговитрати для транспортного засобу визначаються [4]:

$$W_{п} = \frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot l_b \cdot \rho \cdot H_b}{100 \cdot Q} \quad (4)$$

де G – лінійна норма витрати палива транспортного засобу на 100 км пробігу, л; α_m – теплоємність палива, МДж/кг; f_m – коефіцієнт, який враховує додаткові затрати енергії на виробництво палива, МДж/кг; H_b – урожайність зернової продукції рослинництва, ц/га; l_b – відстань їздки транспортного засобу в завантаженому стані, км; ρ – густина палива, кг/л; Q – маса вантажу, що перевозиться транспортним засобом, т.

При розрахунку прямих питомих енерговитрат враховуємо, що за визначений час перебування в наряді кожний транспортний засіб може виконати тільки ціле число їздок Z_e [5]:

$$Z_e = \frac{t_n}{t_{трансп}} \quad (5)$$

де t_n – тривалість перебування в наряді, годин.

Тоді маса вантажу, що перевозиться транспортним засобом за тривалість перебування в наряді буде,

$$Q = Z_e \cdot q \cdot \gamma, \quad (6)$$

де q – вантажопідйомність транспортного засобу, т; γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Враховуючи аналітичні вирази (4), (5) і (6), залежність прямих питомих енерговитрат від тривалості транспортного циклу матиме вигляд:

$$W_{п} = \frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_b \cdot \rho \cdot H_b \cdot t_{трансп}}{100 \cdot q \cdot \gamma \cdot t_n} \quad (7)$$

Продуктивність рухомого складу визначаємо за виразом:

$$\Pi = \frac{q \cdot \gamma}{t_{трансп}} \quad (8)$$

Тоді питомі енерговитрати живої праці можна виразити таким чином:

$$W_{п} = \frac{n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot H_b \cdot t_{трансп}}{q \cdot \gamma} \quad (9)$$

де n_{kij} – кількість водіїв i -го транспортного засобу на j -й транспортній операції рослинництва, чол.; $a_{ж}$ – енергетичний еквівалент живої праці, МДж/(люд. годин).

Питомі енергетичні витрати транспортного засобу при обслуговуванні базових машин в залежності від часу транспортного циклу визначаються виразом

$$W_{птр} = \frac{W_{тр} \cdot l}{Q} = \frac{W_{тр} \cdot Z_e \cdot l}{q \cdot \gamma \cdot Z_e} = \frac{W_{тр} \cdot Z_e \cdot l \cdot H_b \cdot t_{трансп}}{q \cdot \gamma \cdot t_n} \quad (10)$$

де $W_{\text{тр}}$ – енергоємність транспортного засобу, МДж/км; l – відстань їздки, км.

Враховуючи вирази (8), (9) і (10), після перетворення отримаємо вираз повних енерговитрат транспортного засобу при обслуговуванні базових машин функції техніко-експлуатаційних показників і часу транспортного циклу:

$$W_0 = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_B \cdot \rho}{100} + n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot t_H + 2 \cdot W_{\text{тр}} \cdot Z_e \cdot l_B \right) \cdot \frac{H_B \cdot t_{\text{трансп}}}{q \cdot \gamma \cdot t_H}. \quad (11)$$

Вираз (11) є загальним для визначення повних енерговитрат транспортного засобу при обслуговуванні базових машин для різних видів транспортно-технологічних процесів при збиранні зернової продукції рослинництва.

На підставі запропонованої [6] класифікації транспортно-технологічних процесів і отриманих аналітичних виразів тривалості циклів можемо визначити енергетичні витрати транспортних засобів при обслуговуванні збиральних агрегатів, встановити умови оптимізації транспортно-технологічних процесів при різних варіантах і схеми їх організації [7].

