

УДК 631.3 : 519.233.5

НЕПОЧАТЕНКО А.В., здобувач

НЕПОЧАТЕНКО В.А., д-р фіз.-мат. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

vnepochatenko@gmail.com

### ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ ВИТРАТ ПІД ЧАС ЗБОРУ ВРОЖАЮ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

У статті проведено регресійний аналіз залежності пропускної здатності, питомої витрати палива, ціни від потужності двигуна зернозбирального комбайну і визначена оптимальна потужність, яка відповідає мінімальним затратам під час збирання врожаю зернових для узагальнених комбайнів виробництва країн СНД і ЄС та США. Встановлено, що ціна збору однієї тонни зерна за номінального сезонного навантаження в 1,7 раза менша для комбайнів виробництва країн СНД. Використання зернозбиральних комбайнів виробництва ЄС та США доцільне у разі значних сезонних навантажень.

**Ключові слова:** машинно-тракторний парк, потужність двигуна зернозбирального комбайну, витрати на збір однієї тонни зерна.

**Постановка проблеми.** В Україні на ринку сільськогосподарської техніки широко представлені різноманітні моделі іноземних та вітчизняних виробників сучасної агротехніки. Постає питання: яка нова сільськогосподарська техніка має найбільшу економічну ефективність у наших умовах господарювання? В зв'язку з цим, в роботі на прикладі зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД і ЄС та США зроблено економіко-математичне моделювання залежності вартості збирання тонни зерна від потужності двигуна.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Питання, пов'язані з технічним забезпеченням сільськогосподарських товаровиробників у сучасних умовах господарювання, знаходять своє відображення в наукових працях таких відомих вітчизняних та зарубіжних вчених: Я.К. Білоусько, В.Г. Більський, А.В. Блоха, Д. Г. Войтюк, В.І. Кравчук, С. Ломакін, Г.М. Підлісецький, П.Т. Саблук, В.П. Ситник, В.Л. Товстопят, В.С. Шебанін та інші. Проте питання, які зернозбиральні комбайни є найбільш ефективними в умовах України, залишається дискусійним і потребує подальшого дослідження.

**Мета дослідження** – визначення залежності витрат під час збору врожаю від потужності двигунів зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД і ЄС та США.

**Матеріал і методика досліджень.** У роботі використані результати тестувань зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД і ЄС та США, а також наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених в галузі технічного забезпечення сільського господарства. Методи дослідження – аналітичний, регресійний, абстрактно-логічний. Параметри криволінійних регресій визначались за методом найменших квадратів, перетворюючи їх в лінійні рівняння (логарифмуванням рівняння регресії і відповідною заміною змінних) [1, 2]. Параметр  $K_1$  кривої Гомперца визначався чисельним методом, який відповідав мінімуму суми квадратів відхилень статистичних значень від відповідних регресійних.

**Результати досліджень та їх обговорення.** В ході проведених досліджень прями витрати на збирання зерна ( $B_0$ ) визначалися за формулою:

$$B_0 = B_n + B_e + B_p + B_3, \quad (1)$$

де  $B_n$  – витрати пального комбайном під час збирання зерна;  $B_e$  – відрахування на відновлення техніки;

$B_p$  – витрати на поточний та капітальний ремонт;  $B_3$  – витрати на заробітну плату механізаторам.

Витрати на пальне визначаємо наступним чином:

$$B_n = Q_3 \cdot K_n \cdot C_p, \quad (2)$$

де  $Q_3$  – загальний намотот зерна комбайном за період жнив у тоннах;  $K_n$  – витрата палива на тонну зібраного зерна;  $C_p$  – середня ціна пального з урахуванням ПДВ.

