

Подригало<sup>1</sup> М. А., Коробко<sup>2</sup> А. І., Шуляк<sup>3</sup> М. Л.

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

<sup>3</sup>Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

## ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИПРОБУВАНЬ АГРЕГАТИВ І ВУЗЛІВ ПРИВОДУ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Запропоновано експрес-метод діагностування агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки, що приводяться в дію від валу відбору потужності. Метод дозволяє провести попередню оцінку стану вузлів і агрегатів приводу активних робочих органів і дати висновок про подальший напрямок пошуку несправності. Запропоновано діагностичний показник потужність, що затрачується на привід активних робочих органів, і удосконалено метод його вимірювання. Простота реалізації запропонованого методу дозволяють використовувати його як в наукових, так і в навчальних цілях.

**Ключові слова:** активні робочі органи, привід, вимірювальний комплекс, потужність, випробування, трактор.

**Постановка проблеми.** При створенні складних об'єктів, якими є об'єкти сільськогосподарського машинобудування важливе місце займають процеси випробування і контролю, метою яких є підтвердження здатності об'єктів контролю виконувати задані функції в повному обсязі з заданими в нормативній документації показниками якості. В цих умовах неухильно зростають вимоги до якості випробувальних стендів і комплексів. Також підвищуються вимоги до способів оцінювання якості випробувальних стендів, так як від цього залежить достовірність результатів випробувань і прийняття відповідних рішень щодо придатності виробів.

Аналіз працездатності мобільної сільськогосподарської техніки (трактора, комбайни), що випускається на даний час вітчизняними заводами-виробниками показав, що на долю відмов основних елементів машин (рульове керування, гальмівні системи, система відбору потужності трактора) за показниками безпеки приходиться до 35 % відмов, визначення яких в умовах експлуатації ускладнене через недосконалості відомих методів і засобів діагностування. Практично відсутні ефективні методи і технічні засоби прискореного контролю (експрес-методи) якості мобільної сільськогосподарської техніки та її основних агрегатів і вузлів, що дозволяють оперативно оцінювати їх технічний стан при випробуваннях та купівлі, в умовах експлуатації, при надходженні в ремонт і після нього.

Недоліки по забезпеченню плавності розгону активних робочих органів сільськогосподарських машин призводять до підвищення динамічних навантажень і до руйнування їх приводів. В даний час недостатньо інформації про роботу приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин при виконанні різних технологічних процесів.

Таким чином, дослідження по забезпеченню ефективної роботи приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин є актуальними для механізації сільськогосподарського виробництва України.

Вали відбору потужності (ВВП) приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин працюють в одному з двох режимів – усталеному або перехідному [1]. Усталений режим, за якого виконується технологічний процес, є для ВВП основним, він є найтривалішим за часом. Перехідний режим (вмикання ВВП, розгін і зупинка робочих органів сільськогосподарських машин) короткочасний, проте може виявитися визначаючим за навантаженістю деталей ВВП і приводу активних робочих органів.

Результати обробки і систематизації даних енергетичної оцінки тракторних агрегатів з приводом від ВВП активних робочих органів сільськогосподарських машин на машиновипробувальних станціях в різних ґрунтово-кліматичних зонах наведені в літературі [2, 3, 4]. З аналізованих даних видно, що в машинно-тракторних агрегатах потужність, що споживається робочими органами і транспортуючими пристроями через ВВП трактора змінюється в межах від 15 до 58 %.

Перевищення динамічних навантажень на деталях механізму ВВП і приводу активних робочих органів в перехідних режимах роботи від значень навантажень за усталеного режиму роботи робить істотний вплив на довговічність і навантаженість ВВП, трансмісії трактора, тощо [5-9]. Встановлено, що найхарактернішими відмовами ВВП і деталей приводу активних робочих органів є відмови внаслідок динамічних навантажень [10]. Оперативні витрати на усунення даних відмов складають за часом 48,2 % і за трудоемністю – 43,2 % від загальних витрат.

Необхідність продовження дослідження процесу розгону сільськогосподарського агрегату з активними робочими органами є беззаперечною [11]. Значна кількість відмов ВВП і деталей приводу активних робочих органів в експлуатаційних умовах роблять проблему розробки методів їх діагностування актуальною.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка експрес-методу діагностування деталей і вузлів приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин шляхом обґрунтування моделі випробувань і застосування сучасних вимірювальних комплексів.