1. Повні питомі енерговитрати транспортного засобу при однопозиційному однопотоковому транспортно-технологічному процесі, з одноразовим розвантаженням бункера комбайна в транспортний засіб з урахуванням тривалості транспортного циклу, складає

$$W_0 = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_B \cdot \rho}{100} + n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot t_H + W_{\text{тр}} \cdot Z_e \cdot l \right) \cdot H_B \cdot \frac{\frac{q_6 \cdot \gamma_6 + \frac{l_B}{\beta \cdot V_{\text{тр}}} + t_p}{\Pi_6}}{q \cdot \gamma \cdot t_H} \rightarrow \min, \quad (12)$$

за умови раціональності процесу:

$$\begin{cases} t_{\text{баз_гр}} - t_{\text{трансп_гр}} \rightarrow \min; \\ t_{\text{баз}} - t_{\text{трансп}} \rightarrow \min; \\ q_6 \cdot \gamma_6 - q \cdot \gamma \rightarrow \min. \end{cases}$$

де Π_6 – продуктивність вивантажувального транспортера бункера, т/годин; t_p – тривалість розвантаження транспортного засобу, годин; $q_6 \cdot \gamma_6$ – фактична вантажопідйомність бункера зернозбирального комбайна, т; β – безрозмірний коефіцієнт; $V_{\text{тр}}$ – швидкості руху транспортного засобу, км/годин.

2. При однопозиційному однопотоковому транспортно-технологічному процесі, з багаторазовим вивантаженням бункера комбайна в транспортний засіб з урахуванням тривалості транспортного циклу, повна питома енерговитрата транспортного засобу визначається за таким виразом:

$$W_0 = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_B \cdot \rho}{100} + n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot t_H + W_{\text{тр}} \cdot Z_e \cdot l \right) \cdot H_B \cdot \frac{\frac{N_{\text{цб}} \cdot q_6 \cdot \gamma_6 + (N_{\text{цб}} - 1) \cdot t_{\text{пер}} + \frac{l_B}{\beta \cdot V_{\text{тр}}} + t_p}{\Pi_6}}{q \cdot \gamma \cdot t_H} \rightarrow \min, \quad (13)$$

за умови раціональності процесу

$$\begin{cases} N_{\text{цб}} \cdot t_{\text{баз_гр}} - (N_{\text{цб}} - 1) \cdot t_{\text{пер}} \rightarrow \min; \\ t_{\text{баз}} - t_{\text{трансп}} \rightarrow \min; \\ q \cdot \gamma - q_6 \cdot \gamma_6 \rightarrow \max. \end{cases}$$

де $N_{\text{цб}}$ – кількість базових циклів; $t_{\text{пер}}$ – вивантаженням бункера комбайна в транспортний засіб, годин.

3. Повні питомі енергетичні витрати транспортного засобу при багатопозиційному однопотоковому транспортно-технологічному процесі, з одноразовим вивантаженням бункера комбайна в кожен транспортний засіб приймають мінімальні значення за виразом

$$W_0 = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_B \cdot \rho}{100} + n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot t_H + W_{\text{тр}} \cdot Z_e \cdot l \right) \cdot H_B \cdot \frac{\frac{K \cdot q_6 \cdot \gamma_6 + (K - 1) \cdot t_{\text{пер}} + \frac{l_B}{\beta \cdot V_{\text{тр}}} + t_p}{\Pi_6}}{q \cdot \gamma \cdot t_H} \rightarrow \min, \quad (14)$$

за умови раціональності процесу

$$\begin{cases} t_{\text{трансп}} - t_{\text{баз}} \rightarrow \max; \\ q_6 \cdot \gamma_6 - q \cdot \gamma \rightarrow \min. \end{cases}$$

4. При багатопозиційному багатопотоковому транспортному циклі, з одноразовим вивантаженням бункера комбайна в кожен транспортний засіб, повні питомі енерговитрати транспортних засобів є мінімальними:

$$W_0 = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G \cdot Z_e \cdot l_B \cdot \rho}{100} + n_{kij} \cdot a_{ж} \cdot t_H + W_{\text{тр}} \cdot Z_e \cdot l \right) \cdot H_B \cdot \frac{\frac{K \cdot q_6 \cdot \gamma_6 + K \cdot t_{\text{пер}} - t_{\text{пер}} + \frac{l_B}{\beta \cdot V_{\text{тр}}} + t_p}{\Pi_6}}{q \cdot \gamma \cdot t_H} \rightarrow \min, \quad (15)$$