Витрати на відновлення техніки ( $B_B$ ), поточний ( $B_{pn}$ ) і капітальний ( $B_{pk}$ ) ремонт пропорційні ціні зернозбирального комбайну ( $C_K$ ) [3]:

$$B_B = 0,15 \cdot C_K, \quad B_p = B_{pn} + B_{pk} = 0,065 \cdot C_K + 0,035 \cdot C_K. \quad (3)$$

Витрати на заробітну плату ( $B_3$ ) пропорційні кількості відпрацьованих механізатором годин за період жнив [3]:

$$B_3 = Z_n \cdot t_{p3}, \quad (4)$$

де  $Z_n$  – величина оплати однієї години роботи механізатора під час жнив;  
 $t_{p3}$  – річне завантаження комбайну.

Вартість однієї тонни під час збирання зерна дорівнює відношенню загальних витрат ( $B_0$ ) до загальної маси зерна, зібраної комбайном за період жнив:

$$P_6 = B_0 / Q_3. \quad (5)$$

Маса зібраного за період жнив комбайном зерна ( $Q_3$ ) пропорційна продуктивності ( $\Pi_k$ ) і річному навантаженню ( $t_{p3}$ ) комбайна:

$$Q_3 = \Pi_k \cdot t_{p3}. \quad (6)$$

Номінальна продуктивність комбайна ( $\Pi_k$ ) пропорційна його пропускній здатності ( $\Pi_3$ ), яка зумовлена технічними параметрами комбайну. Коефіцієнт пропорційності ( $K_n$ ) залежить від вологості, співвідношення мас зерна і соломи, врожайності, засміченості посівів. Згідно з [4], стандартні умови збирання зерна в Україні та країнах СНД характеризуються наступними показниками: вологість 14-16%, співвідношення мас зерна і соломи 1:1,5, коефіцієнту солонистості 0,6, маси 1000 зерен 40 г, врожайність 40 ц/га, засміченість посіву не більше 5%, втрати зерна 1,1%, для яких  $K_n = 1,44$ , тому номінальна продуктивність визначалась за формулою:

$$\Pi_k = K_n \cdot \Pi_3 = 1,44 \cdot \Pi_3. \quad (7)$$

Згідно із технічними параметрами зернозбиральних комбайнів [4-9] виробництва країн СНД (Славутич КЗСР-9м, КЗС-9м, Скіф-230, СК-5, СК-6; СК-10Н, Дон-1200, 1500, 2600; Вектор, Асрос-530), КЗС-7, КЗС-8, КЗС-10, GS07, GS14, GS16), Енисей-950, 960, 1200, Лида-1300, 1600) нами встановлено, що залежність відношення потужності двигуна до пропускної здатності від потужності цих комбайнів добре апроксимується криволінійною регресією Гомперца, а пропускна здатність ( $\Pi_3$ ), з урахуванням (7), відношенням потужності ( $N$ ) до кривої Гомперца (рис.1):

$$\Pi_3(N) = \frac{N}{K_1} \cdot e^{b \cdot e^{a \cdot N}}, \quad (8)$$

де  $K_1 \cdot e^{-b \cdot e^{a \cdot N}}$  – крива Гомперца;

$$K_1 = 33,5; a = -2,616 \cdot 10^{-3}; b = 0,396.$$

З аналізу технічних параметрів цих комбайнів нами встановлено, що кількість палива (кг), необхідного для збирання однієї тонни зерна, зростає зі збільшенням потужності двигуна для всіх марок комбайнів (рис. 2). Статистичні результати апроксимуються степеневою регресією:

$$K_n(N) = a1 \cdot N^{b1}, \quad (9)$$

де  $a1 = 0,092$ ;  $b1 = 0,682$ .