**Результати досліджень.** Метод парціальних прискорень заснований на прямому вимірюванні лінійних прискорень, що виникають при русі машино-тракторного агрегату (МТА) і подальшій обробці результатів цих вимірювань [12]. Найбільш прийнятним за умов забезпечення мінімальної трудомісткості та забезпечення необхідної точності вимірювань був обраний вимірювальний комплекс, що має в своєму складі два акселерометри і обчислювальний блок. Згідно з розробленою методикою проводилися польові випробування МТА.

У загальному випадку, експрес-метод діагностування полягає в наступному:

- встановити випробувальне обладнання на машину і ввімкнути його;
- розігнати машину до встановленої швидкості;
- провести вільний вибіг, зафіксувати результат;
- провести визначення еталонної сили тяги, зафіксувати результат;
- провести визначення потужності трактора, затраченої на привід активних робочих органів, зафіксувати результат;
- за результатами констатувати поточну величину тягового опору і витрати потужності на привід активних робочих органів.

Першим етапом дослідження є визначення еталонної для вибраного трактора сили тяги. Для цього трактор без сільськогосподарських машин розганяється з місця до усталеної швидкості руху, на агрофоні «бетонна дорога», випробування проводяться у відповідності з вимогами заданих ГОСТ 7057-2001. Величина прискорення враховує стохастичні фактори, які виникають в процесі руху трактора (коефіцієнти: опору коченню; буксування), коливання крутного моменту двигуна, які неможливо визначити аналітичним методом.

Другим етапом проводиться розгін МТА з вимкненим ВВП на агрофоні відповідному технологічній операції. Так як рух з агрегатуємою сільськогосподарською машиною на деформівній поверхні викликає збільшення часу розгону і зменшення вибігу, то порівнявши ці показники з еталонною діаграмою сили тяги можна визначити потужність двигуна, яку можна реалізувати через ВВП.

Третім етапом проводиться розгін МТА з плавним вмиканням ВВП. Опір робочих органів сільськогосподарської машини уповільнює набір швидкості, як наслідок порівнявши всі три діаграми можна отримати тяговий опір сільськогосподарської машини і потужність двигуна затрачену на привід ВВП.

Проводились випробування тракторного поїзду у складі трактора Challenger MT685D + бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30 На рис. 1 показано загальний вид випробовуваного тракторного поїзду.

На рис. 2 показано місце встановлення акселерометра вимірювального комплексу.

Еталонні параметри трактора наведені на діаграмі рис. 3 і в табл. 1.

Результати вимірювання параметрів потужності двигуна затраченої на привід ВВП наведені на діаграмі рис. 4 і в таблиці 2.

Основою нормативно-технічної документації оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів є спосіб оцінки їх технічного стану по перехідному процесу прискорення трактора при розгоні активних робочих органів.

Сутність запропонованого експрес-методу заключається в тому, що вимірюється потужність затрачена на привід ВВП і за її величиною оцінюється технічний стан приводу активних робочих органів.



Рис. 1. Досліджуваний тракторний поїзд



Рис. 2. Місця встановлення акселерометрів

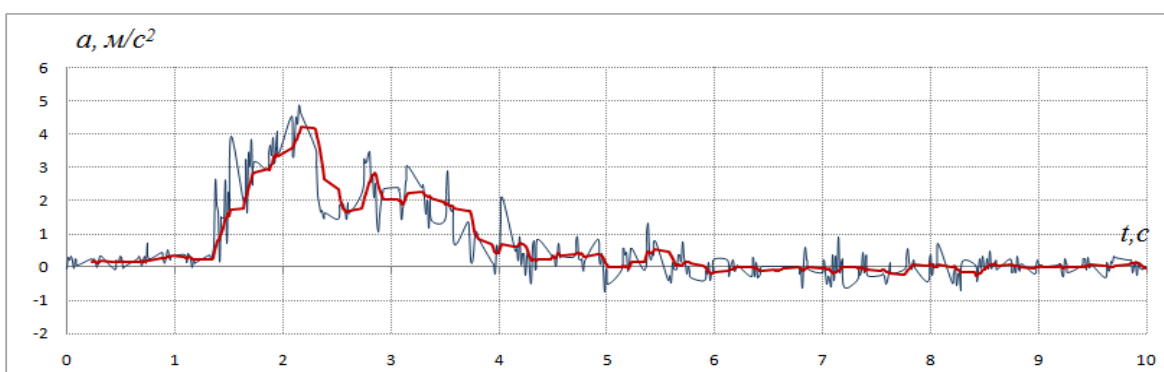


Рис. 3. Розгін еталонного трактора

Таблиця 1

Результати вимірювання еталонних параметрів трактора на агрофоні «бетонна дорога»