за умови раціональності процесу

$$\begin{cases} t_{\text{трансп}} - t_{\text{баз}} \rightarrow \max; \\ q \cdot \gamma - q_6 \cdot \gamma_6 \rightarrow \max. \end{cases}$$

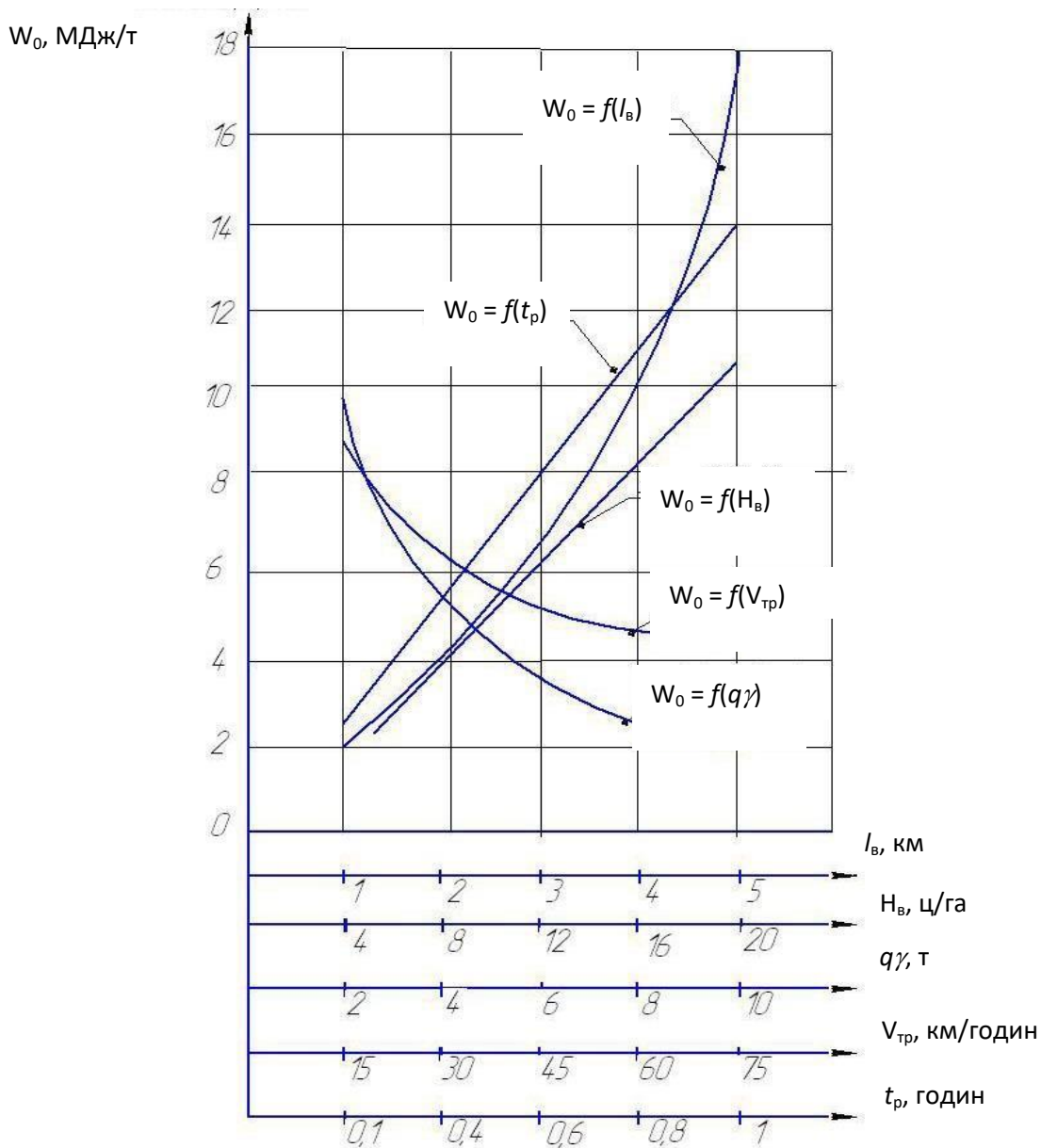


Рисунок 1 – Залежність повних енерговитрат автомобіля КамАЗ-45143 при перевезенні зернової продукції рослинництва

На підставі розрахунків, виконаних за виразами (12)–(15), графічно (рис. 1) представлені результати і залежності повних енерговитрат автомобіля КамАЗ-45143 при збиранні і перевезенні зернової продукції рослинництва від відстані завантаженої їздки (l_B), урожайності зернової продукції рослинництва (H_B), фактичної вантажопідйомності ($q \cdot \gamma$), швидкості руху транспортного засобу (V_{TP}) і тривалістю розвантаження транспортного засобу (t_p).

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведене дослідження дало можливість винайти аналітичні залежності, які обґрунтовано показують, що:

- зі збільшенням відстані завантаженої їздки повні питомі енерговитрати зростають за експонентною залежністю;
- із зростанням врожайності зернової продукції рослинництва повні питомі енерговитрати зростають за лінійною залежністю;
- між значеннями повних питомих енерговитрат і фактичною вантажопідйомністю транспортного засобу існує обернено пропорційна залежність;
- при інших рівних умовах з підвищенням швидкості руху транспортного засобу повні питомі енерговитрати зменшуються;
- значення повних питомих енергетичних витрат прямо пропорційні часу розвантаження транспортного засобу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління : кн. 1 / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук]. – Київ : Знання, 2005. – 344 с.
2. Сидорчук О. В. Інженерія машинних систем : монографія / О. В. Сидорчук. – Київ : ННЦ «ІМЕСТ» УААН, 2007. – 263 с.
3. Войтюк В. Д. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки : монографія / В. Д. Войтюк, В. І. Рубльов, І. Л. Роговський. – Київ : НУБіП України, 2016. – 360 с.