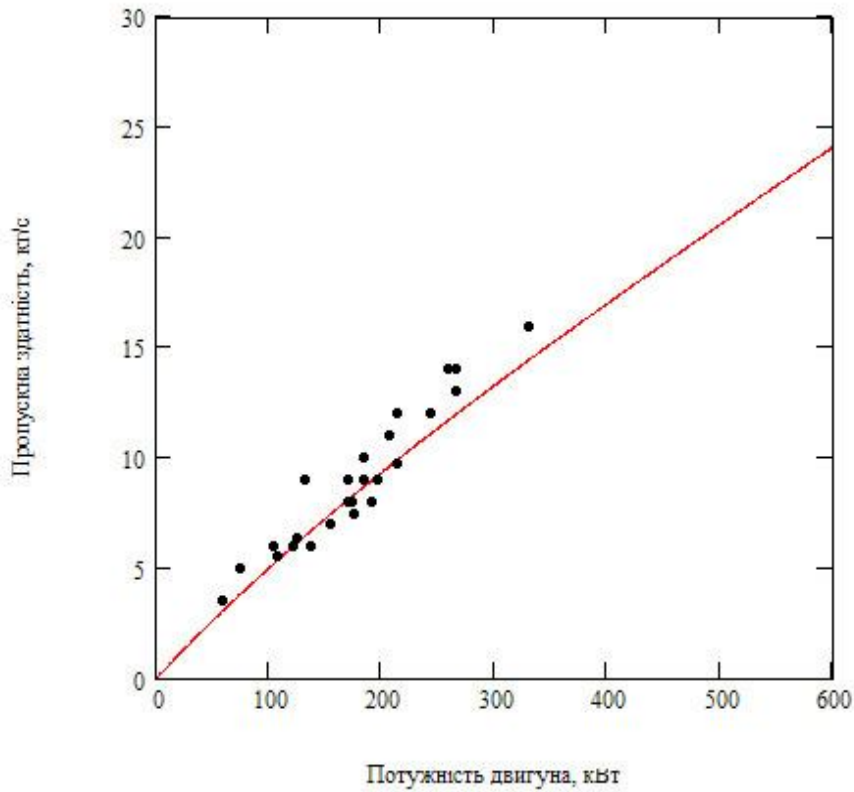


Рис. 1. Залежність пропускної здатності від потужності двигуна для зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД.

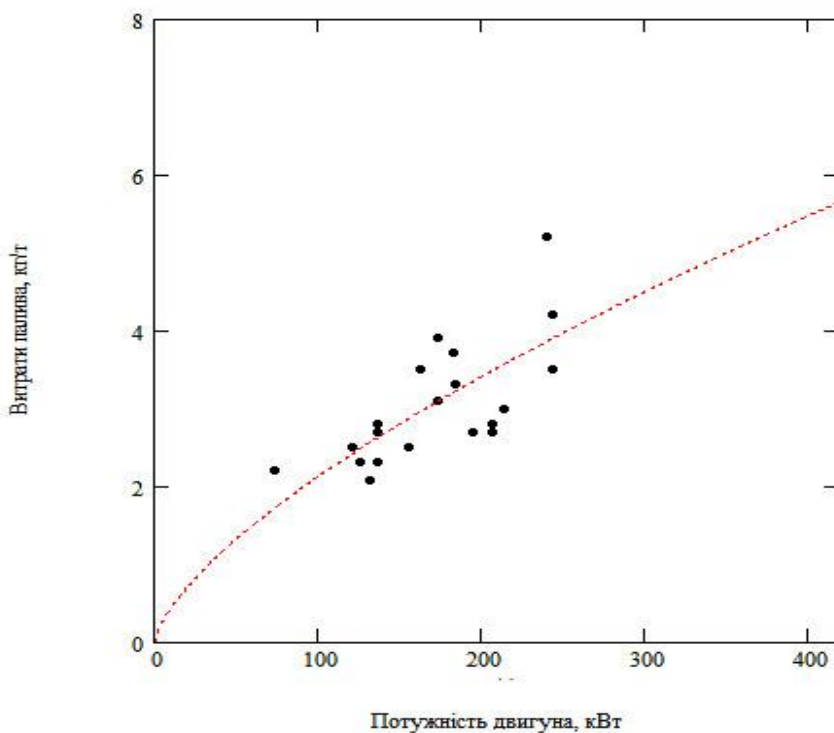


Рис. 2. Залежність витрати палива від потужності двигуна для зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД.