Передача трансмісії	Максимальне тягове зусилля, кН	Максимальна тягова потужність, кВт	Середня швидкість руху, км/год.	Буксування, %
XVII	44,7	191,2	15,3	1,5 – 2
XIX	41,21	196,7	17,1	1,5 – 4

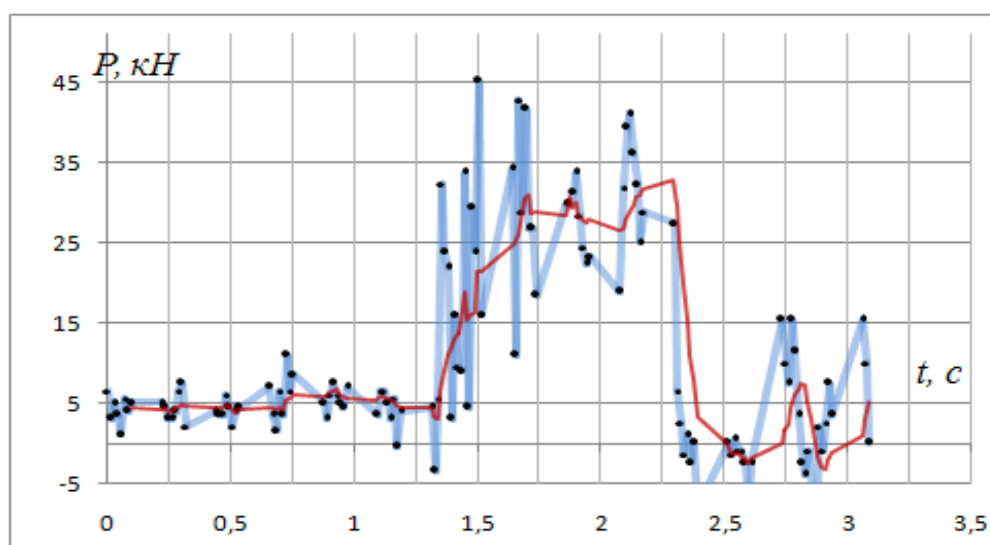


Рис. 4. Тяговий опір МТА

Результати розрахунку потужності двигуна затраченої для переміщення причепа і приводу ВВП на агрофоні «стерня зернових».

Передача трансмісії	Тягове зусилля, кН	Потужність на привід ВВП, кВт	Тягова потужність, кВт	Завантаженість трактора за тяговою потужністю, %
ВВП ввімкнений	27,3	–	130,9	66,5
ВВП вимкнений	29,2	14,6	145,5	73,8

Технологія діагностування приводу активних робочих органів (за відсутності нормативного значення потужності на привід):

– виконавці: майстер-діагност, тракторист-машиніст.

– трудомісткість: 0,8 люд.-год.

– прилади, пристосування: вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001, струбцина для кріплення давача прискорень;

– порядок проведення діагностування:

1) встановити випробувальне устаткування на мобільну машину і ввімкнути його;

2) провести тестовий заїзд тракторного поїзду на агрофоні «асфальто-бетонна дорога» для визначення еталонної потужності трактора;

3) провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з відключеним ВВП;

4) провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з плавним вмиканням ВВП;

5) за результатами розрахунку і порівняння потужностей констатувати поточний стан елементів приводу активних робочих органів і дати рекомендації для подальшого діагностування;

– діагностичний критерій: потужність на привід ВВП

Рекомендовані параметри вимірювально-реєстраційного комплексу:

– давач прискорень моделі ММА 7260 QT з межею вимірювання  $\pm 1,5$  g;

– напруга живлення давача 2,2 – 3,6 В;

– чутливість давача 800 мВ/g;

– градування давача методом постійного прискорення 10...10<sup>3</sup> Гц з похибкою <1,0 %;

– рекомендовано розміщувати давач: на тракторах із шарнірно-зчленованою рамою – на задній напіврамі орієнтуючись на перший технологічний отвір; на тракторах серії Challenger MT685D і John Deere 8430 на задній навісці біля провухи під'єднання сільгоспмашини.

**Висновки.** 1. Реалізація розробленого експрес-методу і технологічних засобів для оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів через вал відбору потужності трактора дозволить під час випробувань і в експлуатації прискорено оцінити їх технічний стан і дати рекомендації про направлення на поглиблену діагностику.