4. Role, Usage and Motivation for Contracting in Agriculture [Електронний ресурс] // Pavel Vavra / OECD, France. – 36 p. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/43057136.pdf>.
5. Rogovskii Ivan. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment / Ivan Rogovskii // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2016. – Вип. 254. – С. 424–431.
6. Олексій Воронков. Класифікаційні ознаки транспортних засобів в транспортно-технологічних процесах сільськогосподарського виробництва / Олексій Воронков, Іван Роговський // Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання : тези доповідей II Всеукраїнської науково-теоретичної конференції, (16–18 березня 2017 року) / НУ «Львівська політехніка. – Львів, 2017. – С. 17–19.
7. Воронков О. А. Аналіз ролі автомобільного транспорту в транспортно-технологічному забезпеченні АПК / О. А. Воронков, І. Л. Роговський // Сучасні технології аграрного виробництва : збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції (9–10 листопада 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2016. – С. 215–216.

REFERENCES

1. Systemlogy on transport. Bases of theory of systems and management : book 1 / [E. V. Gavrilo, M. F. Dmitrichenko, V. K. Sudba, A. T. Lanovoy, I. E. Linnik, V. P. Polishchuk]. – Kyiv: Znanya, 2005. – 344 p.
2. Sidorchuk O. V. Engineering of machine systems : monograph / O. V. Sidorchuk. – Kyiv: NSC "IMEA" UAAN, 2007. – 263 p.
3. Voytyuk V. D. System principles of ensuring quality of technical service of agricultural machinery: monograph / V. D. Voytyuk, V. I. Rublyov, I. L. Rogovskii. – Kyiv: NULES of Ukraine, 2016. – 360 p.
4. Role, Usage and Motivation for Contracting in Agriculture // Pavel Vavra / OECD, France. – 36 p. <http://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/43057136.pdf>.
5. Rogovskii Ivan. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment / Ivan Rogovskii // Scientific Bulletin of National University of Life and

Environmental Science of Ukraine. Series: Equipment and Energy of Agrarian and Industrial Complex. – Kyiv, 2016. – Issue 254. – P. 424–431.