Ціна зернозбирального комбайну суттєво збільшується з ростом потужності двигуна [10-11]. Нами встановлено, що розподіл цін зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД залежно від величини потужності двигуна ( $C_k(N)$ ) добре апроксимується степеневою регресією (рис.3):

$$C_k(N) = b_2 \cdot N^{b_3}, \quad (10)$$

де  $b_2 = 2457,2$ ;  $b_3 = 0,771$ .

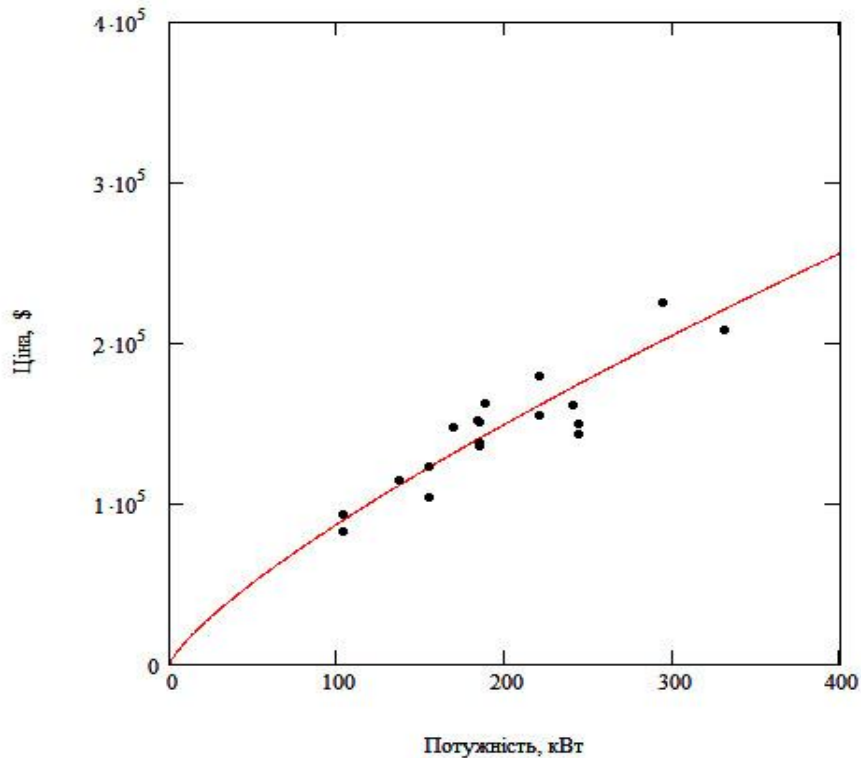


Рис. 3. Залежність ціни зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД від потужності двигуна.

Враховуючи ціну дизельного пального (7200 грн/т), оплату роботи механізаторів (20 грн/ч), номінальне річне навантаження (170 год) і курс долара НБУ (7,99), з (5) і криволінійних регресій (8)-(10) нами отримано, що вартість збору однієї тонни зерна врожаю мінімальна за потужності двигуна  $\sim 175$  кВт (рис. 4). Це означає, що потужності комбайнів "Дон-1500", "Славутич", "Скіф" є близькими до оптимального значення. Для потужностей більше 175 кВт вартість збору 1т зерна поступово збільшується, тому що вираш за рахунок збільшення пропускної здатності перебивається збільшенням витрат на паливно-мастильні матеріали, поточний і капітальний ремонт та амортизаційними витратами на відтворення техніки.