2. Технологія технічного діагностування тракторів серії Challenger MT685D і John Deere 8430 дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 2,9 рази, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

3. Рекомендації виробництву: встановлення нормативних значень показника потужності затраченої на привід активних робочих органів у справному стані.

1. Гуськов В. В. Тракторы. Часть III. Конструирование и расчет / В. В. Гуськов, И. П. Ксенович, Ю. Е. Атаманов, А. С. Солонский. – Минск: Выща школа, 1981. – 383 с.

2. Флик В. П. Механические приводы сельскохозяйственных машин / В. П. Флик. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

3. Кугель Р. В. Характеристика использования тракторов класса 1,4 и 3 тс по видам работ / Р. В. Кугель, И. Я. Дьяков // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 9. – С. 7–9.

4. Кюрчев В. П. Тенденции гидрофикации сельскохозяйственной техники / В. П. Кюрчев, А. И. Панченко, А. А. Волошина, С. В. Кюрчев // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2005. – Вип. 29. – С. 25–37.

5. Мудраков В. В. Исследование нагруженности механизма ВОМ сельскохозяйственного трактора: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.195 / В. В. Мудраков. – М.: НАТИ, 1978. – 28 с.

6. Скундин Г. И. Исследование нагруженности двухскоростного механизма ВОМ трактора / Г. И. Скундин, И. И. Вайценфельд, А. П. Доброхлебов, В. В. Мудраков // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 5. – С. 11–13.
7. Хабатов Р. Ш. Привод машин для внесения органических удобрений: динамика крутильных колебаний / Р. Ш. Хабатов, М. М. Кидакоев // Тракторы и сельхозмашины. – 1991. – № 4. – С. 34–37.
8. Ким Р. А. Анализ динамической нагруженности привода болотной фрезы в неустойчивых режимах ее работы / Р. А. Ким, Г. Н. Кобелев, М. В. Бельский // Проектирование рабочих органов уборочных, почвообрабатывающих сельхозмашин, агрегатов для кормопроизводства: сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Институт сельхозмашиностроения, 1982. – С. 95–97.
9. Островерхов Н. Л. Динамическая нагруженность трансмиссий колесных машин / Н. Л. Островерхов, И. К. Русецкий, А. И. Бойко. – Минск : Наука и техника, 1977. – 280 с.
10. Кухтов В. Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов / В. Г. Кухтов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292 с.
11. Мудраков В. В. Статистический анализ нагруженности механизма ВОМ трактора / В. В. Мудраков. – М. : ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1976. – 32 с.
12. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А., Полянский А. С., Клец Д. М. Коробко А. И., Задорожня В. В. ; под. ред. М. А. Подригало. – Х.: Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.