6. Oleksiy Voronkov. Classification signs of vehicles in transport and technological processes of agricultural production / Oleksiy Voronkov, Ivan Rogovskii // Theses of reports of II All-Ukrainian Scientific-Theoretical Conference "Problems with Transport Streams and Directions of Their Decision" (March 16-18, 2017) / NU "Lviv polytechnika". – Lviv, 2017. – P. 17–19.

7. Voronkov O. A. Analysis of role of autotransport in transport technological support of agrarian and industrial complex / O. A. Voronkov, I. L. Rogovskii // Collection of theses of reports II International Scientific and Practical Conference "Modern Technologies of Agrarian Production" (November 9-10, 2016) / National University of Life and Environmental Science of Ukraine. – Kyiv, 2016. – P. 215–216.

О. А. Воронков¹, І. Л. Роговський¹

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

В статті розглядається наукова задача аналітичного обґрунтування моделі енергетичної оцінки транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва.

Об'єкт дослідження – транспортні засоби перевезення зернової продукції рослинництва.

Мета роботи – розробка аналітичного підходу до визначення енергетичної оцінки транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва.

Результатом проведених досліджень є обґрунтування залежностей, які гарантують раціональність енерговитрат транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції рослинництва.

Ключові слова: енерговитрати, транспортування, зернова продукція.

Воронков Олексій Андрійович, аспірант кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: actualer@gmail.com

Роговський Іван Леонідович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник декана з наукової роботи механіко-технологічного факультету, Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: rogovskii@yandex.ua

O. Voronkov¹, I. Rogovsky¹

ANALYTICAL MODEL OF ENERGY ASSESSMENT OF TRANSPORT- TECHNOLOGICAL PROCESS OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTION

¹ National University of Life and Environmental Science of Ukraine

In article the scientific problem of analytical justification of model of energy assessment of transport and technological process of transportation of grain production of crop production is considered.

A research object is – vehicles of transportation of grain production of crop production.

A purpose of work – development of analytical approach to definition of energy assessment of transport and technological process of transportation of grain production of crop production.

Justification of dependences which guarantee rationality of energy consumption of transport and technological process of transportation of grain production of crop production is result of the conducted researches.

Key words: energy assessment, transporting, grain production.

Voronkov Olexiy, post graduate student of department of technical service and engineering management after M. P. Momotenko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, e-mail: actualer@gmail.com

Rogovsky Ivan, Ph. D., senior research associate, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, deputy dean for scientific work of mechanical and technological faculty, e-mail: rogovskii@yandex.ua

А. А. Воронков¹, И. Л. Роговский¹

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

В статье рассматривается научная задача аналитического обоснования модели энергетической оценки транспортно-технологического процесса перевозки зерновой продукции растениеводства.

Объект исследования – транспортные средства перевозки зерновой продукции растениеводства.

Цель работы – разработка аналитического подхода к определению энергетической оценки транспортно-технологического процесса перевозки зерновой продукции растениеводства.

Результатом проведенных исследований является обоснование зависимостей, которые гарантируют рациональность энергозатрат транспортно-технологического процесса перевозки зерновой продукции растениеводства.

Ключевые слова: энергозатраты, транспортировка, зерновая продукция.

Воронков Алексей Андреевич, аспирант кафедры технического сервиса и инженерного менеджмента имени Н. П. Момотенко, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, e-mail: actualer@gmail.com

Роговский Иван Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель декана по научной работе механико-технологического факультета, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, e-mail: rogovskii@yandex.ua