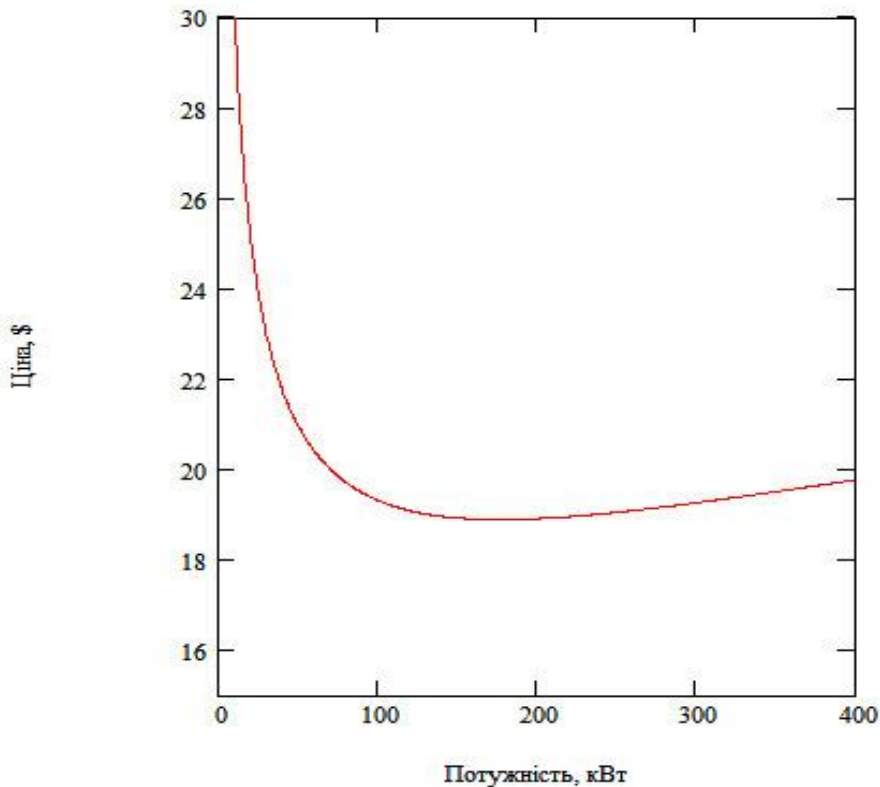


Рис. 4. Залежність ціни збирання однієї тонни зерна від потужності двигуна для зернозбиральних комбайнів виробництва країн СНД.

З аналогічних досліджень визначення залежності вартості збору однієї тонни зерна від потужності двигуна зернозбиральних комбайнів виробництва фірм Claas Lexion, Case IH-New Holland, John Deere, Sampo Rosenlew нами встановлено, що вартість збору однієї тонни зерна для цих комбайнів мінімальна за потужності двигуна  $\sim 140$  кВт (рис. 5). Причому, вартість збору однієї тонни зерна за номінального сезонного навантаження 170 год і потужності двигуна 150 кВт, зібраного узагальненим комбайном виробництва країн СНД, в 1,73 раза менша порівняно з узагальненим комбайном виробництва країн ЄС і США. Отримані результати добре узгоджуються з висновками [12] (витрати на збирання однієї тонни зерна комбайнами John Deere-9500, Massey Ferguson, Claas Dominator порівняно з комбайнами КЗС-9-1 і КЗС-1580 більше відповідно у 2,43, 2,27, 2,2 разів). За збільшення сезонного навантаження на зернозбиральний комбайн витрати на збирання врожаю суттєво зменшуються як для комбайнів виробництва країн СНД, так і ЄС та США, причому у останніх сильніше (рис. 6).

**Висновки.** Таким чином, відповідно до розвитку АПК України, більш рентабельними у використанні є комбайни виробництва країн СНД середньої потужності: "Скіф", "Славутич", "Дон-1500", "Палесе". Використання зернозбиральних комбайнів виробництва країн ЄС і США є рентабельним лише за умови їх максимального завантаження упродовж всього періоду жнив у великих за розміром площ зернових сільськогосподарських підприємств, а також машинно-тракторними станціями.