## REFERENCES

1. Ksenevich, I.P., Atamanov, Yu.E., & Solonsky, A.S. (1981). *Traktory. Chast' III. Konstruirovaniye i raschet [Tractors. Part III. Design and calculation]*. Minsk: High School [in Belarus].
2. Flick V. P. (1984). *Mekhanicheskie privody sel'skokhozyaystvennykh mashin [Mechanical drives of agricultural machines]*. Moscow: Mechanical Engineering [in Belarus].
3. Kugel, R.V., & Dyakov, I.Ya. (1972). Kharakteristika ispol'zovaniya traktorov klassa 1,4 i 3 ts po vidam rabot [Characteristics of the use of tractors of 1.4 and 3 tons according to the types of work]. *Tractors and agricultural machinery*, 9, 7-9 [in Russian].
4. Kurchov, V. P., Panchenko, A. I., Voloshin, A. A., & Kurchchev, S. V. (2005). Tendentsii gidrofikatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Trends in hydraulic engineering of agricultural machinery]. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnical Academy*, 29, 25-37 [in Ukrainian].
5. Mudrakov, V. V. (1978). Issledovanie nagruzhenosti mekhanizma VOM sel'skokhozyaystvennogo traktora [A study of the loading of the PTO mechanism of an agricultural tractor]. *Candidate's thesis*. Moscow: NATI [in Russian].
6. Skundin, G. I., Weizenfeld, I. I., Dobrokhlebov, A. P., & Mudrakov, V. V. (1974). Issledovanie nagruzhenosti dvukhskorostnogo mekhanizma VOM traktora [A study of the loading of a two-speed PTO tractor mechanism]. *Tractors and agricultural machinery*, 5, 11-13 [in Russian].
7. Khabatov, R. Sh., & Kidakoyev, M. M. (1991). Privod mashin dlya vneseniya organicheskikh udobrenii: dinamika krutil'nykh kolebaniy [Drive machines for the application of organic fertilizers: the dynamics of torsional oscillations]. *Tractors and agricultural machinery*, 4, 34-37 [in Russian].
8. Kim, R. A., Koblelev, G. N., & Belsky, M. V. (1982). Analiz dinamicheskoi nagruzhenosti privoda bolotnoi frezy v neustanovivshikh rezhimakh ee raboty [Analysis of the dynamic loading of a drive of a bog cutter in unstable operating modes]. *Designing of working organs for harvesting, soil-cultivating agricultural machines, aggregates for fodder production: Sat. sci. tr.* (pp. 95-97). Rostov-on-Don: Institute of Agricultural Machinery [in Russian].
9. Ostroverkhov, N.L., Rusetsky, I.K., & Boyko A.I. (1977). *Dinamicheskaya nagruzhenost' transmissii kolesnykh mashin [Dynamic loading of transmissions of wheeled vehicles]*. Minsk: Science and Technology [in Belarus].
10. Kukhtov, V. G. (2004). *Dolgovechnost' detalei shassi kolesnykh traktorov [Durability of chassis components of wheeled tractors]*. Kharkov: KHNADU [in Ukrainian].
11. Mudrakov, V. V. (1976). *Statisticheskii analiz nagruzhenosti mekhanizma VOM traktora [Statistical analysis of the loading of the tractor PTO mechanism]*. Moscow : TsNIITEITRAKTORHOZHMASH [in Russian].
12. Artemov, N. P., Lebedev, A. T., Podrigalo, M. A., Polyansky, A. S., Klets D. M., Korobko, A. I., & Zadorozhnyaya, V. V. (2012). *Metod partial'nykh uskoreniy i yego prilozheniya v dinamike mobil'nykh mashin [The method of partial accelerations and its applications in the dynamics of mobile machines]*. - Kharkiv: Publishing house "Miskdruk" [in Ukrainian].

**Подригало М. А., Коробко А. И., Шуляк М. Л. Экспресс-метод испытаний агрегатов и узлов привода активных рабочих органов мобильной сельскохозяйственной техники.**

Предложен экспресс-метод диагностики агрегатов и узлов привода активных рабочих органов мобильной сельскохозяйственной техники, которые приводятся в действие от вала отбора мощности. Метод позволяет провести предварительную оценку состояния узлов и агрегатов привода активных рабочих органов и дать заключение о дальнейшем направлении поиска неисправности. Предложен диагностический показатель – мощность затрачиваемая на привод активных рабочих органов и усовершенствован метод его измерения. Простота реализации предложенного метода позволяют использовать его как в научных, так и в учебных целях.

**Ключевые слова:** активные рабочие органы, привод, измерительный комплекс, мощность, испытания, трактор.

***M. Podrigalo, A. Korobko, M. Shulyak. Express method for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery.***

The express method is offered for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery which are driven by the power take-off shaft. The method allows to make a preliminary assessment of the state of the units and assemblies of the drive of active working elements and to give an opinion on the further direction of the search for a malfunction. A diagnostic indicator is proposed - the power expended on the drive of active working organs is improved, and the method of measuring it. Simple design of the method allows its use in both scientific and educational purposes.

**Keywords:** active working bodies, drive, measuring complex, power, testing, tractor.

**АВТОРИ:**

*ПОДРИГАЛО Михайло Абович*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com)

*КОРОБКО Андрій Іванович*, кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник, Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого, e-mail: [ak82andrey@gmail.com](mailto:ak82andrey@gmail.com)

*ШУЛЯК Михайло Леонідович*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Трактори і автомобілі», Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

**АВТОРЫ:**

*ПОДРИГАЛО Михаил Абович*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com)

*КОРОБКО Андрей Иванович*, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Харьковская филия Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого, e-mail: [ak82andrey@gmail.com](mailto:ak82andrey@gmail.com)

*ШУЛЯК Михаил Леонидович*, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

**AUTHORS:**

*Mikhail PODRIGALO*, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Engineering Techniques and Machine Repairs Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com)

*Andriy KOROBKO*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, leading researcher, "Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production" Kharkiv branch, e-mail: [ak82andrey@gmail.com](mailto:ak82andrey@gmail.com)

*Mikhail SHULYAK*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Assoc. Professor of tractors and automobile the department, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture.

Стаття надійшла в редакцію 03.10.2017 р.