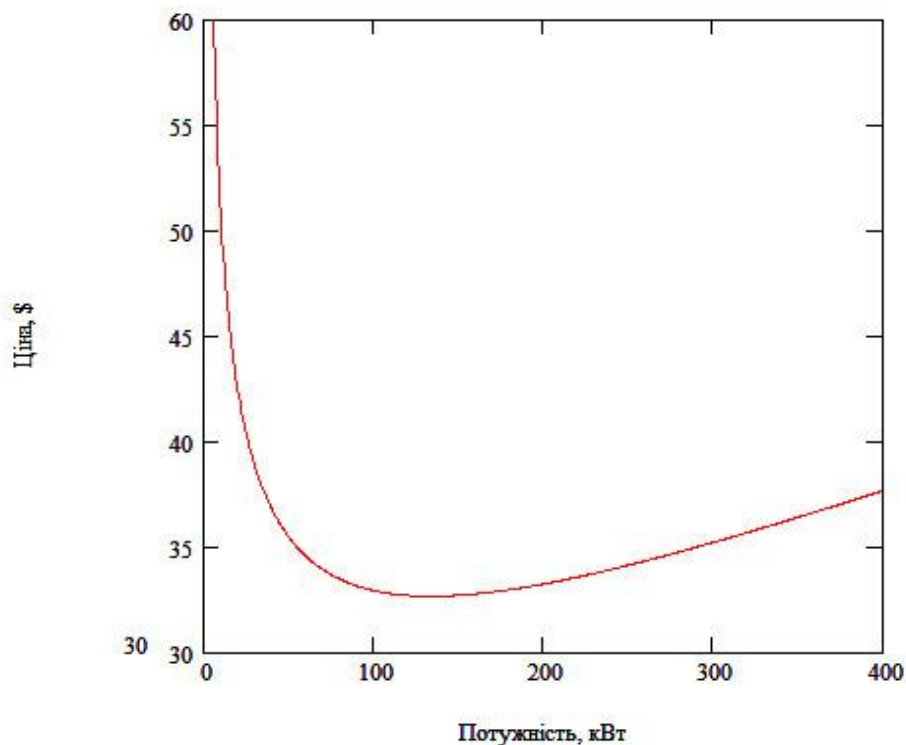


Рис. 5. Залежність ціни однієї тонни зерна від потужності двигуна для зернозбиральних комбайнів виробництва країн ЄС і США.

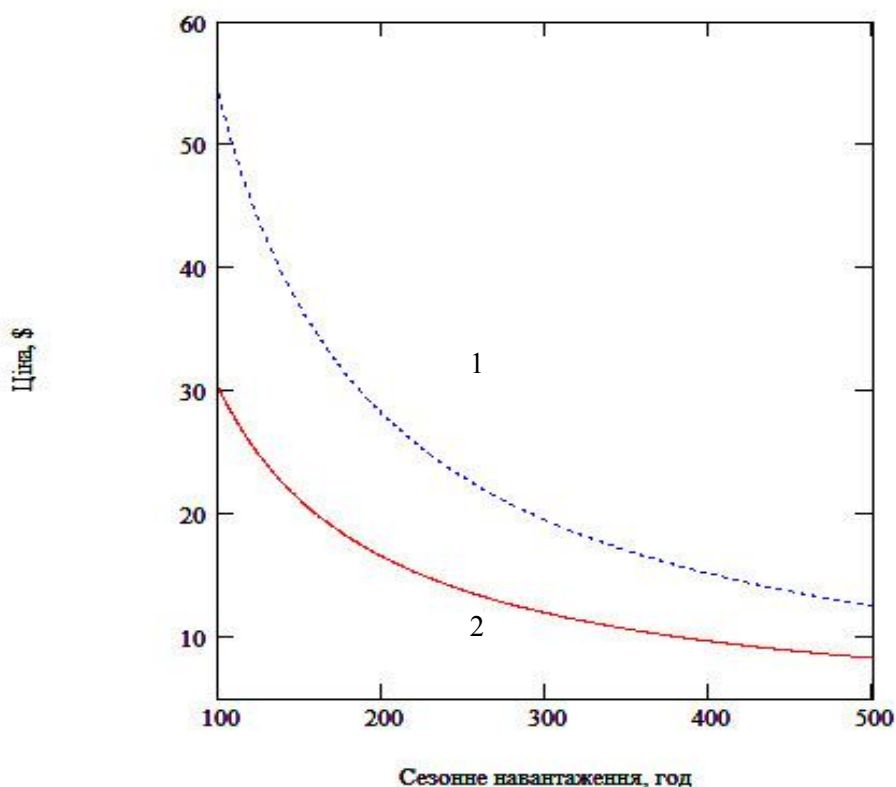


Рис. 6. Залежність ціни однієї тонни зерна від сезонної навантаженості узагальненого комбайна потужністю 150 кВт виробництва країн ЄС і США (1) та СНД (2).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Драйпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Драйпер, Т. Смит. – М.: Диалектика, 2007. – 912 с.
2. Наконечний С.І. Економетрія: підручник. / С.І. Наконечний, Т.О. Терещенко, Т.П. Романюк – Вид. 2-ге, допов. та перероб. – К.: КНЕУ, 2000. – 296 с.
3. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / М.Г. Бондаренко, В.А. Демещук. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
4. Машини для збирання зернових та технічних культур. Посібник / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – К.: Дослідницьке УкрНДПВТ, 2009. – 296 с.
5. Ломакин С. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей / С. Ломакин // Аграрное обозрение. – 2010. – №3(19). – С. 8–20.
6. Русанов А.И. Зерноуборочные комбайны и их пропускная способность / А.И. Русанов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – №11. – С. 28–31.
7. Основні агротехнічні показники комбайна зернозбирального самохідного КЗС-12 «Скиф-330» / [О. Митрофанов, І. Легкодух, М. Костюхін та ін. ] // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 5. – С. 24–26.
8. Технические характеристики зерноуборочных комбайнов – Режим доступа до електронного ресурсу: [www.nazarovoagrosnab.ru/catalogue/technics/rostselmash/55/1/http://zajtsev2004.narod.ru/xarakt.html](http://www.nazarovoagrosnab.ru/catalogue/technics/rostselmash/55/1/http://zajtsev2004.narod.ru/xarakt.html)
9. Аналіз ринку зернозбиральних комбайнів України / Д. Войтюк, О. Надточій, В. Войтюк [та ін.] // Пропозиція. – 2010. – № 12. – С. 104–110.
10. А. Елисеев. Обзор сельскохозяйственной техники на выставке «АгроТек Россия-2011» – Режим доступа до електронного ресурсу: [www.agroobzorg.ru](http://www.agroobzorg.ru)
11. Обзор цен на комбайны / Агроинфо – Режим доступа до електронного ресурсу: <http://agroinfo.com/katalog-texniki/uborochnaya-texnika/kombajny/>
12. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: підручник / В.Г. Андрійчук. – 2-ге вид., доп. и перероб. – К.: КНЕУ, 2002. – 624 с.

#### Економіко-математическое моделирование величины затрат при уборке урожая в зависимости от мощности двигателя зерноуборочного комбайна

А.В. Непочатенко, В.А. Непочатенко

В статье сделан регрессионный анализ зависимости пропускной способности, удельной затраты топлива, цены от мощности двигателя зерноуборочного комбайна и на основе полученных результатов определена оптимальная мощность, которая соответствует минимальным затратам при уборке урожая зерновых культур усредненным комбайном производства стран СНГ и ЕС, США. Показано, что затраты на уборку одной тонны зерна при номинальной сезонной нагрузке в 1,7 раза меньше для комбайна производства стран СНГ. Использование зерноуборочных комбайнов производства стран ЕС и США является эффективным при больших сезонных нагрузках.

**Ключевые слова:** машинно-тракторний парк, оптимальная мощность двигателя зерноуборочного комбайна, затраты на уборку одной тонны зерна.

*Надійшла 07.10.2013.*